

NUTRIENTES NA NECROMASSA VEGETAL E NO SOLO EM  
FRAGMENTOS DA MATA ATLÂNTICA E A SUA RELAÇÃO COM O  
TIPO FLORESTAL E A FRAGMENTAÇÃO

**CAROLINE PESSANHA DA SILVA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO - UENF

Campos dos Goytacazes - RJ

Março-2023

**NUTRIENTES NA NECROMASSA VEGETAL E NO SOLO EM  
FRAGMENTOS DA MATA ATLÂNTICA E A SUA RELAÇÃO COM O  
TIPO FLORESTAL E A FRAGMENTAÇÃO**

**Caroline Pessanha da Silva**

Dissertação apresentada ao Centro de  
Biotecnologia e Biociências, da  
Universidade Estadual do Norte  
Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das  
exigências para obtenção do título de  
Mestra em Ecologia e Recursos Naturais.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dora Maria Villela José**

Universidade Estadual do Norte Fluminense

Campos dos Goytacazes - RJ

MARÇO-2023

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
UENF - Bibliotecas  
Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

S586Silva, Caroline Pessanha da.

NUTRIENTES NA NECROMASSA VEGETAL E NO SOLO EM FRAGMENTOS DA MATA ATLÂNTICA E A SUA RELAÇÃO COM O TIPO FLORESTAL E A FRAGMENTAÇÃO / Caroline

Pessanha da Silva. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2023.

142 f. : il.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Biociências e Biotecnologia, 2023.

Orientadora: Dora Maria Villela Jose.

1. ciclagem de nutriente. 2. distúrbios. 3. florestas tropicais. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 577

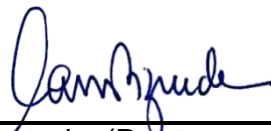
# NUTRIENTES NA NECROMASSA VEGETAL E NO SOLO EM FRAGMENTOS DA MATA ATLÂNTICA E A SUA RELAÇÃO COMO TIPO FLORESTAL E A FRAGMENTAÇÃO

**Caroline Pessanha da Silva**

Dissertação apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestra em Ecologia e Recursos Naturais

Aprovada em: 01/03/2023

Comissão examinadora:



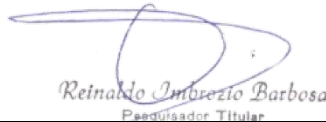
---

Dr. Carlos Eduardo de Rezende (Doutor em Ciências Biológicas (Biofísica))  
– Universidade Estadual do Norte Fluminense– UENF.



---

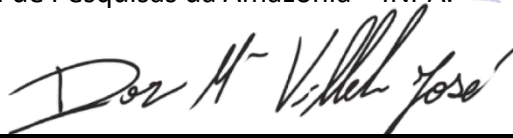
Dr. Luiz Fernando Duarte de Moraes (Doutor em Agronomia (Ciências do Solo))  
– Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA.



Reinaldo Imbrozio Barbosa  
Pesquisador Titular  
INPA

---

Dr. Reinaldo Imbrozio Barbosa (Doutor em Biologia (Ecologia))  
– Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.



---

Dra. Dora Maria Villela (Doutora em Ecologia de Florestas) – Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF – Orientadora.



Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

## DECLARAÇÃO

Eu, Marina Satika Suzuki, coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais (PPG-ERN) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), seguindo a Resolução CPPG nº2 de 2021, declaro validadas as assinaturas constantes da Folha de Assinaturas da Dissertação intitulada “**Nutrientes na necromassa vegetal e no solo em fragmentos da Mata Atlântica e a sua relação com o tipo florestal e a fragmentação**” de autoria de Caroline Pessanha da Silva, defendida no dia 01 de março de 2023.

Campos dos Goytacazes, 26 de maio de 2023

Marina Satika Suzuki  
Coordenadora PPG-ERN / UENF  
ID. Funcional 641333-1



Documento assinado eletronicamente por **Marina Satika Suzuki, Coordenadora**, em 26/05/2023, às 10:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento nos art. 21º e 22º do [Decreto nº 46.730, de 9 de agosto de 2019](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.fazenda.rj.gov.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=6](http://sei.fazenda.rj.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=6), informando o código verificador **52792218** e o código CRC **25C48CA3**.

Referência: Processo nº SEI-260009/002124/2021

SEI nº 52792218

Avenida Alberto Lamego, 2000, - Bairro Pq. Califórnia, Campos dos Goytacazes/RJ, CEP 28013-602  
Telefone: - www.uenf.br

*“Ecologia sem luta de classes é jardinagem.”*

*– Chico Mendes*

## **Agradecimentos**

À orientadora, professora Dr<sup>a</sup>. Dora Maria Villela, pela orientação e pelo apoio durante o mestrado.

Aos membros da Banca de Avaliação, professores Dr. Carlos Eduardo de Rezende, Dr. Luis Fernando Duarte de Moraes e Dr. Reinaldo Imbrozio Barbosa pelas considerações sobre o trabalho e incentivo na carreira científica.

Aos técnicos Dr. Marcelo de Almeida, Braulio Cherene e Alcemi Viana pela ajuda em todas as análises.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais/UENF pela formação.

Ao Laboratório de Ciências Ambientais/UENF pela disponibilização do espaço físico e dos equipamentos utilizados para análise das amostras.

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

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo financiamento do projeto.

A todos colegas do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da UENF pelo apoio e pelas conversas inspiradoras e esclarecedoras na cozinha do LCA.

Aos amigos Bianca Reis, Mariana Faitanin, Nilson Berriel, Roberto Costa e Vitor Cyrino por todas conversas, alívios cômicos, resgates na madrugada e noites em claro. Meus agradecimentos nunca serão proporcionais ao apoio que vocês me deram durante esse período.

Ao Keltony pelo apoio e carinho durante todo o mestrado.

À minha família, que sempre me apoiou em todos momentos e de várias formas.

Meus mais sinceros agradecimentos!

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	x
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xiii
<b>LISTA DE APÊNDICES</b> .....	xvi
<b>RESUMO</b> .....	xx
<b>ABSTRACT</b> .....	xxi
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>1.1 Nutrientes na necromassa vegetal e no solo</b> .....	1
<b>1.2. Florestas Ombrófilas e Estacionais da Mata Atlântica</b> .....	4
<b>1.3. Fragmentação na Mata Atlântica</b> .....	7
<b>2. OBJETIVOS GERAIS</b> .....	11
<b>3. HIPÓTESES</b> .....	11
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	12
<b>4.1 Área de estudo</b> .....	12
4.1.1 Floresta Estacional Semidecidual .....	13
4.1.2 Floresta Ombrófila Densa .....	19
<b>4.2 Desenho amostral e coletas</b> .....	24
<b>4.3. Análises Químicas</b> .....	26
4.3.1. Solos .....	26
4.3.2 Necromassa .....	26
<b>4.4 Cálculo dos estoques</b> .....	28
<b>4.5 Análise de dados</b> .....	28
<b>5. RESULTADOS</b> .....	29
<b>5.1 Comparação entre Tipos Florestais</b> .....	29
5.1.1. Solo .....	29
5.1.2 Necromassa .....	34
<b>5.2 Comparação entre Fragmentos</b> .....	38
5.2.1 Solos .....	38
5.2.2. Necromassa .....	43
<b>5.3 Relação entre atributos do solo, nutrientes na necromassa e o tipo florestal</b> .....	48
<b>6. DISCUSSÃO</b> .....	51
<b>6.1 Influência dos Tipos Florestais nos nutrientes do solo e da necromassa</b> .....	51



<b>6.2 Influência do Tamanho do Fragmento nos nutrientes do solo e da necromassa .....</b>	<b>60</b>
<b>7. CONCLUSÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>85</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> Valores médios de variáveis relacionadas à necromassa fina e grossa e ao solo de Floresta Ombrófila Densa (FOD) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) na Mata Atlântica, RJ. (Fonte: CYRINO, 2021-Adaptado) *0-10 cm de profundidade. ....	13
<b>Tabela 2</b> Características gerais dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) estudados. (Fonte: ABREU, 2013-Adaptado; BROGGIO, 2018-Adaptado). *MENDONÇA-SANTOS, 2007.....	16
<b>Tabela 3</b> Estudos realizados sobre aspectos da florística e estrutura da vegetação, estoque e ciclagem de nutrientes no solo e na necromassa nas áreas de Floresta Estacional Semidecidual (FES) estudadas no presente trabalho. * F. Imburi (17 ha); F. Santana (36 ha); F. Palmeiras (55 ha); F. Santo Antônio (58 ha); EEEG (1182 ha).....	18
<b>Tabela 4</b> Características gerais dos fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD) estudados. (Fonte: Silva, 2009-Adaptado). *Lima, 2006. ....	21
<b>Tabela 5</b> Estudos realizados sobre aspectos da florística e estrutura da vegetação estoque e ciclagem de nutrientes no solo e na necromassa nas áreas de Floresta Ombrófila Densa (FOD) estudadas no presente trabalho. *F. Estreito (23,3 ha), F. Afetiva (25,5 ha), F. Vendaval (33,5 ha), Sítio do Professor (155 ha), REBio União (2300 ha).....	23
<b>Tabela 6</b> Estudos iniciais e períodos de coletas das amostras que foram utilizadas no presente estudo.....	24
<b>Tabela 7</b> Coeficiente de variação das réplicas das amostras de solo para cada elemento.....	26
<b>Tabela 8</b> Coeficiente de variação das réplicas das amostras de necromassa para cada elemento em cada uma das frações estudadas. ....	27
<b>Tabela 9</b> Valores de recuperação para o material de referência padrão (Padrão de Maçã-NIST 1515). ....	27
<b>Tabela 10</b> Concentração ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ou $\text{cmol}/\text{dm}^3$ ) e estoque ( $\text{kg}/\text{ha}$ ) dos macronutrientes do solo de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD) (RJ) nas quatro camadas estudadas (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm) e na média destas camadas (0-30 cm). N=5. Letras	

minúsculas representam a diferença entre tipo florestal na camada. Letras maiúsculas representam a diferença entre as camadas para cada tipo florestal. \*Váriável resposta cuja interação entre as variáveis preditoras Tipo Florestal e Camada do solo foi significativa (ANOVA TWO Way,  $p < 0,05$ )..... 31

**Tabela 11** Concentração ( $\text{cmol/dm}^3$ ) e estoque ( $\text{kg/ha}$ ) dos micronutrientes do solo de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD) (RJ) nas quatro camadas estudadas (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm) e na média destas camadas (0-30 cm).  $N=5$ . Letras minúsculas representam a diferença entre tipo florestal na camada. Letras maiúsculas representam a diferença entre as camadas para cada tipo florestal. \*Váriável resposta cuja interação entre as variáveis preditoras Tipo Florestal e Camada do solo foi significativa (ANOVA TWO Way,  $p < 0,05$ ). ..... 33

**Tabela 12** Estoque ( $\text{kg/ha}$ ) dos macronutrientes nas frações de necromassa fina e na soma dessas frações de fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), RJ. Letras minúsculas representam a diferença entre tipo florestal na fração. Letras maiúsculas representam a diferença entre as frações para cada tipo florestal (ANOVA TWO Way,  $p < 0,05$ ). ..... 35

**Tabela 13** Estoque ( $\text{kg/ha}$ ) dos micronutrientes nas frações de necromassa e na necromassa total de fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), RJ. Letras minúsculas representam a diferença entre tipo florestal na fração. Letras maiúsculas representam a diferença entre as frações para cada tipo florestal (ANOVA TWO Way,  $p < 0,05$ ). ..... 37

**Tabela 14** Estoques ( $\text{kg/ha}$ ) de nutrientes do solo (0-30 cm de profundidade) em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Letras diferentes representam diferenças estatísticas entre os fragmentos para cada nutriente (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ). ..... 42

**Tabela 15** Estoques ( $\text{kg/ha}$ ) de nutrientes no solo (0-30 cm de profundidade) em fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD). Letras diferentes representam diferenças estatísticas entre os fragmentos para cada nutriente (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ )..... 42

**Tabela 16** Concentração dos nutrientes ( $\text{mg/g}$ ) em cada fração da necromassa e na média destas para cada fragmento de Floresta Estacional Semidecidual

(FES). Letras diferentes representam a diferença entre fragmentos para cada fração da necromassa (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ). ..... 45

**Tabela 17** Concentração dos nutrientes (mg/g) em cada fração da necromassa e na média destas para cada fragmento de Floresta Ombrófila Densa (FOD). Letras diferentes representam a diferença entre fragmentos para cada fração da necromassa (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ). ..... 46

**Tabela 18** Comparações dos valores médios dos macronutrientes disponíveis no solo em diferentes florestas tropicais. FES=Floresta Estacional Semidecidual; FOD=Floresta Ombrófila Densa; FTS=Floresta Tropical Seca. .... 55

**Tabela 19** Comparações dos valores médios dos micronutrientes disponíveis no solo em diferentes florestas tropicais. FES=Floresta Estacional Semidecidual; FOD=Floresta Ombrófila Densa. .... 56

**Tabela 20** Comparação das concentrações médias (mg/g) e somas dos estoques (kg/ha) de macronutrientes da necromassa total em diferentes tipos florestais de florestas tropicais. FES=Floresta Estacional Semidecidual; FOD=Floresta Ombrófila Densa; FESS=Floresta Estacional Semidecidual Submontana; FED=Floresta Estacional Decídua; FODS=Floresta Estacional Semidecidual; FOMS=Floresta Ombrófila Mista Semidecidual; FTD=Floresta Tropical Densa. .... 58

**Tabela 21** Comparação das concentrações médias (mg/g) e somas dos estoques (kg/ha) de micronutrientes da necromassa total em diferentes tipos florestais de florestas tropicais. FES=Floresta Estacional Semidecidual; FOD=Floresta Ombrófila Densa; FESS=Floresta Estacional Semidecidual Submontana; FED=Floresta Estacional Decídua; FODS=Floresta Estacional Semidecidual; FO=Floresta Ombrófila; FTD=Floresta Tropical Densa..... 59

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Localização dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual de Tabuleiro no município de São Francisco de Itabapoana, RJ. 1 = 58 ha; 2 = 55 ha; 3 = 17 ha; 4 = 36 ha; 5 = 1182 ha. Fonte: CYRINO, 2021 - Google Earth, IBGE e ICMBio. .... 14
- Figura 2** Precipitação pluviométrica total média (mm) e temperaturas médias, máximas e mínimas (°C) obtidas pela estação meteorológica de Campos dos Goytacazes (Código da Estação: 83698), entre os anos de 2010 e 2019. (Dados: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET))..... 17
- Figura 3** Localização dos fragmentos de Floresta Ombrófila Densa nos municípios de Silva Jardim e Casimiro de Abreu, RJ. 1 = 33,5 ha; 2 = 25,5 ha; 3 = 23,3 ha; 4 = 155 ha; 5 = 2300 ha. Fonte: CYRINO, 2021 - Google Earth, IBGE e ICMBio..... 19
- Figura 4** Precipitação pluviométrica total média (mm) e temperaturas médias, máximas e mínimas (°C) (A) obtidas pela estação meteorológica de Macaé (Código da Estação: A608), entre os anos de 2010 e 2019 e pela (B) Estação de Silva Jardim (Código da Estação: A659), entre os anos de 2016 e 2019. (Dados: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET))..... 22
- Figura 5** Representação esquemática do desenho amostral para coleta de solos e necromassa para cada fragmento dos dois tipos florestais estudados. A disposição das parcelas e transectos é apenas ilustrativa. .... 25
- Figura 6** Concentração (0-30 cm de profundidade) de fósforo, cálcio, magnésio e potássio no solo de dois tipos florestais da Mata Atlântica, RJ. FES=Floresta Estacional Semidecidual; FOD=Floresta Ombrófila Densa. .... 30
- Figura 7** Concentração (0-30 cm) de sódio, ferro, cobre, zinco e manganês no solo de dois tipos florestais da Mata Atlântica, RJ. FES=Floresta Estacional Semidecidual; FOD=Floresta Ombrófila Densa..... 32
- Figura 8** Concentração (mg/g) dos macronutrientes nas diferentes frações de necromassa fina de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), RJ. Letras minúsculas representam a diferença entre tipo florestal na fração (teste t <0.05). Letras maiúsculas representam a diferença entre as frações para cada tipo florestal (ANOVA oneway, p<0.05). .... 35
- Figura 9** Concentração (cmol/dm<sup>3</sup>) dos micronutrientes nas diferentes frações de serrapilheira fina de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta

Ombrófila Densa (FOD), RJ. Letras minúsculas representam a diferença entre tipo florestal na fração (teste $t < 0.05$ ). Letras maiúsculas representam a diferença entre as frações para cada tipo florestal (Anova one way, $p < 0.05$ ).....	37
<b>Figura 10</b> Concentração (0-30 cm de profundidade) de fósforo, cálcio e magnésio em fragmentos de diferentes tamanhos de Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. Letras diferentes representam diferença estatística entre fragmentos de cada tipo florestal.....	38
<b>Figura 11</b> Concentração (0-30 cm) de potássio em fragmentos de diferentes tamanhos de (A) Floresta Estacional Semidecidual (FES) e (B) Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. Letras diferentes representam diferença estatística entre fragmentos de cada tipo florestal.....	39
<b>Figura 12</b> Concentração (0-30 cm) de (A) sódio, (B e C) ferro e (D e E) cobre nos solos de fragmentos de diferentes tamanhos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. Letras diferentes representam diferença estatística em fragmentos de cada tipo florestal.....	40
<b>Figura 13</b> Concentração (0-30 cm) de (A) zinco, e (B) manganês no solo em fragmentos de diferentes tamanhos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. Letras diferentes representam diferença estatística entre os fragmentos de cada tipo florestal..	41
<b>Figura 14</b> Regressões lineares: concentração de cálcio na fração folha em função do tamanho dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (A); concentração de K da necromassa total em função do tamanho dos fragmentos Floresta Estacional Semidecidual (B), RJ. ....	43
<b>Figura 15</b> Estoques (kg/ha) de P, Ca, Cu, Zn e Mn na necromassa total de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD) da Mata Atlântica, RJ. Letras diferentes representam diferença estatística entre os fragmentos para cada tipo florestal. ....	47
<b>Figura 16</b> Estoques (kg/ha) de Mg, K, Na, Fe na necromassa total de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD) da Mata Atlântica, RJ. Letras diferentes representam diferença estatística entre os fragmentos para cada tipo florestal.....	48

**Figura 17** Biplot da Análise de Componentes Principais (PCA) dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD) da Mata Atlântica, RJ. Variáveis edáficas: Areia (%); Ca (cmol/dm<sup>3</sup>); razão C:N; Cu (cmol/dm<sup>3</sup>); K (cmol/dm<sup>3</sup>); Mg (cmol/dm<sup>3</sup>); Mn (cmol/dm<sup>3</sup>); P (mg/g); Zn (cmol/dm<sup>3</sup>). Fragmentos (ha): 1=1182; 2=17; 3=36; 4=55; 5=58;6=2300; 7=23; 8=25; 9=33; 10=55. .... 49

**Figura 18** Biplot da Análise de Componentes Principais (PCA) dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD) da Mata Atlântica, RJ. Variáveis da necromassa total: Cu (mg/g); Estoque de Ca, Cu, Fe, K e Na na necromassa total; K (mg/g); Mg (g/kg); Mn (mg/g). Fragmentos (ha): 1=17; 2=36; 3=55; 4=58; 5=1182;6=23; 7=25; 8=33; 9=55; 10=2300..... 50

**Figura 19** Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos pela média de grupo (UPGMA) mostrando a formação de grupos segundo as concentrações dos nutrientes no solo obtidas no presente estudo, granulometria, pH e densidade do solo (0-30 cm). O1 a O5: Fragmentos de Floresta Ombrófila Densa em ordem crescente de tamanho (23, 25, 33, 155 e 2300 ha). E1 a E5: Fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual em ordem crescente de tamanho (17, 36, 55, 58 e 1182 ha). Tipo de solo: O1=Gleissolo Háplico a Distrófico moderado; O2 e O4=Latossolo Amarelo Distrófico; O3 e O5=Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico; E1 e 5=Latossolo Amarelo Coeso; E2, 3 e 4=Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico. .... 62

## LISTA DE APÊNDICES

<b>Apêndice 1</b> Análise de variância de dois fatores para concentração e estoque de P considerando como variáveis preditoras o Tipo Florestal e as camadas do solo. (ANOVA Two Way, $p < 0,05$ ).....	85
<b>Apêndice 2</b> Análise de variância de dois fatores para concentração e estoque de Ca considerando como variáveis preditoras o Tipo Florestal e as camadas do solo. (ANOVA One e Two Way, $p < 0,05$ ). .....	86
<b>Apêndice 3</b> Análise de variância de dois fatores para concentração e estoque de Mg considerando como variáveis preditoras o Tipo Florestal e as camadas do solo. (ANOVA One/Two Way, $p < 0,05$ ). .....	87
<b>Apêndice 4</b> Análise de variância de dois fatores para concentração e estoque de K considerando como variáveis preditoras o Tipo Florestal e as camadas do solo. (ANOVA Two Way, $p < 0,05$ ).....	88
<b>Apêndice 5</b> Análise de variância de dois fatores para concentração e estoque de Na considerando como variáveis preditoras o Tipo Florestal e as camadas do solo. (ANOVA Two Way, $p < 0,05$ ).....	89
<b>Apêndice 6</b> Análise de variância de dois fatores para concentração e estoque de Fe considerando como variáveis preditoras o Tipo Florestal e as camadas do solo. (ANOVA Two Way, $p < 0,05$ ).....	90
<b>Apêndice 7</b> Análise de variância de dois fatores para concentração e estoque de Cu considerando como variáveis preditoras o Tipo Florestal e as camadas do solo. (ANOVA Two Way, $p < 0,05$ ).....	90
<b>Apêndice 8</b> Análise de variância de dois fatores para concentração e estoque de Zn considerando como variáveis preditoras o Tipo Florestal e as camadas do solo. (ANOVA Two Way, $p < 0,05$ ).....	91
<b>Apêndice 9</b> Análise de variância de dois fatores da concentração e do estoque de Mn considerando o Tipo Florestal e camadas do solo. (ANOVA Two Way, $p < 0,05$ ).....	91
<b>Apêndice 10</b> Teste T da concentração dos macronutrientes entre tipos florestais para cada fração da necromassa fina e para a média destas. ....	92
<b>Apêndice 11</b> Análise de variância da concentração de macronutrientes entre frações da necromassa para cada tipo florestal. (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). ..	93



<b>Apêndice 12</b> Teste t do estoque dos macronutrientes entre Tipos Florestais para cada fração da necromassa e para a soma das frações. ....	93
<b>Apêndice 13</b> Análise de variância do estoque de macronutrientes entre frações da necromassa para cada tipo florestal. (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). ....	94
<b>Apêndice 14</b> Teste T da concentração dos macronutrientes entre tipos florestais para cada fração da necromassa fina e para a média destas. ....	95
<b>Apêndice 15</b> Análise de variância da concentração dos micronutrientes entre frações da necromassa fina para cada Tipo Florestal. (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). ....	96
<b>Apêndice 16</b> Teste t do estoque dos micronutrientes entre Tipos Florestais para cada fração da necromassa. ....	97
<b>Apêndice 17</b> Análise de variância do estoque de micronutrientes entre frações da necromassa para cada tipo florestal. FES=Floresta Estacional Semidecidual. FOD=Floresta Ombrófila Densa. (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). ....	98
<b>Apêndice 18</b> Regressão linear entre nutrientes (variável resposta) e tamanho do fragmento (variável preditora) em Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. ....	99
<b>Apêndice 19</b> Análise de variância da concentração de nutrientes entre fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES), Mata Atlântica, RJ. (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). ....	100
<b>Apêndice 20</b> Concentração ( $P = \text{mg/dm}^3$ ; demais nutrientes = $\text{cmol/dm}^3$ ) dos nutrientes do solo de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) nas quatro camadas estudadas (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm). Letras diferentes representam a diferença entre fragmentos na camada estudada. (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). ....	101
<b>Apêndice 21</b> Análise de variância da concentração dos macronutrientes entre fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual para cada camada estudada. (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). ....	102
<b>Apêndice 22</b> Análise de variância da concentração de nutrientes entre fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). ....	103
<b>Apêndice 23</b> Concentração ( $\text{mg/dm}^3$ ou $\text{cmol/dm}^3$ ) dos nutrientes do solo de fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD) nas quatro camadas estudadas (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm). Letras diferentes representam a	

diferença entre fragmentos na camada estudada (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). F=Fragmento; C=Camada do solo. ....	104
<b>Apêndice 24</b> Análise de variância da concentração dos macronutrientes entre fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD) para cada camada estudada. (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). ....	105
<b>Apêndice 25</b> Análise de variância da concentração dos micronutrientes entre fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) para cada camada estudada. (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). ....	106
<b>Apêndice 26</b> Análise de variância da concentração dos micronutrientes entre fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD) para cada camada estudada. (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). ....	107
<b>Apêndice 27</b> Análise de variância da soma dos estoques dos nutrientes das quatro camadas estudadas (0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm) entre fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES), (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). ....	108
<b>Apêndice 28</b> Análise de variância da soma dos estoques dos nutrientes das quatro camadas estudadas (0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm) entre fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FES), (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). ....	108
<b>Apêndice 29</b> Resultados das regressões dos macronutrientes em cada fração da necromassa e a média destas em relação ao tamanho do fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ, ....	109
<b>Apêndice 30</b> Resultados das regressões dos micronutrientes em cada fração da necromassa e a média destas em relação ao tamanho do fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. ....	110
<b>Apêndice 31</b> Análise de variância da concentração (mg/g) dos nutrientes de cada fração da necromassa entre fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES), Mata Atlântica, RJ. (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). ....	111
<b>Apêndice 32</b> Análise de variância da concentração (mg/g) dos nutrientes de cada fração da necromassa entre fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). ....	112
<b>Apêndice 33</b> Estoque dos nutrientes (kg/ha) em cada fração da necromassa e na soma destas para cada fragmento de Floresta Estacional Semidecidual	

(FES), Letras diferentes representam a diferença entre fragmentos para cada fração da necromassa (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). F=Fragmentos. ....	113
<b>Apêndice 34</b> Análise de variância do estoque (kg/ha) dos nutrientes de cada fração da necromassa entre fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES). ....	114
<b>Apêndice 35</b> Estoque dos nutrientes (kg/ha) em cada fração da necromassa e na média destas para cada fragmento de Floresta Ombrófila Densa (FOD). Letras diferentes representam a diferença entre fragmentos para cada fração da necromassa (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). F=Fragmentos. ....	115
<b>Apêndice 36</b> Análise de variância do estoque (kg/ha) dos nutrientes de cada fração da necromassa entre fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. (ANOVA One Way, $p < 0,05$ ). ....	116
<b>Apêndice 37</b> Matriz de correlação (Spearman) da concentração de nutrientes do solo e da necromassa da Floresta Estacional Semidecidual (FES). No triângulo superior estão os valores do coeficiente de correlação e no triângulo inferior o valor de p dessas relações. ....	117
<b>Apêndice 38</b> Matriz de correlação (Spearman) da concentração de nutrientes do solo e da necromassa da Floresta Ombrófila Densa (FOD). No triângulo superior estão os valores do coeficiente de correlação e no triângulo inferior o valor de p dessas relações. ....	118
<b>Apêndice 39</b> Regressões das concentrações de nutrientes do solo em relação à granulometria e ao pH nos solos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. ....	119
<b>Apêndice 40</b> Valores referentes à Densidade aparente do solo ( $\text{g/cm}^3$ ), pH, C:N, concentrações de C e N ( $\text{g/kg}$ ) e estoques de C e N ( $\text{Mg/ha}$ ) das camadas entre 0-30 cm do solo de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) do Rio de Janeiro. Dados coletados por Pessanha (2019). ....	120
<b>Apêndice 41</b> Valores referentes à Densidade aparente do solo ( $\text{g/cm}^3$ ), pH, C:N, concentrações de C e N ( $\text{g/kg}$ ) e estoques de C e N ( $\text{Mg/ha}$ ) das camadas entre 0-30 cm do solo de fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD) do Rio de Janeiro. Dados coletados por Cyrino (2021). ....	121

## RESUMO

A decomposição da necromassa e a subsequente liberação de nutrientes é a principal forma de transferência de nutrientes da vegetação para o solo em Florestas Tropicais. No solo, fatores físicos e químicos determinam a retenção dos nutrientes e a sua disponibilização para as plantas. O clima, a composição e estrutura da vegetação, assim como distúrbios como a fragmentação, modificam o estoque e a ciclagem de nutrientes. Esse estudo objetivou determinar as concentrações e os estoques de macro e micronutrientes do solo e da necromassa vegetal e relacioná-los ao tipo florestal e ao tamanho de fragmentos da Mata Atlântica. As hipóteses testadas foram: (1) as concentrações e os estoques de nutrientes no solo e na necromassa são maiores nas Florestas Ombrófilas Densas (FOD) do que nas Florestas Estacionais Semidecíduais (FES); e (2) e nos maiores fragmentos quando comparados aos menores fragmentos. Os solos foram coletados em quatro parcelas em cada um dos 5 fragmentos de FOD (23-2300ha) e de FES (17-1182ha) no centro-norte fluminense, nas camadas (cm): 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30. A necromassa foi coletada em seis pontos em 4 transectos de cada um dos fragmentos, triadas em frações, secas e pesadas. Para as amostras de solo, a determinação de  $PO_4^{3-}$  foi feita por colorimetria, enquanto a dos demais nutrientes foi feita em ICP-OES. As amostras de necromassa passaram por digestão ácida e a determinação dos nutrientes foi feita pelo ICP-OES. As concentrações de Mg, Na, Fe, Cu e Zn no solo foram maiores em FOD, enquanto as concentrações de Ca e K do solo foram maiores em FES e as de P e Mn foram similares. As menores concentrações em FES se devem ao maior teor de areia do solo desses fragmentos, enquanto em FOD os solos possuem maiores teores de silte e argila. Na necromassa, as concentrações de P, Fe, Cu, Zn e Mn foram maiores em FOD, a de Ca foi maior em FES e as concentrações de K, Mg e Na foram similares entre os tipos florestais. No entanto, os estoques de Ca, Mg e K foram maiores na necromassa de FES e dos demais nutrientes similares entre os tipos florestais. Esses resultados se devem à maior quantidade de necromassa encontrada em FES e demonstram a influência da massa de necromassa sobre o balanço nutricional da floresta. A hipótese de que os maiores fragmentos possuiriam maiores concentrações e estoques de nutrientes no solo e na necromassa do que os menores fragmentos foram rejeitada. Apenas relações pontuais entre concentração de nutrientes e tamanho dos fragmentos foram observadas. Esse resultado pode ser um reflexo da diluição do efeito do tamanho do fragmento por fatores como distúrbios sofridos, estado de conservação e estágio sucessional. A análise hierárquica demonstrou que o tipo florestal é mais importante para diferenciação das áreas de estudo do que o tipo de solo, e que o tamanho do fragmento não tem influência sobre o padrão nutricional dessas florestas.

**Palavras-chave:** ciclagem de nutriente, distúrbios, florestas tropicais.

## ABSTRACT

The decomposition of necromass and the subsequent release of nutrients is the main way of transferring nutrients from vegetation to soil in tropical forests. In the soil, physical and chemical factors determine the retention of nutrients and their availability to plants. The climate, the composition and structure of the vegetation, as well as disturbances such as fragmentation, modify the stock and cycling of nutrients. This study aimed to determine the concentrations and stocks of macro and micronutrients in the soil and plant necromass and relate them to the forest type and size of fragments of the Atlantic Forest. The hypotheses tested were: (1) the concentrations and stocks of nutrients in the soil and in the necromass are higher in the Dense Ombrophylous Forests (DOF) than in the Seasonal Semideciduous Forests (SSF); and (2) and in larger fragments when compared to smaller fragments. Soils were collected in four plots in each of the 5 fragments of DOF (23-2300ha) and SSF (17-1182ha) in the center-north of Rio de Janeiro, in the layers (cm): 0-5, 5-10, 10- 20 and 20-30. Necromass was collected at six points in 4 transects of each of the fragments, sorted into fractions, dried and weighed. For soil samples,  $\text{PO}_4^{3-}$  determination was performed by colorimetry, while the other nutrients were determined using ICP-OES. Necromass samples underwent acid digestion and nutrient determination was performed by ICP-OES. Soil Mg, Na, Fe, Cu and Zn concentrations were higher in DOF, while soil Ca and K concentrations were higher in SSF and P and Mn concentrations were similar. The lowest concentrations in SSF are due to the higher sand content in the soil of these fragments, while in DOF the soils have higher levels of silt and clay. In necromass, P, Fe, Cu, Zn and Mn concentrations were higher in DOF, Ca was higher in SSF and K, Mg and Na concentrations were similar between forest types. However, Ca, Mg and K stocks were higher in SSF necromass and other similar nutrients between forest types. These results are due to the greater amount of necromass found in SSF and demonstrate the influence of the stored necromass mass on the nutritional balance of the forest. The hypothesis that the larger fragments would have higher concentrations and stocks of nutrients in the soil and in the necromass than the smaller fragments was rejected. Only punctual relationships between nutrient concentration and fragment size were observed. This result may be a reflection of the dilution of the fragment size effect by factors such as disturbances suffered, conservation status and successional stage. The hierarchical analysis demonstrated that the forest type is more important for differentiating the study areas than the soil type, and that the size of the fragment has no influence on the nutritional pattern of these forests.

**Keywords:** nutrient cycling, disturbances, tropical forests.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Nutrientes na necromassa vegetal e no solo

A necromassa vegetal é o conjunto de material vegetal morto depositados sobre o solo, ou árvores mortas em pé, de ecossistemas florestais ou manejados (PROCTOR *et al.*, 1983; HARMON *et al.*, 1986; PALACE *et al.*, 2012; BARBOSA *et al.*, 2016, SILVA *et al.*, 2016). A necromassa pode ser dividida em: fina, da qual fazem parte folhas, material reprodutivo, gravetos e galhos com diâmetro inferior a 2 cm; intermediária, a qual compreende galhos e caules com diâmetro entre 2 cm e 10 cm; e grossa, a qual inclui galhos e troncos com diâmetro maior do que 10 cm (HARMON *et al.*, 1986; BARBOSA *et al.*, 2016, SILVA *et al.*, 2016). As folhas representam cerca de 70% da necromassa produzida em ecossistemas florestais e concentram a maior parte dos nutrientes encontrados na biomassa arbórea (MARTINELLI *et al.*, 2017; MENEZES *et al.*, 2020; PARK *et al.*, 2020; GOMES-JÚNIOR *et al.*, 2022).

A produção de serapilheira (necromassa) e a sua subsequente decomposição é a principal forma de transferência de nutrientes da vegetação para o solo em florestas tropicais (PRICE *et al.*, 2012; SILVER *et al.*, 2014; BENBOW *et al.*, 2019; GIWETA, 2020). Durante o processo de decomposição, o material vegetal é quebrado em partes menores pela macro e mesofauna, facilitando a ação de microrganismos decompositores, os quais liberam carbono e nutrientes contidos na necromassa, podendo os nutrientes serem disponibilizados para a absorção pelas plantas (BENBOW *et al.*, 2019; FREY *et al.*, 2019; HICKS *et al.*, 2021; YUE *et al.*, 2022).

Muitos ciclos elementares são acoplados entre si (TOWNSEND *et al.*, 2011), podendo a fixação de carbono na biomassa ser influenciada pela disponibilidade de outros nutrientes no solo (WIEDER *et al.* 2015; TERRER *et al.*, 2019; BAUTERS *et al.*, 2021). Como consequência, o fluxo de nutrientes entre os compartimentos de um ecossistema florestal é combinado a grandes quantidades de carbono fixado por meio da fotossíntese (POWERS & MARÍN-SPIOTTA, 2017). Os processos de decomposição e mineralização dos nutrientes da necromassa são fundamentais na regulação da disponibilidade de nutrientes

nos solos e, conseqüentemente, na taxa de crescimento da floresta, na composição e distribuição de espécies (CONDIT *et al.*, 2014; VAN BREUGEL *et al.*, 2019; BUKOMBE *et al.*, 2022). Temperatura, umidade local e a química foliar são considerados os principais fatores que afetam a decomposição da necromassa (AERTS, 1997; SALINAS *et al.*, 2011; PIETSCH *et al.*, 2019). Além disso, a aeração e estrutura do solo, a composição da comunidade detritívora e a sua afinidade pelo substrato também podem apresentar papel determinante na taxa de decomposição (KRISHNA & MOHAN, 2017; PIETSCH *et al.*, 2019; GIWETA, 2020).

A temperatura, precipitação e variações sazonais podem controlar a existência, diversidade e distribuição de microrganismos decompositores e da fauna do solo, afetando dessa forma a atividade microbiana local e, conseqüentemente a taxa de decomposição (KRISHNA & MOHAN, 2017; DIETTERICH *et al.*, 2022; YUE *et al.*, 2022). As condições microclimáticas do chão da floresta são parcialmente controladas pela composição e diversidade de espécies florestais (MARTIUS *et al.* 2004; KRISHNA & MOHAN, 2017). Uma maior complexidade do dossel, a qual é associada a uma maior diversidade de espécies, garante condições climáticas mais favoráveis e estáveis para a decomposição da matéria orgânica (PRESCOTT, 2002; MARTIUS *et al.*, 2004; GIWETA, 2020; GETANEH *et al.*, 2022).

A relação C:N do material vegetal, assim como os polifenóis e o teor de lignina, é uma das principais características químicas que influenciam a decomposição da necromassa (LORANGER *et al.*, 2002; GIWETA *et al.*, 2020; HICKS *et al.*, 2021). A necromassa que possui uma alta relação C:N, teores de polifenóis e lignina é decomposta mais lentamente, visto que é mais difícil de ser consumida pela fauna e microbiota (TALBOT & TRESEDER, 2012; TOBERMAN *et al.*, 2014). O tempo ao qual a matéria orgânica está sujeita a degradação também afeta a sua decomposição visto que o carbono facilmente acessível é perdido primariamente, o que acarreta no acúmulo de compostos recalcitrantes na matéria orgânica ainda não decomposta (DUDDIGAN *et al.*, 2020).

A quantidade e a qualidade dos nutrientes devolvidos pela necromassa ao solo também dependem da mobilidade elementar, dos recursos nutricionais internos e das características morfológicas da vegetação durante os diferentes estágios da ciclagem dos nutrientes (OZIEGBE & MUOGHALU, 2011; GIWETA

et al., 2020). Uma menor concentração de nutrientes na vegetação, especialmente nas folhas, pode indicar uma possível limitação nutricional (AERTS & CHAPIN, 1999; VITOUSEK, 2004), visto que as plantas podem refletir a qualidade nutricional do solo através da qualidade nutricional da necromassa que produzem (AERTS & CHAPIN, 1999; FISHER *et al.*, 2013; ZHANG *et al.*, 2018).

A disponibilidade de nutrientes no solo é um importante impulsionador da produtividade e do estoque de biomassa acima do solo, afetando assim o potencial de sequestro de carbono a longo prazo (AUGUSTO *et al.*, 2017; SCHRODER & FLEIG, 2017; TERRER *et al.*, 2019). Há tempos é sabido que diferentes nutrientes podem restringir o crescimento das plantas (HOLDRIDGE, 1947). Essa limitação do crescimento ocorre principalmente na concentração insuficiente dos macronutrientes (N, P, Ca, K, Mg), os quais são requeridos em maiores quantidades pelas plantas. Estudos têm demonstrado que em solos tropicais o nutriente mais limitante é o fósforo. Isso ocorre em decorrência tanto da idade dos solos quanto do seu nível de intemperização (CONDIT *et al.*, 2013; HOU *et al.*, 2021; CUNHA *et al.*, 2022). Já Augusto *et al.* (2017) demonstraram que a limitação mais frequente em solos tropicais é aquela associada de N e P e que o conteúdo total de P do solo está relacionado a fatores como: topografia, conteúdo de areia do solo, estágio de intemperismo e o seu material de origem.

Enquanto o N entra no sistema florestal a partir da fixação biológica de nitrogênio, deposição atmosférica ou precipitação e é mantido neste a partir da sua ciclagem interna (SCHULZE, 2000; CANTARELLA, 2007; ZHENG *et al.*, 2019), o P é primariamente disponibilizado no ecossistema terrestre através da intemperização da rocha matriz e formação do solo, sendo liberado posteriormente dos grãos minerais (FILIPPELI, 2002). A fração mineral do solo é composta por partículas de areia, silte e argila, cuja a proporção no solo determina a sua textura (FELLER & BEARE, 1997; BROWN, 1998). A retenção de nutrientes no solo é afetada principalmente pela temperatura e textura deste (HE *et al.*, 2021; ROCHA *et al.*, 2023), visto que as principais formas de perda de nutrientes no solo são a erosão, provocada pela mudança na cobertura do solo, lixiviação e volatilização (AN *et al.*, 2008; YAO *et al.*, 2020). Solos com teores mais elevados de areia retêm menos matéria orgânica, água e naturalmente apresentam uma concentração mais baixa de nutrientes, ao



contrário de solos com proporções maiores de argila e silte (TELLES *et al.*, 2004; NARDOTO *et al.*, 2008; PESSANHA, 2019; CYRINO 2021).

Em escala global, N e P são frequentemente mais observados como limitantes do crescimento e da produtividade vegetal do que os demais macronutrientes (AUGUSTO *et al.*, 2017). No entanto, casos de limitação por outros nutrientes, ainda que menos frequentes, também são conhecidos. A limitação por Ca foi observada em regiões tropicais onde os solos são antigos e intemperizados (BARIBAULT *et al.*, 2015), assim como o K (WRIGHT *et al.*, 2011; YAVITT *et al.*, 2011; SANTIAGO *et al.*, 2012; SARDANS & PEÑUELAS, 2015). Também foi observada uma tendência à limitação, principalmente, de Ca ao longo da sucessão florestal na República Democrática do Congo (BAUTERS *et al.*, 2022). Já o Mg tem sido relacionado a limitação da fotossíntese (FARHAT *et al.*, 2016) e o seu excesso à monodominância de *Peltogyne* (VILLELA & PROCTOR, 2002; NASCIMENTO *et al.*, 2017).

## 1.2. Florestas Ombrófilas e Estacionais da Mata Atlântica

A Mata Atlântica é considerada uma área prioritária para a conservação devido ao seu elevado número de espécies endêmicas e ao grau de ameaça do bioma acarretado pela perda de hábitat (MYERS *et al.*, 2000; JOLY *et al.*, 2014; SCARANO & CEOTTO, 2015). Considerada um mosaico de vegetações, a Mata Atlântica compreende: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Decidual e Floresta Estacional Semidecidual, além dos ecossistemas complexos associados: mangues, restinga e campos de altitude (JOLY *et al.*, 1999; SCARANO, 2002; COLOMBO & JOLY, 2010). A classificação dessas diferentes fitofisionomias é realizada a partir de parâmetros como regime de chuvas, distância do oceano, altitude, duração e pluviosidade da estação seca (OLIVEIRA-FILHO & FONTES, 2000; CONDIT, 2013).

O clima é um dos principais fatores determinantes do crescimento de organismos e da distribuição de espécies (PUGNAIRE *et al.*, 2019). No entanto, Martinelli (2020) ressalta que a temperatura e a precipitação são filtros selecionadores da composição florística, principalmente do continuum regional ao continental (CURRIE, 1991), enquanto no continuum local para regional, a

dinâmica da paisagem tem um papel fundamental na composição de espécies (PORDER *et al.*, 2005; BALZOTTI *et al.*, 2016). Dessa forma, alterações climáticas espaciais e temporais têm capacidade de modificar a composição da comunidade vegetal e microbiana, a interação entre elas e assim a relação solo-planta (PUGNAIRE *et al.*, 2019). As relações baseadas em variáveis climáticas acabam por ocultar parte da variabilidade local, principalmente considerando que as características do solo podem variar em distâncias curtas (SOUZA & MARTINS, 2004; PULLA *et al.*, 2016) e fatores abióticos como a idade, fertilidade do solo e dinâmica da paisagem influenciam fortemente a composição de espécies vegetais (STEIN *et al.*, 2014; ALI *et al.*, 2019; HOFHANSL *et al.*, 2020). Conseqüentemente, a composição florística exerce um forte controle sobre os nutrientes foliares (FYLLAS *et al.*, 2009; BALZOTTI *et al.*, 2016).

As florestas estacionais são conhecidas por uma sazonalidade marcante que corresponde a até 5 meses de estação seca (MORELATTO & HADDAD, 2000; COLOMBO & JOLY, 2010), a qual pode ser responsável pela alteração do funcionamento do ecossistema, visto que temperatura e umidade controlam diretamente os processos responsáveis pela ciclagem de nutrientes como produção de necromassa, decomposição, respiração autotrófica e heterotrófica (AERTS, 1997; ISE & MOORCROFT, 2006; CASTELLANOS-BARLIZA *et al.*, 2022; DIETTERICH *et al.*, 2022). Devido a variação das estações climáticas dessa fisionomia, algumas espécies de vegetais caducifólias perdem entre 20 e 50% das folhas suas folhas devido à deficiência hídrica e a queda de temperatura (IBGE, 2012).

As Florestas Estacionais do Norte Fluminense podem ser consideradas como uma das mais afetadas pela redução de sua área de ocorrência natural, sendo uma das fitofisionomias mais ameaçadas pela conversão de terras para a agricultura e pecuária (DURIGAN *et al.*, 2000; SILVA *et al.*, 2006; REZENDE *et al.*, 2018). As Florestas Estacionais Semidecíduais de Tabuleiro do Norte Fluminense se encontram em uma região conhecida como a falha de Campos dos Goytacazes, em que a ocorrência da Floresta Ombrófila, a qual se distribui desde o Rio Grande do Sul ao Rio Grande do Norte, é interrompida pelo clima estacional. A partir dessa região, as florestas ombrófilas densas voltam a

ocorrer no litoral do estado do Espírito Santo (OLIVEIRA-FILHO & FONTES, 2000; OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 2005).

As Florestas Ombrófilas Densas são caracterizadas por um clima tropical, dessa forma apresentam precipitação abundante bem distribuída durante o ano e altas temperaturas (VELOSO *et al.*, 2012). Devido a isso não há estação seca bem definida nessa formação (VELOSO *et al.*, 1991; IBGE, 2012). A precipitação anual média desse tipo florestal é maior do que 2000 mm, enquanto a precipitação anual média das Florestas Estacionais é 1500 mm, porém com grande sazonalidade do regime de chuva (MARTINELLI *et al.*, 2020).

A diminuição na disponibilidade hídrica pode causar a diminuição da qualidade nutricional da serrapilheira, mesmo que a sua produção permaneça constante (AERTS & CHAPIN, 1999). Em parte, isso pode ser explicado pela retranslocação de nutrientes que ocorre antes da senescência foliar, diminuindo a dependência dos nutrientes absorvidos da solução do solo (AERTS & CHAPIN, 1999; YUAN & CHEN, 2009), e a maior produção de compostos carbônicos recalcitrantes sob a seca (SUSEELA *et al.*, 2015). Essas mudanças podem acarretar na diminuição da mineralização da matéria orgânica e, conseqüentemente, na liberação de nutrientes para o solo durante o período de seca (SANTONJA *et al.*, 2017; PEGUERO *et al.*, 2019). Visto que o estado nutricional do solo é um importante impulsionador das estratégias e características funcionais das plantas (REICH *et al.*, 2003; LAMBERS *et al.*, 2010; HAN *et al.*, 2022), este pode afetar a diversidade e distribuição de espécies vegetais entre áreas com disponibilidade e/ou restrição hídrica distintas (SANTONJA *et al.*, 2017; PEGUERO *et al.*, 2019).

Além dos distúrbios, as condições microclimáticas encontradas em diferentes tipos florestais podem gerar diferentes padrões nos processos ecossistêmicos (VIEIRA *et al.*, 2011; WIESMEIER *et al.*, 2019). Estudos em Floresta Estacional Semidecidual mostram que a estacionalidade climática pode afetar a produção e estoque de serrapilheira, com uma maior queda de serrapilheira sendo observada no final da estação seca, na região sul-sudeste do Brasil, e em florestas estacionais do que em florestas perenes (MARTINELLI *et al.*, 2017; COSTA *et al.*, 2019; CALIMAN *et al.*, 2020). Quanto ao estoque de C e N do solo, liberados pela decomposição da necromassa, estudos tem

mostrado uma provável relação negativa entre estes e a temperatura, enquanto que com a precipitação a relação é positiva (MELILLO *et al.*, 2002; VIEIRA *et al.*, 2011; VILLELA *et al.*, 2012).

### 1.3. Fragmentação na Mata Atlântica

Distúrbios que alteram a composição ou a estrutura do ecossistema, como o corte seletivo (VILLELA *et al.*, 1998; 2006; CHITI *et al.*, 2015; RUTISHAUSER *et al.*, 2016), queimadas (FANIN & WERF, 2015) e fragmentação (VASCONCELOS & LUIZÃO, 2004; DAMBROS, *et al.*, 2013; NUMATA *et al.*, 2017), além dos distúrbios naturais (GAVITO *et al.*, 2018; JARAMILLO *et al.*, 2018), podem alterar padrões de transferência de nutrientes da necromassa para o solo (MARTINELLI *et al.*, 2000; VILLELA *et al.*, 2006; VILLELA *et al.*, 2012; CARDELÚS *et al.*, 2020) e afetar a regeneração e manutenção da vegetação (VITOUSEK, 2004; VILLELA *et al.*, 2006). Segundo Flores (2019), os distúrbios são facilitadores da erosão e perda de nutrientes dos solos e quando diversos distúrbios ocorrem juntos, os seus efeitos sobre os ecossistemas florestais podem ser intensificados.

O processo de fragmentação florestal compreende a interceptação de áreas de vegetação contínuas, a qual acarreta na criação de manchas de vegetação de diferentes tamanhos e formas que são separadas umas das outras por uma matriz (WILCOVE *et al.*, 1986; BIERREGARD *et al.*, 1992; METZGER, 2001). Estudos mostram que a fragmentação compromete a biodiversidade (DIXO *et al.*, 2009; BARLOW *et al.*, 2016; LIU *et al.*, 2019), cuja perda pode acarretar na diminuição da provisão de serviços ecossistêmicos, como a polinização, regulação da qualidade da água controle de pragas, regulação climática, entre outros (DOBSON *et al.*, 2006; HOOPER *et al.*, 2012; MITCHELL *et al.*, 2015). Esse processo pode ocorrer de forma natural ou antrópica (WADE *et al.*, 2003; SCHRODER & FLEIG, 2017). Mas independente da forma, um dos principais impactos da fragmentação é a criação de bordas em áreas que anteriormente eram consideradas interior de floresta (LAURANCE *et al.*, 1998).

As bordas são áreas do fragmento mais susceptíveis a fatores externos como a ação dos ventos e da radiação, cujo efeito corresponde ao aumento da

temperatura e diminuição da umidade relativa (MURCIA, 1995; MAGNAGO *et al.*, 2015; MAGNAGO *et al.*, 2017), aumentando a evapotranspiração próximo à borda (MAGNAGO, 2015). Dessa forma, sob essas circunstâncias pode ser ocasionada maior exposição e conseqüentemente erosão do solo (SANTOS & GUERRA, 2015; FLORES-RENTERÍA *et al.*, 2018; FLORES *et al.*, 2019), alterações na dinâmica da produção (MACHADO *et al.*, 2016) e decomposição (CUKE & SRIVASTAVA, 2015; WU *et al.*, 2021; YANG *et al.*, 2021) da necromassa, e alterações na dinâmica de mortalidade e recrutamento (LAURANCE *et al.*, 2000; REIS, 2019). A condição da matriz também pode determinar a extensão em que as condições da borda penetram no fragmento (MELITO *et al.*, 2017).

As florestas tropicais têm sofrido com a diminuição da sua extensão ao longo dos anos (WRIGHT, 2005; SONG *et al.*, 2018) principalmente devido a expansão agropastoril (COLOMBO & JOLY, 2010; GIBBS *et al.*, 2010). Na Mata Atlântica, a redução de área é atribuída principalmente à extração madeireira, agricultura e a expansão urbana (COLOMBO E JOLY, 2010). Atualmente, a Mata Atlântica possui 12,4% da sua área original (SOS MATA ATLÂNTICA, 2021). Cerca de 87,6% dos fragmentos da Mata Atlântica possui menos de três hectares (SOS Mata Atlântica 2018) e são desconectados na sua maioria, além de serem afetados por distúrbios recentes (RIBEIRO *et al.*, 2009; ABREU, 2013). d'Albertas *et al.*, (2018) sugerem que a associação do efeito de borda a outros distúrbios antrópicos está presente em todos remanescentes da Mata Atlântica e que os padrões encontrados em experimentos na Amazônia, não podem ser extrapolados para todas florestas tropicais.

Não há consenso sobre a profundidade com que o efeito de borda penetra o fragmento, visto que fatores como tipo florestal, pluviosidade, distúrbios adicionais podem determinar a extensão desse efeito (FLETCHER, 2005; KOPER *et al.*, 2009; MAGNAGO *et al.*, 2015; MAGNAGO *et al.*, 2017). Porém, sabe-se que o tamanho do fragmento pode influenciar na extensão do efeito de borda, pois quanto menor o fragmento, maior a sua área de borda relativa à área total do fragmento (MURCIA, 1995; LAURANCE *et al.*, 1998; EWERS *et al.*, 2007; PÜTZ *et al.*, 2011). Nesse cenário, é possível que o efeito de borda chegue ao interior dos fragmentos (BIERREGARD *et al.*, 1992; RANTA *et al.*, 1998; PÜTZ *et al.*, 2011; MELITO *et al.*, 2017), causando alterações na dinâmica de

nutrientes e da produtividade nos ecossistemas fragmentados (FELLER & BEARE, 1997; PIMENTEL & KOUNANG, 1998; GARCÍA-RUIZ et al., 2017).

Vários estudos têm sido realizados visando compreender como diferentes distúrbios afetam a ciclagem de nutrientes nos ecossistemas tropicais (VILLELA et al., 2006; HEARTSILL-SCALLEY et al., 2007; PUTZ et al., 2011; CARMO et al., 2012; PAUDEL et al., 2015; MA et al., 2017; GAVITO et al., 2018; FLORES et al., 2019; VERMA et al., 2019). No entanto, poucos estudos focaram em compreender o efeito da fragmentação na dinâmica de nutrientes na Mata Atlântica (TRISTÃO & PESSOA, 2002; LOPES et al., 2015; SILVA & VILLELA, 2015; SCHRÖDER & FLEIG, 2017).

Em uma floresta montana de São Paulo, Putz et al. (2011) encontrou uma diminuição da biomassa arbórea com a diminuição do tamanho do fragmento, sendo esta mais acentuada em fragmentos com menos de 25 ha. Além disso, Magnago et al. (2017), estudando uma Floresta Ombrófila no Espírito Santo, observaram maiores estoques de carbono em árvores nos maiores fragmentos e no interior das florestas do que em fragmentos menores e áreas de borda. De forma semelhante, Reis (2019), estudando o efeito de borda sobre a biomassa arbórea na REBIO União (RJ), encontrou menor biomassa arbórea na borda em comparação com o interior da floresta, sendo esse efeito intensificado na borda com matriz graminóide quando comparada à borda com matriz em regeneração. Nessa mesma área foi observada uma menor taxa de produção (NASCIMENTO, 2005) e decomposição (GAMA, 2005) de serrapilheira na borda devido às mudanças microclimáticas geradas nessa área.

Procópio-de-Oliveira et al. (2008) e Silva (2009), estudando fragmentos de diferentes tamanhos da APA do Rio São João (FOD) no Estado do Rio de Janeiro, encontraram menores estoques e produção de serrapilheira e aporte de nutrientes, respectivamente, em fragmentos menores quando comparados aos maiores e mais bem preservados. Além disso, Silva e Villela (2015) observaram que efeito do tamanho dos fragmentos afetou a concentração de magnésio nas folhas das espécies *Guarea guidonea* e *Cupania oblongifolia*, as quais apresentavam altos valores de cobertura e dominância relativa nas áreas estudadas, sendo a concentração maior nos menores fragmentos.

Em relação aos estoques de carbono e nitrogênio no solo, não foram encontradas relação destes com o tamanho dos fragmentos tanto em FEST

(PESSANHA, 2019) quanto em FOD (CYRINO, 2021). Lima (2009) também não encontrou relação entre a concentração de carbono no solo e a classe de tamanho dos fragmentos em fragmentos de Floresta Ombrófila Densa na APA do Rio São João, porém, os fragmentos menores apresentaram maiores concentrações de nitrogênio. Silva (2013) observou uma maior respiração heterotrófica da necromassa no interior de fragmentos de Florestas Estacionais Semidecíduais de Tabuleiro (FEST) quando comparados às bordas. Já para o estoque de necromassa não foi encontrada diferença clara entre borda e interior nos fragmentos de FEST e FOD (SILVA, 2013; CYRINO, 2018).

Cyrino (2021) estudando a influência do tipo florestal e da fragmentação na composição elementar e isotópica do carbono e do nitrogênio no solo e na necromassa vegetal da Mata Atlântica, encontrou que o tipo florestal pode ser um fator direcionador das composições elementares e isotópicas de C e N nesses compartimentos, enquanto a fragmentação não mostrou efeito significativo. Nesse estudo, foram encontrados valores maiores, para a necromassa, na concentração de N em FES do que em FOD (Tabela 1), para o estoque de C (FEST:  $1370,4 \pm 365,7$  kg/ha; FOD:  $942,7 \pm 287,4$  kg/ha) e N (FEST:  $60,6 \pm 16,7$  kg/ha; FOD:  $38,3 \pm 10,5$  kg/ha), assim como para os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  (FEST:  $-28,7 \pm 0,6$  ‰; FOD:  $-30,5 \pm 0,6$  ‰) e  $\delta^{15}\text{N}$  (FEST:  $6,3 \pm 1,4$  ‰; FOD:  $2,1 \pm 1,3$  ‰). Para a concentração de C não foi observada diferença significativa entre os tipos florestais. Em relação aos solos desses tipos florestais, as concentrações de C e N foram maiores em FOD do que em FEST, assim como os estoques e o teor de argila (Tabela 1). Já a densidade, pH, teor de areia,  $^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$  (‰) foram maiores em FEST do que em FOD. Nesse estudo, foi encontrada relação positiva entre o silte e a concentração de C, N e o estoque de N em ambos tipos florestais e o estoque de C em FEST.

Segundo o autor, esses resultados sugerem uma influência das condições do tipo florestal nas composições elementares e isotópicas do solo e da necromassa fina, além da importância das características físicas do solo, das condições microclimáticas e dos processos ecossistêmicos na diferenciação da dinâmica de nutrientes entre solo e necromassa fina dessas florestas (CYRINO, 2021). Nesse estudo, a falta de efeito da fragmentação florestal observada sobre estoques e concentrações de C e N do solo e da necromassa pode estar relacionada, segundo o autor, à heterogeneidade ambiental e aos distúrbios

sofridos no passado em FEST e FOD, os quais podem mascarar o efeito da fragmentação, principalmente nos solos (VILLELA *et al.*, 2006; ABREU, 2013; SILVA, 2013; BROGGIO, 2018; PESSANHA, 2019).

Diante do exposto, faz-se entender que o conhecimento adquirido acerca do efeito da fragmentação na produtividade e no funcionamento do ecossistema na Mata Atlântica ainda é deficiente. Adicionando à essa problemática as diferentes fitofisionomias da Mata Atlântica e a pluralidade de condições microclimáticas, é necessário avaliar individualmente os processos ecossistêmicos, as concentrações, estoques e a dinâmica de nutrientes frente a fragmentação em diferentes tipos florestais, para uma avaliação assertiva do bioma como um todo. Diferenças expressivas nos processos ecossistêmicos podem ser vistas em diferentes fitofisionomias, o que pode gerar respostas distintas a distúrbios semelhantes. Sendo assim, estudos que visem compreender como a ciclagem de nutrientes nas diferentes fitofisionomias da Mata Atlântica é afetada pela fragmentação são primordiais para a definição de formas de conservação, manejo, manutenção desses ecossistemas e previsão do funcionamento ecossistêmico da Mata Atlântica frente a mudanças climáticas.

## **2. OBJETIVOS GERAIS**

O objetivo desse trabalho é avaliar a concentração e o estoque de macro e micronutrientes disponíveis na necromassa vegetal e no solo em fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD) e Floresta Estacional Semidecidual de Tabuleiro (FES) da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro, com o intuito de verificar se há influência do tipo florestal e da fragmentação sobre estes.

## **3. HIPÓTESES**

Baseado nos conhecimentos existentes, o presente estudo testará as seguintes hipóteses:

- I. As concentrações e os estoques de macronutrientes e micronutrientes, tanto do solo quanto da necromassa, são maiores nos fragmentos de FOD do que nos de FES.



- II. Os maiores fragmentos possuem maiores concentrações e estoques de macronutrientes e micronutrientes disponíveis no solo e na necromassa em relação aos menores.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1 Área de estudo**

O estudo foi realizado com amostras de solo e necromassa coletadas em dois tipos florestais da Mata Atlântica, os quais apresentam condições climáticas distintas, principalmente em relação a precipitação e, conseqüentemente, umidade. Os dois tipos florestais contam com dados de estudos prévios acerca da sua dinâmica (Tabela 1).

**Tabela 1** Valores médios de variáveis relacionadas à necromassa fina e grossa e ao solo de Floresta Ombrófila Densa (FOD) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) na Mata Atlântica, RJ. (Fonte: CYRINO, 2021-Adaptado) \*0-10 cm de profundidade.

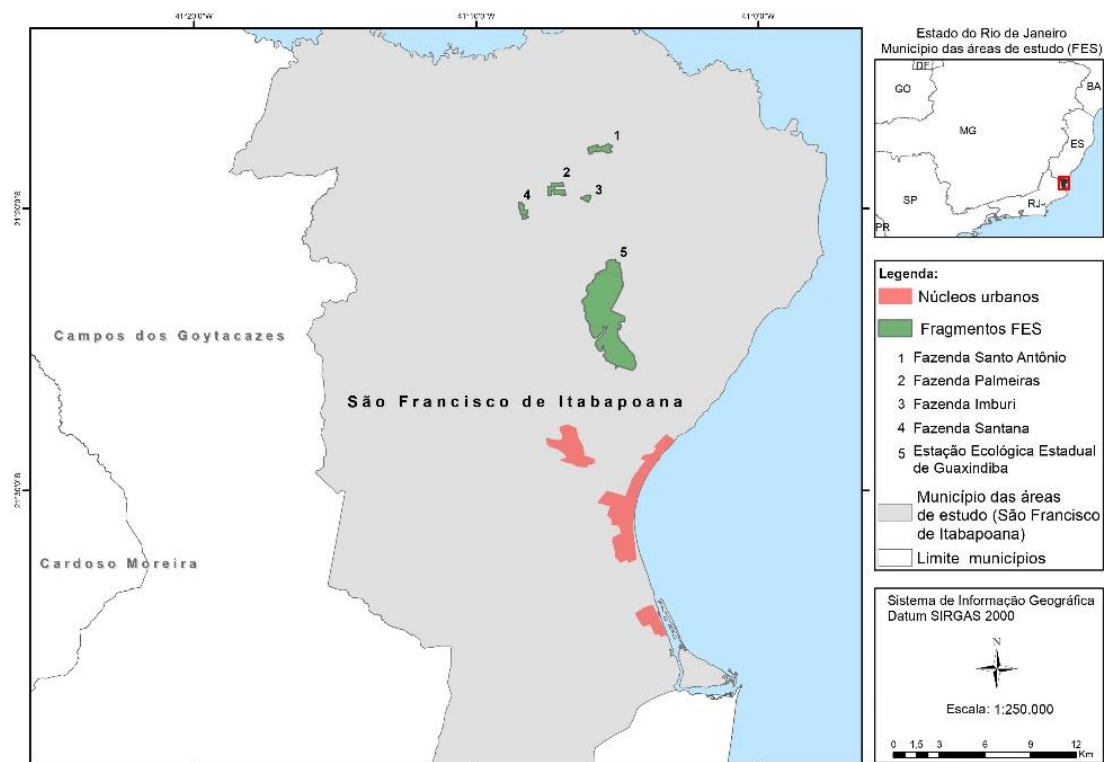
Variáveis		FES	FOD	Autor
Estoque de necromassa fina (Mg/ha)		6,57	4,81	Silva, 2013; Cisneiro 2016; Cyrino, 2018
Estoque de necromassa grossa (Mg/ha)		4,62	3,81	
Respiração heterotrófica da necromassa fina ( $\mu\text{gCR/g CN/min}$ )		2,75	4,68	
Umidade da necromassa fina (%)		31,5	33	Silva, 2013; Cisneiro 2016; Oliveira, 2018
Respiração heterotrófica da necromassa grossa ( $\mu\text{gCR/g CN/min}$ )		0,64	1,95	
Umidade da necromassa grossa (%)		26,17	24,6	
C (g/kg) na necromassa	Folhas	419 $\pm$ 9,7	419 $\pm$ 13	Cyrino, 2021
	Galhos finos	416 $\pm$ 7,7	419 $\pm$ 8,8	
	Restos	383 $\pm$ 26	379 $\pm$ 32	
Necromassa fina		406 $\pm$ 23	405 $\pm$ 28	
N (g/kg) na necromassa	Folhas	21,1 $\pm$ 1,6	20,0 $\pm$ 2,7	
	Galhos finos	15,2 $\pm$ 1,6	13,0 $\pm$ 2,1	
	Restos	21,3 $\pm$ 3,1	18,7 $\pm$ 3,1	
Necromassa fina		19,2 $\pm$ 3,3	17,2 $\pm$ 4,1	
Solo (0-30 cm)	Densidade ( $\text{g/cm}^3$ )	1,2 $\pm$ 0,2	1,0 $\pm$ 0,2	Cyrino, 2021
	pH	4,9 $\pm$ 0,5	4,5 $\pm$ 0,3	
	C (g/kg)	14,6 $\pm$ 6,5	19,5 $\pm$ 8,5	
	N (g/kg)	1,2 $\pm$ 0,5	1,7 $\pm$ 1,1	
	C/N	13,6 $\pm$ 1,2	13,2 $\pm$ 1,8	
	C (Mg/ha)	49,4 $\pm$ 2,8	54,4 $\pm$ 2,5	
	N (Mg/ha)	4,3 $\pm$ 0,3b	4,8 $\pm$ 0,2	
	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	-26,7 $\pm$ 0,1	-27,2 $\pm$ 0,9	
	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	8,5 $\pm$ 0,8	6,5 $\pm$ 0,9	
	Areia (%)*	72,8 $\pm$ 1,1	51,2 $\pm$ 2,1	
	Argila (%)*	23,0 $\pm$ 1,3	34,4 $\pm$ 0,9	
Silte (%)*	4,2 $\pm$ 0,0	14,4 $\pm$ 1,3		

#### 4.1.1 Floresta Estacional Semidecidual

Um dos tipos florestais abordados no estudo é a Floresta Estacional Semidecidual de Tabuleiro (FES). No município de São Francisco de Itabapoana, no qual FES é o tipo vegetal predominante, foram selecionados fragmentos de diferentes tamanhos. São eles: 17 ha (Fazenda Imburi), 36 ha (Fazenda Santana), 55 ha (Fazenda Palmeiras) e 58 ha (Fazenda Santo Antônio)

os quais são fragmentos particulares; 1182 ha (Estação Estadual Ecológica de Guaxindiba-EEEG) o qual é considerado o maior remanescente de mata da região e está sobre responsabilidade do Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA-RJ) (Figura 1).

**Figura 1** Localização dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual de Tabuleiro no



município de São Francisco de Itabapoana, RJ. 1 = 58 ha; 2 = 55 ha; 3 = 17 ha; 4 = 36 ha; 5 = 1182 ha. Fonte: CYRINO, 2021 - Google Earth, IBGE e ICMBio.

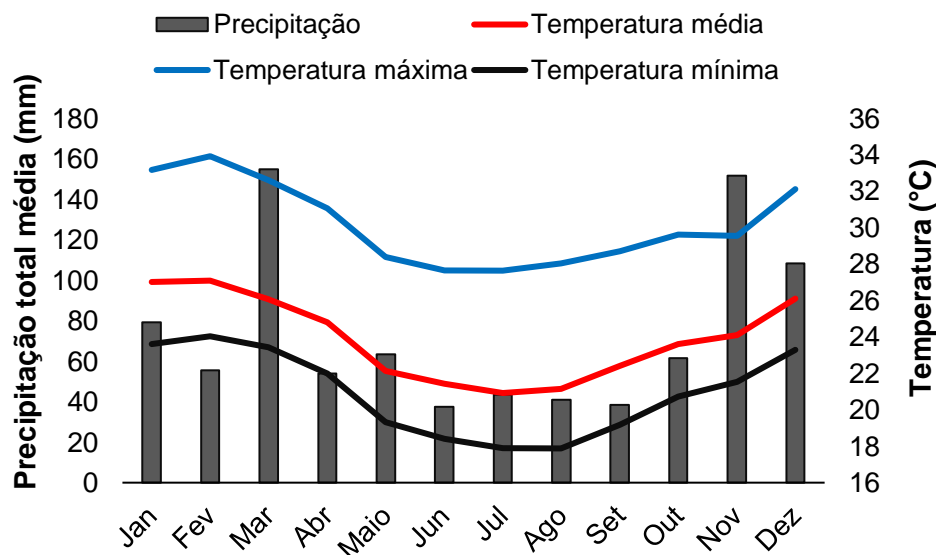
No geral, todos os fragmentos sofreram e ainda sofrem pressões antrópicas semelhantes tais como queimadas, corte seletivo e caça (VILLELA *et al.*, 2006; SILVA E NASCIMENTO 2001; ABREU, 2013) (Tabela 2). Abreu (2013) aponta informações obtidas com antigos moradores da região, os quais afirmam que o corte seletivo nos fragmentos da região ocorre há décadas com a retirada e venda de madeiras nobres para serrarias e a utilização da madeira comum como lenha para fábricas da região e transformação em carvão vegetal. Esse corte seletivo levou à uma diminuição substancial de madeiras nobres como braúna (*Melanoxylon brauna*), roxinho (*Peltogyne discolor*), óleo vermelho (*Myrocarpus frondosus*), peroba-rosa (*Aspidosperma* spp.), peroba amarela (*Paratecoma peroba*), ipê (*Handroanthus* spp.) e jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*) (ABREU, 2013).

A Mata do Carvão, maior remanescente florestal da região, passou a integrar em 2003 a Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG). Esse remanescente possuía em torno de 4.500 ha por volta da década de 60. Essa área foi reduzida a 1.182 ha nos dias atuais devido principalmente a desmatamentos ocorridos na década de 60 e 80, os quais visavam plantio de cana-de-açúcar, pecuária, comercialização de madeira e produção de carvão vegetal, da qual surgiu a denominação do remanescente (SILVA & NASCIMENTO, 2001; ABREU, 2013).

**Tabela 2** Características gerais dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) estudados. (Fonte: ABREU, 2013-Adaptado; BROGGIO, 2018-Adaptado). \*MENDONÇA-SANTOS, 2007.

Fragmento	Coordenadas geográficas	Área (ha)	Matriz circundante	Características	Tipo de solo*
Fazenda Imburi	21°19'31,7"S 41°06'00,0"W	17	Plantações de cana, mandioca e abacaxi.	Dossel descontínuo; altura média de 12m; sub-bosque fechado; presença de lianas, cipós e epífitas; fácil acesso; Vestígios de corte de árvores; pequenas trilhas no interior; presença eventual de armadilhas utilizadas para caça; cerca em seu interior com a finalidade de limite de propriedades.	Latossolo Amarelo Distrocoeso.
Fazenda Santana	21°20'08,7"S 41°08'18,3"W	36	Plantações de cana e pasto.	Dossel descontínuo; altura média de 10 m; sub-bosque um pouco fechado; Árvores caídas e algumas clareiras; fácil acesso; parcialmente isolado por cerca; vestígios de corte de árvores; cortado por uma estrada rural.	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico.
Fazenda Stº Antônio	21°19'17,7"S 41°07'11,3"W	55	Plantações de cana e pasto.	Dossel descontínuo; altura média de 12m; sub-bosque um pouco fechado; presença de lianas e cipós; poucas árvores caídas; forte incidência de luz; vestígios de caça (armadilhas) e corte de árvores; largas trilhas em seu interior.	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico.
Fazenda Palmeiras	21°17'48,7"S 41°05'25,2"W	58	Pasto, plantações de maracujá e mandioca.	Dossel contínuo; altura entre 12 e 15m; sub-bosque fechado; muitos emaranhados; poucas árvores caídas; presença de epífitas; circundado por cerca; trilha para passagem de gado em seu interior; acesso restrito.	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico.
EEEG	21° 24' 54,8"S 41° 04'38,9"W	1182	Plantações de cana.	Dossel contínuo; altura média de 14m de altura; sub-bosque um pouco fechado; alta incidência de cipós em alguns setores; ocorrência de árvores caídas; áreas em diferentes estágios de regeneração; possui uma região de mata conservada; largas trilhas no seu interior; vestígios de corte de árvores; circundado por estradas.	Latossolo Amarelo Distrocoeso.

Segundo a classificação proposta por Köppen (1948), o clima predominante nessa região é Aw, quente e úmido, com chuvas de verão (estação chuvosa) e outono-inverno (maio a setembro) mais seco (< 100 mm/mês) (INEA, 2010; DUBREUIL *et al.*, 2015). A temperatura média anual variou entre 21 e 27 °C considerando o intervalo de tempo entre 2010 e 2019, enquanto que a precipitação total mensal média variou entre 38 mm (junho) e 155 mm (março) no mesmo intervalo de tempo (Figura 2). Segundo Neto (2020), a precipitação anual média vem caindo com o passar do tempo na região, sendo 1.084 mm para os anos de 1931 a 1960 (RADAMBRASIL, 1983), 1.055 mm entre 1961 e 1990 (INMET, 2019) e 920,74 mm ano<sup>-1</sup> (INMET, 2019) no período de 1990 a 2019.



**Figura 2** Precipitação pluviométrica total média (mm) e temperaturas médias, máximas e mínimas (°C) obtidas pela estação meteorológica de Campos dos Goytacazes (Código da Estação: 83698), entre os anos de 2010 e 2019. (Dados: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)).

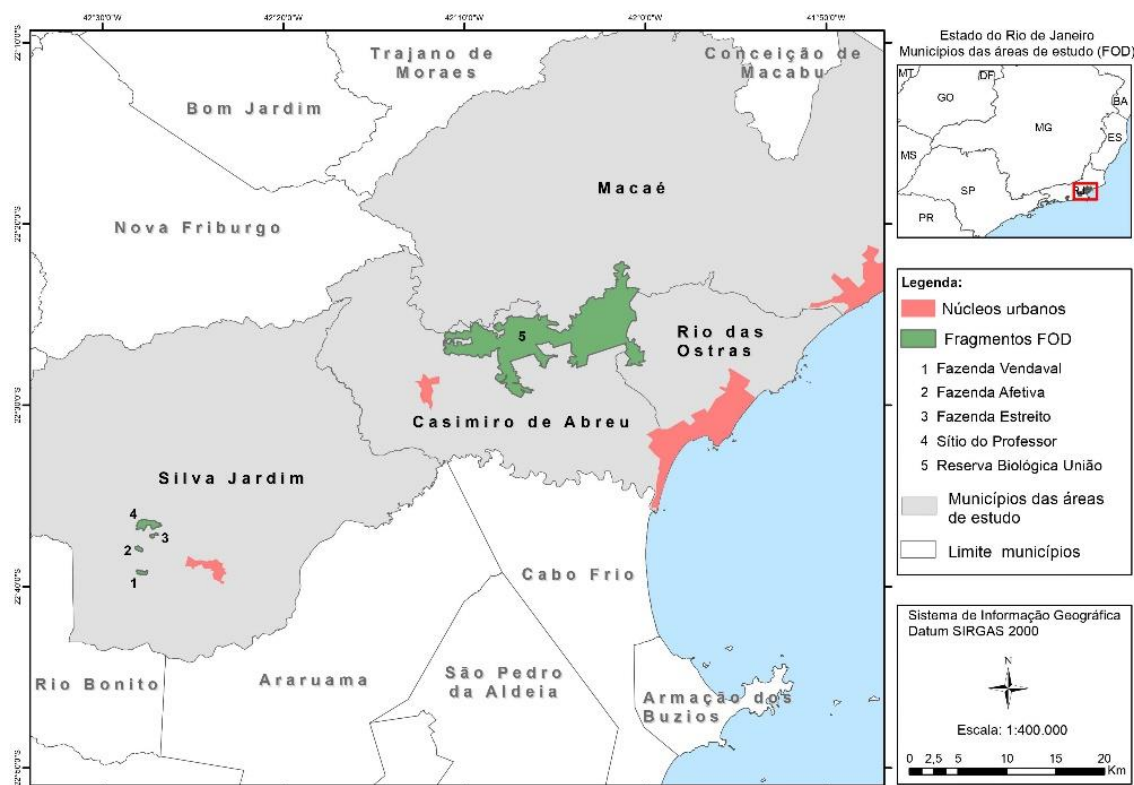
Estudos têm sido realizados buscando entender a influência da área de borda e dos diferentes tamanhos desses fragmentos na dinâmica da comunidade vegetal, biomassa e ciclagem de carbono e nutrientes nessa região (Tabela 5).

**Tabela 3** Estudos realizados sobre aspectos da florística e estrutura da vegetação, estoque e ciclagem de nutrientes no solo e na necromassa nas áreas de Floresta Estacional Semidecidual (FES) estudadas no presente trabalho. \* F. Imburi (17 ha); F. Santana (36 ha); F. Palmeiras (55 ha); F. Santo Antônio (58 ha); EEEG (1182 ha).

Localização	Vegetação	Compartimento		Referência
		Solo	Necromassa	
EEEG	Estrutura; Composição florística			Silva & Nascimento (2001)
Todos*	Estrutura; Composição florística; Biomassa	0-10 cm: C, N, Ca, Mg, K, Na, Al e granulometria		Abreu (2013)
Todos*	Estrutura; Composição florística; Biomassa			Broggio (2018)
EEEG	Estrutura; Composição florística			Neto (2020)
EEEG	Estrutura; Composição florística	0-10 cm: C, N, Ca, Mg, K	N. fina: C, N, Ca, K e Mg	Villela <i>et al.</i> (2006)
Todos*			N. fina e grossa: estoque e respiração	Silva (2013)
Todos*		0-30 e 0-100 cm: estoque de C, N, granulometria e densidade		Pessanha (2019)
Todos*		0-30 e 0-100 cm: Composição isotópica de C e N	N. fina: composição elementar e isotópica de C e N	Cyrino (2021)

#### 4.1.2 Floresta Ombrófila Densa

O segundo tipo florestal abordado é a Floresta Ombrófila Densa (FOD). Os fragmentos utilizados nesse estudo estão inseridos na Área de Preservação Ambiental (APA) da Bacia do Rio São João, a qual abrange os municípios Casimiro de Abreu, Silva Jardim, Araruama, Cabo Frio, Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito e Rio das Ostras, localizados na Baixada Litorânea Fluminense (Figura 3) (ICMBio, 2008). A área abrangida pela APA da Bacia do Rio São João se sobrepõe à área de ocorrência original do mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*), o qual passou a ser apontado como ameaçado de extinção em 1968 (ICMBio, 2008), sendo que a fragmentação da área data principalmente das décadas de 50-70 (CARVALHO et al., 2006). Apesar do histórico de perturbação, os fragmentos da região apresentam importantes características para a conservação (Procópio-de-Oliveira et al., 2008).



**Figura 3** Localização dos fragmentos de Floresta Ombrófila Densa nos municípios de Silva Jardim e Casimiro de Abreu, RJ. 1 = 33,5 ha; 2 = 25,5 ha; 3 = 23,3 ha; 4 = 155 ha; 5 = 2300 ha. Fonte: CYRINO, 2021 - Google Earth, IBGE e ICMBio.

Nessa região foram selecionados cinco fragmentos de diferentes tamanhos: 23,3 ha (Fazenda Estreito), 25,5 ha (Fazenda Afetiva), 33,5 ha

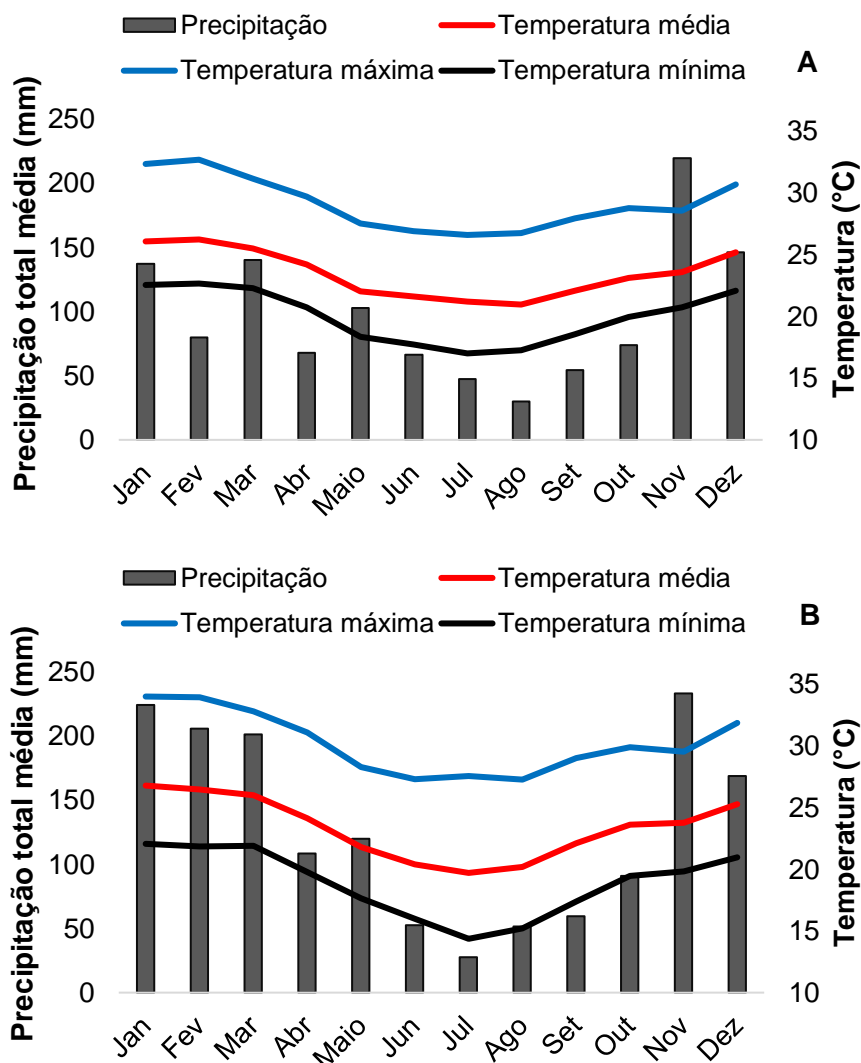


(Vendaval), os quais estão localizados em áreas particulares e ainda sujeitos às pressões antrópicas (PROCÓPIO-DE-OLIVEIRA *et al.*, 2008); 155 ha (Sítio do Professor), o qual é uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN); 2300 ha (Rebio União), considerado o fragmento mais preservado entre os demais selecionados para o estudo (RODRIGUES & NASCIMENTO, 2006). Esses fragmentos se encontram em diferentes estágios sucessionais (CARVALHO *et al.*, 2006; PROCÓPIO-DE-OLIVEIRA *et al.*, 2008) (Tabela 4).

Segundo a classificação proposta por Köppen (1948), o clima predominante nessa região é Aw, quente e úmido, com baixa estacionalidade, sendo que a estação chuvosa se estende de outubro a março e a seca de abril a setembro (DUBREUIL *et al.*, 2015). Segundo dados obtidos pela estação meteorológica do município de Macaé, a mais próxima do fragmento de 2300 ha (Rebio União), a temperatura média anual variou entre 21 e 26 °C considerando o intervalo de tempo entre 2010 e 2019. Já a precipitação total média variou entre 30 e 219 mm no mesmo intervalo de tempo (Figura 4A). Já os dados obtidos pela estação meteorológica do município de Silva Jardim, a mais próxima dos demais fragmentos, demonstram que temperatura média variou entre 20 e 27 °C e a precipitação total mensal média variou entre 27 e 233 mm (Figura 4B).

**Tabela 4** Características gerais dos fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD) estudados. (Fonte: Silva, 2009-Adaptado). \*Lima, 2006.

Fragmento	Coordenadas geográficas	Área (ha)	Matriz circundante	Características	Tipo de solo*
Estreito	22°37'06.97"S 42°27'07.62"O	23,3	Pastos, estrada de 10 m em parte de sua borda. Sem capoeiras em suas bordas.	Vestígios de corte de árvores e arvoretas para provável confecção de cabos para ferramentas e moirões. Fragmento muito impactado no passado pela extração de madeira, palmito e caça. Encontra-se em área particular protegida pelo proprietário.	Gleissolo Háplico a Distrófico moderado*
Afetiva	22°37'55.84"S 42°28'01.19"O	25,5	Pastos, pequena cultura de coco e frutas cítricas, pequena faixa de capoeira em suas bordas.	Vestígios de corte de arvoretas para provável confecção de cabos para ferramentas. Fragmento muito impactado no passado pela extração de madeira, palmito e caça. Encontra-se em área vulnerável à entrada de qualquer pessoa.	Latossolo Amarelo Argissílico distrófico.
Vendaval	22°39'14.71"S 42°27'51.07"O	33,5	Pasto, culturas de frutas cítricas, áreas de capoeira na borda.	Vestígios de corte de arvoretas e árvores. Fragmento muito impactado. Encontra-se em uma área exposta e vulnerável a entrada de qualquer pessoa.	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico.
Sítio do Professor	22°36'39.62"S 42°27'54.87"O	155	Pasto, extensa faixa de capoeira em suas bordas.	Vestígios de corte de palmito, plantas ornamentais rasteiras se alastrando em uma das bordas. Fragmento pouco impactado. Encontra-se bem protegido pelo proprietário há algumas décadas. É uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).	Latossolo Amarelo Distrófico
União	22°25'41S 42°02.08"O	2300	Pasto; área circundada por plantio de Eucalipto <i>Corymbia citriodora</i> .	Fragmento impactado no passado através da extração seletiva de madeira, caça e extração de palmito. Faz parte da área da REBIO União, protegido pelo IBAMA.	Latossolo Vermelho Amarelo



**Figura 4** Precipitação pluviométrica total média (mm) e temperaturas médias, máximas e mínimas (°C) (A) obtidas pela estação meteorológica de Macaé (Código da Estação: A608), entre os anos de 2010 e 2019 e pela (B) Estação de Silva Jardim (Código da Estação: A659), entre os anos de 2016 e 2019. (Dados: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)).

Estudos têm sido realizados nesses fragmentos buscando entender a influência da área de borda e dos diferentes tamanhos dos fragmentos na dinâmica da comunidade vegetal, biomassa e ciclagem de carbono e nutrientes nessa região (Tabela 6). No entanto, assim como para os fragmentos de FEST, o solo só foi analisado até 10 cm de profundidade. A necromassa fina têm sido melhor estudada nesse tipo florestal, no entanto a concentração e o estoque de nutrientes nela, com exceção do N, foi nas mesmas áreas do presente estudo apenas por Silva (2009). Já para a necromassa grossa, assim como para FEST, não existem dados de concentração e estoque de nutrientes (Tabela 6).

**Tabela 5** Estudos realizados sobre aspectos da florística e estrutura da vegetação estoque e ciclagem de nutrientes no solo e na necromassa nas áreas de Floresta Ombrófila Densa (FOD) estudadas no presente trabalho. \*F. Estreito (23,3 ha), F. Afetiva (25,5 ha), F. Vendaval (33,5 ha), Sítio do Professor (155 ha), REBio União (2300 ha).

Localização	Vegetação	Compartimento		Referência
		Solo	Necromassa	
F. Estreito; F. Afetiva; Sítio do Professor	Composição Florística			Carvalho <i>et al.</i> (2006)
F. Estreito; F. Afetiva; F. Vendaval; União	Biomassa			Lima <i>et al.</i> (2008)
Todos*	Estrutura; Composição florística	0-10 cm: C, N, Ca, K, Mg e Na	Estoque de necromassa total	Procópio- de-Oliveira <i>et al.</i> (2008)
Todos*	Folhas de <i>Guarea guidonea</i> : retranslocação de N, P, Ca, K e Mg		N. fina, produção e decomposição (C, N, P, Ca, K, Mg e Na)	Silva (2009)
Todos*	Folhas verdes de <i>Guarea guidonea</i> e <i>Cupania oblongifolia</i> : C, N, K, Mg e Ca			Silva e Villela (2015)
F. Vendaval	Estrutura; Composição florística			Carvalho <i>et al.</i> (2015)
União	Estrutura; Composição florística; Biomassa			Reis (2019)
União		0-10 cm: C, N, Ca, K e Mg	N. fina e grossa: estoque, C, N, Ca, K, Mg e decomposição	Gama (2005)
Todos*		0-10 cm: C, N, P, K, Ca+Mg, Al e granulometria		Lima (2009)
Todos*		Biomassa radicular fina		Lima <i>et al.</i> (2011)
União			Estoque e respiração da N. fina e grossa	Cisneiro (2016)
F. Estreito; F. Afetiva; F. Vendaval; Sítio do Professor			Estoque de n. fina e grossa; Respiração da N. fina e grossa	Cyrino (2018); Oliveira (2018)
Todos*		0-30/100 cm: Estoque e composição isotópica de C e N; granulometria e densidade	Estoque e composição isotópica de C e N na N. fina	Cyrino (2021)

## 4.2 Desenho amostral e coletas

O presente estudo utilizou amostras coletadas em estudos anteriores (Tabela 6) e seguiu o desenho amostral utilizado por Cyrino (2021).

**Tabela 6** Estudos iniciais e períodos de coletas das amostras que foram utilizadas no presente estudo.

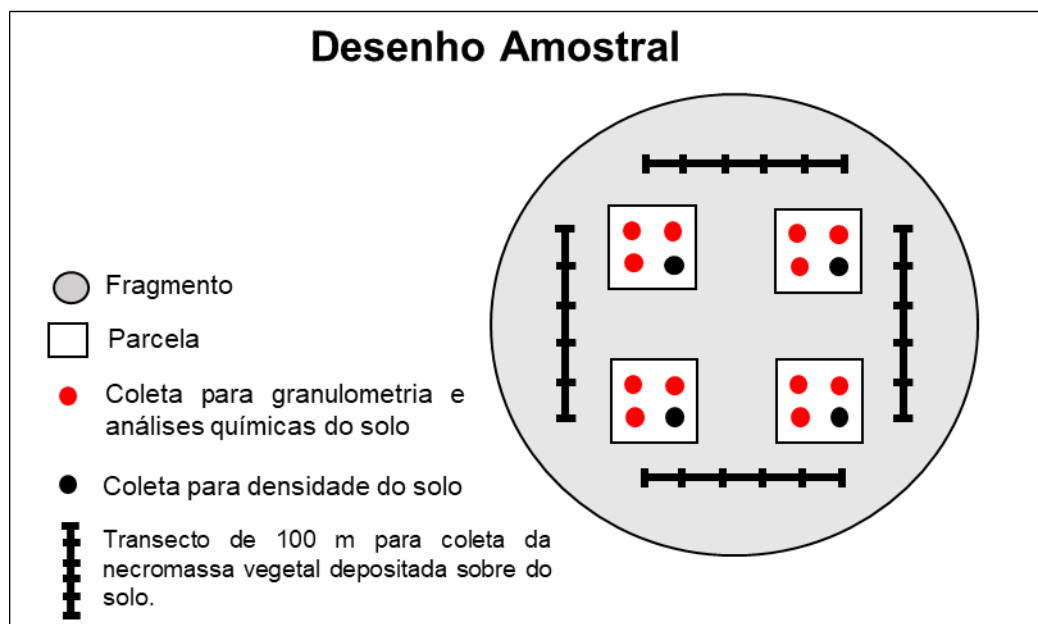
Tipo Florestal	Compartimento	Fragmento	Estudo	Período
<b>FES</b>	Necromassa fina	Todos	Silva (2013)	11/2012-03/2013
	Solo	Todos	Pessanha (2019)	12/2018-04/2019
	Necromassa fina	União	Cisneiro (2016)	08/2015-11/2015
<b>FOD</b>	Necromassa fina	Estreito, Vendaval, Afetiva e Sítio do Professor	Cyrino (2018)	10/2016-04/2017
	Solo	Todos	Cyrino (2021)	03/2018-02/2019

As amostragens de solo foram realizadas em quatro parcelas permanentes (20 x 20 m) alocadas aleatoriamente em cada um dos fragmentos de ambos os tipos florestais (RODRIGUES, 2004; ABREU, 2013; PESSANHA, 2019; CYRINO, 2021) (Apêndice A; B) (Figura 5). Em cada parcela foram coletadas amostras de solo em três pontos aleatórios com o auxílio de um trado do tipo caneco, nas seguintes camadas (cm): 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 (PPBIO-Am, 2015). Em um ponto adicional, foram coletadas amostras com trado indeformado com anel acoplado de volume conhecido para o cálculo de densidade também nas camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm (PPBIO-Am, 2015) (Figura 5). Todas as amostras foram armazenadas em sacos plásticos, identificadas e secas em estufa de circulação a 40 °C por 48 horas.

As coletas de necromassa fina ocorreram em quatro transectos de 100 m em cada fragmento em ambos os tipos florestais, sendo dois alocados de forma aleatória a 10 m da borda e dois no interior, distantes a pelo menos 100m da borda (SILVA, 2013; CISNEIRO, 2016, CYRINO, 2018) (Tabela 6) (Apêndice C; D) (Figura 5).

Ao longo dos 100 m foram feitas seis amostragens de necromassa fina nos pontos: 0 m, 20 m, 40 m, 60 m, 80 m e 100 m (Figura 5). Em cada ponto, a camada

de necromassa fina sobre o solo foi amostrada utilizando o método de quadrats de 0,25 m<sup>2</sup> de área, no qual todo conteúdo presente dentro da área do quadrat era coletado (PROCTOR, 1983; VILLELA et al., 2006; SILVA, 2013; PPBIO-AM, 2015; CISNEIRO, 2016; CYRINO, 2018). O material foi armazenado em sacos de papel, identificados e secos em estufa a 60 °C por 48 horas. As amostras de necromassa fina coletadas foram separadas nas frações folhas, galhos finos (aqueles que possuem menos de 2 cm de diâmetro) e resto, o qual é constituído por partículas em estágios mais avançados de deterioração e material reprodutivo (SILVA, 2013).



**Figura 5** Representação esquemática do desenho amostral para coleta de solos e necromassa para cada fragmento dos dois tipos florestais estudados. A disposição das parcelas e transectos é apenas ilustrativa.

Para as análises de solo, as amostras foram compostas por parcela considerando as diferentes camadas, gerando assim 4 amostras por fragmento de cada camada, cujas médias geraram um resultado por fragmento e dessa forma 5 por tipo florestal. Já para as análises químicas da necromassa, as amostras foram compostas por transecto por meio da união das amostras dos três pontos iniciais (0 m, 20 m e 40 m) e dos três finais (60 m, 80 m, 100 m), conforme Cyrino (2021), gerando duas amostras por transecto. Dessa forma, foram analisadas 8 amostras de cada fração por fragmento ( $n = 5$ ) e 40 por tipo florestal.

### 4.3. Análises Químicas

#### 4.3.1. Solos

A extração de fósforo ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) foi feita pelo método de Mehlich, no qual se adiciona 20 ml de solução extratora a 2 g de amostra, a partir do qual se obtém o extrato a ser analisado após agitação (5 minutos) e filtração. A determinação foi feita no extrato por colorimetria (EMBRAPA, 1997). A extração dos cátions macronutrientes potássio ( $\text{K}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), e micronutrientes – sódio ( $\text{Na}^+$ ), ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), Zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ ), manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ ) e cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ) - do solo foi feita por lixiviação em filtro Whatman nº 44. Nessa metodologia 5 g de solo são lixiviados com cinco sucessivas adições de 10ml de uma solução de acetato de amônia 1M, ajustada a valores de pH médio do solo com ácido acético glacial (ALLEN, 1989). Tais elementos foram determinados no extrato obtido por espectrofotometria de emissão por plasma induzido (ICP/OES-Varian). Os coeficientes de variação entre as réplicas analíticas estão representados na tabela 7.

**Tabela 7** Coeficiente de variação das réplicas das amostras de solo para cada elemento.

Elemento	CV (%)
P	5,92±4,14
Ca	4,52±3,38
Mg	3,35±2,19
K	8,40±9,74
Na	3,98±2,09
Fe	4,12±1,61
Cu	5,42±3,76
Zn	5,19±3,35
Mn	3,89±2,59

#### 4.3.2 Necromassa

As amostras de necromassa fina foram trituradas em moinho de facas, homogeneizadas e maceradas no graal e pistilo. Para a extração dos macronutrientes e micronutrientes: fósforo ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ), ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), Zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ ), manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ ) e cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ), sub-amostras de 0,20g (massa seca) foram transferidas para tubos de digestão e receberam, cada uma, 4,4mL de uma solução digestora preparada com

a mistura de ácido sulfúrico concentrado (350mL), água oxigenada 100 volumes (420mL), selênio metálico (0,42g) e sulfato de lítio monohidratado (14g) (ALLEN, 1989; VILLELA *et al.*, 2006). Posteriormente, as amostras foram digeridas em blocos digestores à 320°C por no mínimo 5 horas e os extratos obtidos foram filtrados e diluídos com água destilada até atingirem o volume de 100mL. A partir desse extrato diluído foi determinada a concentração dos elementos por espectrofotometria de emissão por plasma induzido (ICP/OES-Varian). Os coeficientes de variação médios entre as réplicas analíticas de cada fração estão representados na tabela 8.

**Tabela 8** Coeficiente de variação das réplicas das amostras de necromassa para cada elemento em cada uma das frações estudadas.

Elemento	CV (%)		
	Folha	Galho	Resto
P	7,32±2,35	5,68±2,98	5,64±2,12
Ca	1,76±0,96	1,53±0,54	5,41±2,76
Mg	4,82±2,76	1,45±0,83	8,65±10,08
K	9,37±2,01	6,98±3,75	6,65±3,35
Na	4,68±4,60	8,11±6,34	8,28±4,07
Fe	14,17±6,40	10,75±7,03	6,77±0,80
Cu	2,60±1,98	13,50±6,47	9,64±4,00
Zn	3,72±1,75	5,61±5,20	6,97±2,10
Mn	1,97±1,53	5,60±3,35	4,19±0,36

O percentual de recuperação dos nutrientes através da digestão ácida do padrão internacional de folhas de maçã (NIST 1515) variou entre: 70% (Mn) e 103% (Na) (tabela 9).

**Tabela 9** Valores de recuperação para o material de referência padrão (Padrão de Maçã-NIST 1515).

Elemento	Concentração Padrão (mg/g)	Concentração Observada (mg/g)	Recuperação (%)
K	16,29	16,41±0,67	101
Ca	15,15	12,31±0,63	81
Mg	2,59	1,99±0,21	77
P	1,53	1,30±0,08	85
Na	0,03	0,03±0,06	103
Mn	0,05	0,04±0,002	70
Fe	0,08	0,06±0,01	77
Zn	0,01	0,01±0,002	86
Cu	0,006	0,005±0,001	90



#### 4.4 Cálculo dos estoques

A estimativa de estoque de cada nutriente nas camadas dos solos foi obtida por meio da equação proposta por Ellert e Bettany (1995):

$$EstE = (CE \times DS \times e)10$$

Sendo:

**EstE** = estoque do elemento na camada estudada ( $kg\ ha^{-1}$ );

**CE** = teor do elemento no solo ( $mg\ kg^{-1}$ );

**DS** = densidade do solo da camada estudada ( $Mg\ m^{-3}$ );

**E** = espessura da camada estudada (m).

O cálculo do estoque de nutrientes na necromassa fina acumulada para cada fração (folhas, galhos finos e resto) foi realizado por meio da seguinte equação (VITOUSEK, 1982; CYRINO, 2021):

$$EstENecro = (MSNecro \times TE)10000$$

Sendo:

**EstNecro**: estoque elementar na necromassa ( $kg/ha^{-1}$ );

**MassaSNecro**: massa seca da necromassa ( $Mg/ha^{-1}$ );

**TE**: teor do elemento na necromassa (g/g).

#### 4.5 Análise de dados

Foi realizada análise de variância fatorial (*ANOVA two-way*) para avaliar a concentração e o estoque dos nutrientes no solo em função do tipo florestal, das camadas do solo e da possível interação entre essas variáveis preditoras. Quando não encontrada interação entre as variáveis tipo florestal e camadas do solo, foi realizada a análise de variância simples (*ANOVA One-way*) dos nutrientes em função de cada uma das variáveis preditoras. Havendo diferença estatística, foi realizado o teste *a posteriori* de Tukey (*Tukey HSD*) para identificar os diferentes grupos. A influência do tipo florestal na concentração e estoque de nutrientes em cada fração da necromassa e também na média entre frações foi avaliada por meio do *Teste T* (pacote base, R CORE TEAM, 2022). A variação dos nutrientes entre as frações para

cada tipo florestal foi avaliada por meio de análises de variância simples (*ANOVA One-way*).

Para avaliar o efeito do tamanho do fragmento na concentração e no estoque de nutrientes do solo, foram realizadas regressões lineares com os dados da camada de 0-5 cm e também com a média das camadas entre 0 e 30 cm com o tamanho do fragmento como variável preditora. A diferença da concentração e estoque de nutrientes no solo entre fragmentos em cada camada e na média das camadas de 0-30 cm foi avaliada por meio de análises de variância simples (*ANOVA One-way*) e teste *a posteriori* de Tukey (*Tukey HSD*) para cada tipo florestal. Para avaliar o efeito do tamanho do fragmento na concentração e no estoque de nutrientes do necromassa, foram realizadas regressões lineares com os dados de cada fração e também as médias das frações em função do tamanho do fragmento de cada tipo florestal. A diferença da concentração e estoque de nutrientes no solo entre fragmentos foi avaliada por meio de análises de variância simples (*ANOVA One-way*) e teste *a posteriori* de Tukey (*Tukey HSD*) para cada tipo florestal.

Transformações matemáticas foram aplicadas para que os dados atingissem os pressupostos dos modelos lineares gerais para a análises de variância e regressões lineares. As transformações foram definidas a partir da função de máxima verossimilhança (BOXCOX, pacote MASS; RIPLEY, 2013) e da análise visual dos gráficos diagnósticos dos modelos (normalidade, linearidade, homoscedasticidade e “leverage”).

Análises de componentes principais (PCA) foram realizadas para avaliar as variáveis mais importantes na diferenciação das unidades amostrais quanto aos atributos edáficos (pH, granulometria, densidade aparente, estoque e concentração de nutrientes) e também quanto à concentração e estoque de nutrientes na necromassa vegetal. Análises de correlação foram feitas para avaliar a correlação entre nutrientes do solo (0-10 cm) e da necromassa.

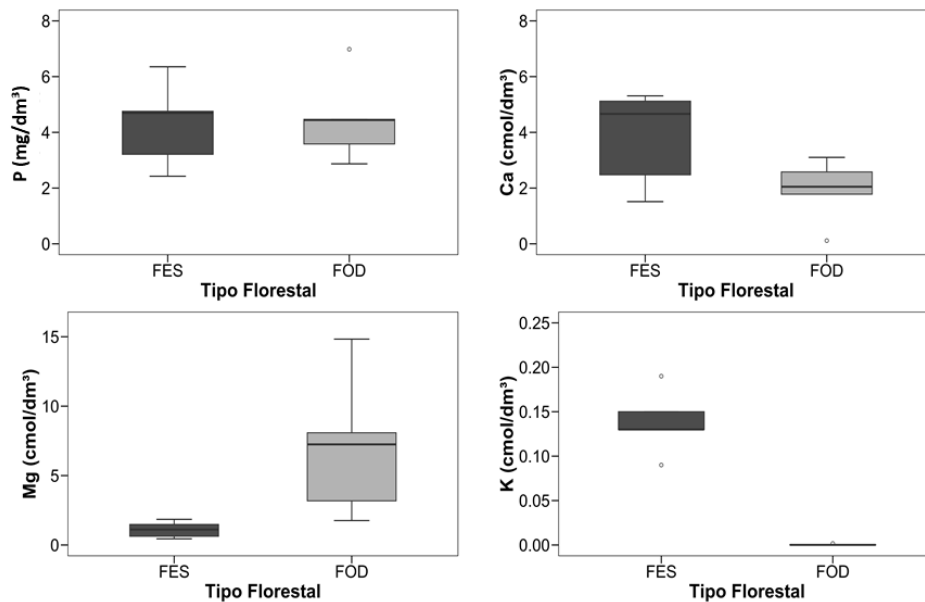
Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa estatístico R (R CORE TEAM, 2022).

## **5. RESULTADOS**

### **5.1 Comparação entre Tipos Florestais**

#### **5.1.1. Solo**

A concentração e o estoque de fósforo disponível no solo foram similares entre os tipos florestais nas quatro camadas estudadas e também na média destas (Figura 6, Tabela 10; Apêndice1). A concentração e o estoque de cálcio e potássio foram maiores em FES do que em FOD considerando a média das camadas (0-30 cm) (Figura 6, Tabela 10; Apêndice 2 e 4). A concentração e o estoque de magnésio foram superiores em FOD (0-30 cm) (Figura 6, Tabela 10; Apêndice 3). A concentração de potássio foi a única a refletir a influência da interação entre tipo florestal e as camadas do solo nos seus valores. No entanto, a concentração e o estoque de potássio também foram maiores em FES do que em FOD. De forma geral, a concentração dos macronutrientes diminuíram com o incremento da profundidade do solo enquanto o estoque permaneceu similar entre as camadas. Nos primeiros 30 cm do solo de FES e FOD são estocados, respectivamente:  $14,3 \pm 4,9$  e  $14,1 \pm 7,7$  kg/ha de fósforo;  $11,7 \pm 8,9$  e  $5,6 \pm 3,8$  kg/ha de cálcio;  $0,460 \pm 0,002$  e  $0,144 \pm 0,003$  kg/ha de potássio;  $3,7 \pm 2,3$  e  $22,2 \pm 16,1$  kg/ha de magnésio.

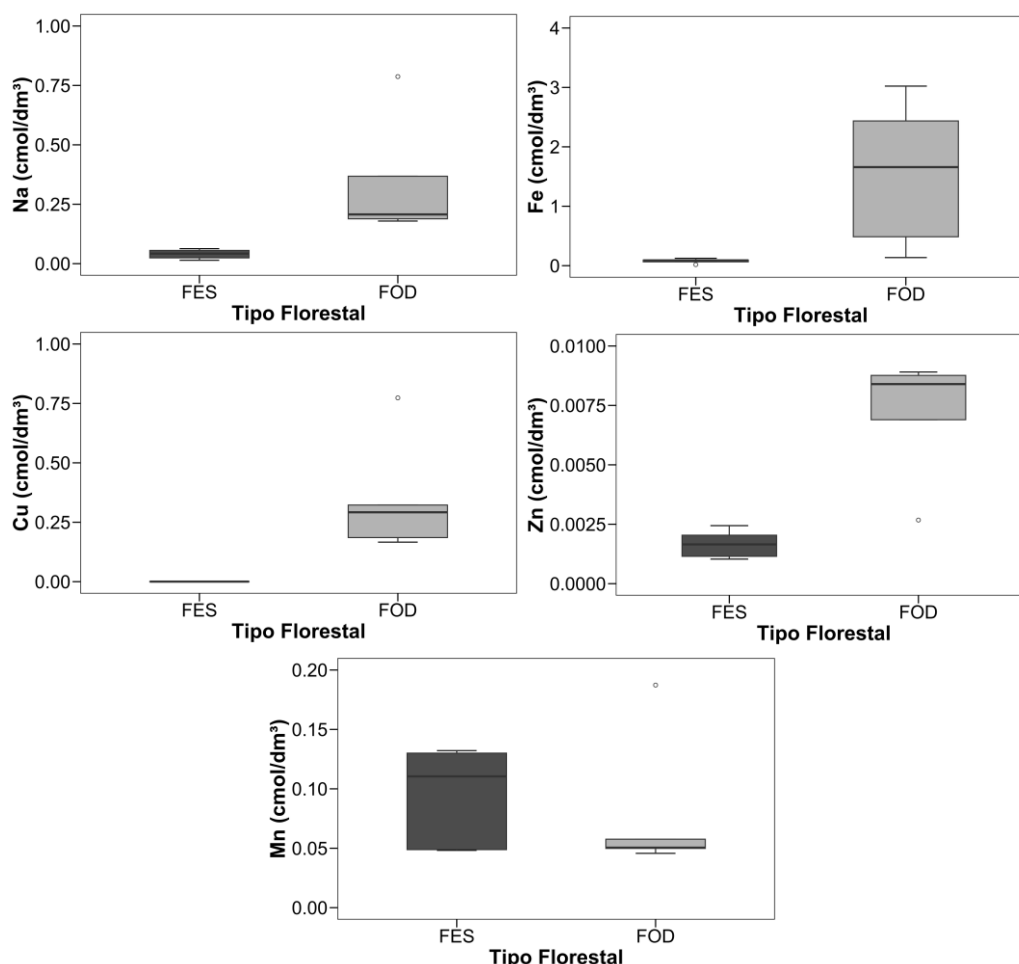


**Figura 6** Concentração (0-30 cm de profundidade) de fósforo, cálcio, magnésio e potássio no solo de dois tipos florestais da Mata Atlântica, RJ. FES=Floresta Estacional Semidecidual; FOD=Floresta Ombrófila Densa.

**Tabela 10** Concentração (mg/dm<sup>3</sup> ou cmol/dm<sup>3</sup>) e estoque (kg/ha) dos macronutrientes do solo de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD) (RJ) nas quatro camadas estudadas (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm) e na média destas camadas (0-30 cm). N=5. Letras minúsculas representam a diferença entre tipo florestal na camada. Letras maiúsculas representam a diferença entre as camadas para cada tipo florestal. \*Variável resposta cuja interação entre as variáveis preditoras Tipo Florestal e Camada do solo foi significativa (ANOVA TWO Way, p<0,05).

Tipo Florestal	P (mg/dm <sup>3</sup> )	P (kg/ha)	Ca (cmol/dm <sup>3</sup> )	Ca (kg/ha)	Mg (cmol/dm <sup>3</sup> )	Mg (kg/ha)	K (cmol/dm <sup>3</sup> )*	K (kg/ha)
<b>0-5 cm</b>								
FES	6,93±3,22aA	3,64±1,5aAB	7,18±5,15aA	3,70±2,54aA	1,74±1,09bA	0,89±0,50bA	0,20±0,08a	0,11±0,04aB
FOD	7,54±3,92aA	3,83±2,03aA	3,02±2,58bA	1,52±1,32bA	7,74±6,91aA	4,21±3,60aA	0,0004±0,0008bc	0,0002±0,0004bA
<b>5-10 cm</b>								
FES	4,57±2,26aB	2,70±1,03aB	3,73±2,87aA	2,65±2,41aA	1,15±0,73bAB	0,69±0,42bA	0,14±0,06ab	0,09±0,03aB
FOD	4,54±1,58aB	2,45±0,91aA	1,98±1,41bA	1,09±0,82bA	7,34±5,48aA	4,11±2,85aA	0,0003±0,0006c	0,0002±0,0003bA
<b>10-20 cm</b>								
FES	3,25±1,41aBC	4,50±1,95aA	1,64±0,95aB	2,94±3,32aA	0,85±0,63bBC	1,15±0,81bA	0,10±0,04b	0,15±0,05aA
FOD	3,11±1,05aC	3,51±1,29bA	1,41±1,02aA	1,60±1,28bA	6,16±4,84aA	7,35±6,13aA	0,0006±0,0015c	0,0006±0,0014bA
<b>20-30 cm</b>								
FES	2,40±0,85aC	3,44±1,08aAB	1,27±0,95aB	2,37±2,81aA	0,68±0,52bC	0,96±0,71bA	0,08±0,03b	0,11±0,04aAB
FOD	2,60±1,03aC	4,27±5,47aA	1,25±0,76aA	1,44±0,90aA	5,54±3,96aA	6,50±4,17aA	0,0004±0,0008c	0,0005±0,0010bA
<b>0-30 cm</b>								
FES	4,29±2,56a	3,57±1,55a	3,50±3,83a	2,92±2,78a	1,09±0,86b	0,92±0,64b	0,14±0,07a	0,11±0,04a
FOD	4,47±2,93a	3,47±3,04a	1,91±1,72b	1,41±1,09b	7,03±5,38a	5,54±4,51a	0,0004±0,0010b	0,0004±0,0009b

Em relação aos micronutrientes, apenas o sódio não apresentou interação entre as variáveis tipo florestal e camada, sendo estas analisadas separadamente. Para os demais micronutrientes, os dados foram interpretados considerando a interação entre as variáveis. De forma geral, considerando a média das quatro camadas estudadas, a concentração e o estoque de Na, Fe, Cu e Zn foram maiores em FOD do que em FES (Figura 7, Tabela 11, Apêndice 5, 6,7,8). A concentração Mn não se diferenciou entre os tipos florestais (Figura 7, Tabela 11, Apêndice 9). Nos primeiros 30 cm de solo de FES e FOD são estocados, respectivamente:  $0,17 \pm 0,16$  e  $1,01 \pm 0,76$  kg/ha de sódio;  $0,31 \pm 0,20$  e  $4,22 \pm 3,74$  kg/ha de ferro;  $0,0007 \pm 0,0006$  e  $0,98 \pm 0,79$  kg/ha de cobre;  $0,005 \pm 0,002$  e  $0,022 \pm 0,009$  kg/ha de zinco;  $0,28 \pm 0,27$  e  $0,25 \pm 0,20$  kg/ha de manganês.



**Figura 7** Concentração (0-30 cm) de sódio, ferro, cobre, zinco e manganês no solo de dois tipos florestais da Mata Atlântica, RJ. FES=Floresta Estacional Semidecidual; FOD=Floresta Ombrófila Densa.

**Tabela 11** Concentração (cmol/dm<sup>3</sup>) e estoque (kg/ha) dos micronutrientes do solo de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD) (RJ) nas quatro camadas estudadas (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm) e na média destas camadas (0-30 cm). N=5. Letras minúsculas representam a diferença entre tipo florestal na camada. Letras maiúsculas representam a diferença entre as camadas para cada tipo florestal. \*Variável resposta cuja interação entre as variáveis predictoras Tipo Florestal e Camada do solo foi significativa (ANOVA TWO Way, p<0,05).

Tipo Florestal	Na	Na (kg/ha)	Fe*	Fe (kg/ha)*	Cu*	Cu (kg/ha)*	Zn*	Zn (kg/ha)*	Mn*	Mn (kg/ha)*
<b>0-5 cm</b>										
FES	0,04±0,03bA	0,02±0,02bB	0,12±0,11c	0,06±0,06c	0,0003±0,0001d	0,0002±0,0001c	0,003±0,001c	0,002±0,000b	0,17±0,11a	0,09±0,07a
FOD	0,57±0,46aA	0,28±0,24aA	2,76±2,41a	2,16±0,27a	0,53±0,30a	0,26±0,16a	0,010±0,005a	0,004±0,002a	0,09±0,07abc	0,05±0,04abc
<b>5-10 cm</b>										
FES	0,04±0,03bA	0,02±0,02bB	0,14±0,12c	0,07±0,06bc	0,0003±0,0001d	0,0002±0,0001c	0,002±0,001c	0,001±0,001b	0,11±0,10ab	0,07±0,07abc
FOD	0,36±0,28aAB	0,19±0,15aA	1,84±1,61ab	1,82±0,35a	0,30±0,13ab	0,17±0,08a	0,007±0,004ab	0,004±0,002a	0,08±0,06bc	0,04±0,03bc
<b>10-20 cm</b>										
FES	0,04±0,04bA	0,05±0,05bAB	0,13±0,1c	0,15±0,10b	0,0004±0,0002d	0,0005±0,0002b	0,001±0,001d	0,001±0,001b	0,06±0,06cd	0,08±0,09abc
FOD	0,26±0,20aB	0,30±0,24aA	1,04±1ab	2,24±0,47a	0,24±0,12bc	0,27±0,14a	0,006±0,003ab	0,007±0,003a	0,07±0,06bc	0,08±0,07abc
<b>20-30 cm</b>										
FES	0,04±0,04bA	0,05±0,06bA	0,1±0,07c	0,12±0,08b	0,0004±0,0003d	0,0005±0,0004b	0,001±0,000d	0,001±0,000b	0,04±0,05d	0,05±0,07c
FOD	0,20±0,12aB	0,24±0,15aA	0,81±0,79b	1,98±0,51a	0,20±0,08c	0,24±0,09a	0,007±0,003b	0,008±0,004a	0,07±0,06bc	0,09±0,07ab
<b>0-30 cm</b>										
FES	0,04±0,03b	0,04±0,04b	0,08±0,07b	0,08±0,07b	0,0002±0,0001b	0,0002±0,0002b	0,002±0,001b	0,001±0,001b	0,17±0,09a	0,07±0,07a
FOD	0,34±0,32a	0,25±0,20a	1,5±1,73a	1,05±0,98a	0,35±0,34a	0,24±0,21a	0,007±0,004a	0,005±0,003a	0,08±0,06a	0,06±0,06a

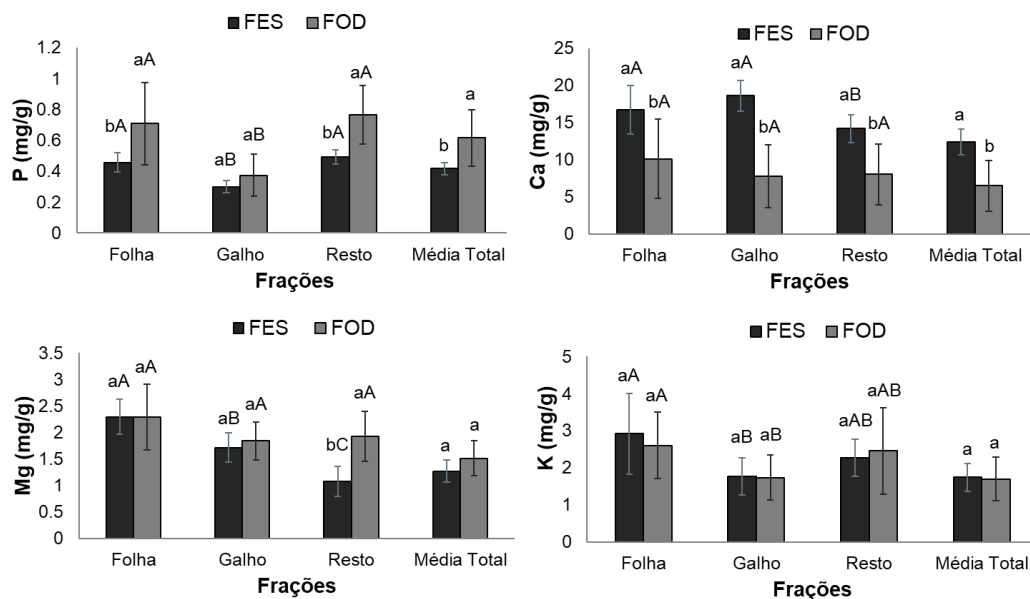
### 5.1.2 Necromassa

A concentração de P foi maior em FOD do que em FES nas frações folhas, resto e também na média das frações, sendo similar entre os tipos florestais na fração galho (Figura 8, Apêndice 10). Nos dois tipos florestais, as frações folha e resto apresentaram concentração maior do que a fração galho (Figura 8, Apêndice 11). No geral, o estoque de P foi similar entre FES e FOD e demonstrou o seguinte padrão entre as frações em ambos tipos florestais: folha>galho>resto (Tabela 12, Apêndice 12, Apêndice 13).

A concentração de cálcio foi maior em FES do que em FOD em todas frações (Figura 8, Apêndice 10). Em FES, as concentrações nas frações folha e galho foram maiores do que a fração resto, enquanto em FOD todas as frações foram semelhantes (Figura 8, Apêndice 11). O estoque de Ca foi maior em FES em todas as frações (Tabela 12, Apêndice 12). Em FES, as frações folha e galho apresentaram estoques maiores do que a fração resto. Já em FOD, o estoque seguiu o seguinte padrão: folha>galho>resto (Tabela 12, Apêndice 13).

A concentração de Mg no geral foi similar entre os tipos florestais, sendo maior em FOD apenas na fração resto (Figura 8, Apêndice 10). Em FES a concentração nas frações seguiu a seguinte ordem: folha> galho> resto. Já em FOD, a concentração foi semelhante entre as frações (Figura 8, Apêndice 11). De forma geral, o estoque de Mg foi maior em FES do que em FOD, sendo inferior apenas na fração resto (Tabela 12, Apêndice 12). Em FES, as frações folha e galho apresentaram estoques maiores do que a fração resto. Já em FOD, o estoque seguiu o seguinte padrão: folha>galho>resto (Tabela 12, Apêndice 13).

A concentração de K foi similar entre FES e FOD em todas as frações (Figura 8, Apêndice 10). Em ambos tipos florestais, a concentração de K foi maior na fração folha do que na fração galho e seguiu a seguinte ordem: folha>resto>galho (Figura 8, Apêndice 11). De forma geral, o estoque de K foi maior em FES do que em FOD, sendo inferior apenas na fração resto (Tabela 12, Apêndice 12). Em relação entre a comparação entre frações, foi observado o seguinte padrão entre as frações em ambos tipos florestais: folha>galho>resto (Tabela 12, Apêndice 13).



**Figura 8** Concentração (mg/g) dos macronutrientes nas diferentes frações de necromassa fina de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), RJ. Letras minúsculas representam a diferença entre tipo florestal na fração (teste t < 0.05). Letras maiúsculas representam a diferença entre as frações para cada tipo florestal (ANOVA oneway, p < 0.05).

**Tabela 12** Estoque (kg/ha) dos macronutrientes nas frações de necromassa fina e na soma dessas frações de fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), RJ. Letras minúsculas representam a diferença entre tipo florestal na fração. Letras maiúsculas representam a diferença entre as frações para cada tipo florestal (ANOVA TWO Way, p < 0,05).

Tipo Florestal	P	Ca	Mg	K
<b>Folha</b>				
FES	1,50±0,44aA	53,19±7,20aA	7,7±2,9aA	9,96±4,88aA
FOD	1,61±0,52aA	23,8±11,7bA	5,3±0,8bA	5,80±1,81bA
<b>Galho</b>				
FES	0,88±0,13aB	54,09±6,34aA	5,2±1,1aA	5,21±1,62aB
FOD	0,66±0,18bB	14,7±10bB	3,4±0,4bB	2,90±1,02bB
<b>Resto</b>				
FES	0,16±0,07aC	4,83±2,66aB	0,4±0,2aB	0,70±0,13aC
FOD	0,29±0,19bC	2,7±1,1bC	0,7±0,2bC	0,84±0,35aC
<b>Necromassa Total</b>				
FES	2,54±0,56a	112,11±8,18a	13,2±3,7a	15,87±6,01a
FOD	2,56±0,68a	41,18±22,0,5b	9,4±0,6b	9,54±2,09b

A concentração de Na foi similar entre os tipos florestais, sendo superior em FOD apenas na fração resto (Figura 9, Apêndice 14). Em ambos tipos florestais as frações foram diferentes, apresentando a seguinte relação: folha>galho>resto (FES) e folha>resto>galho (FOD) (Figura 9, Apêndice 15). De forma geral, o estoque de Na

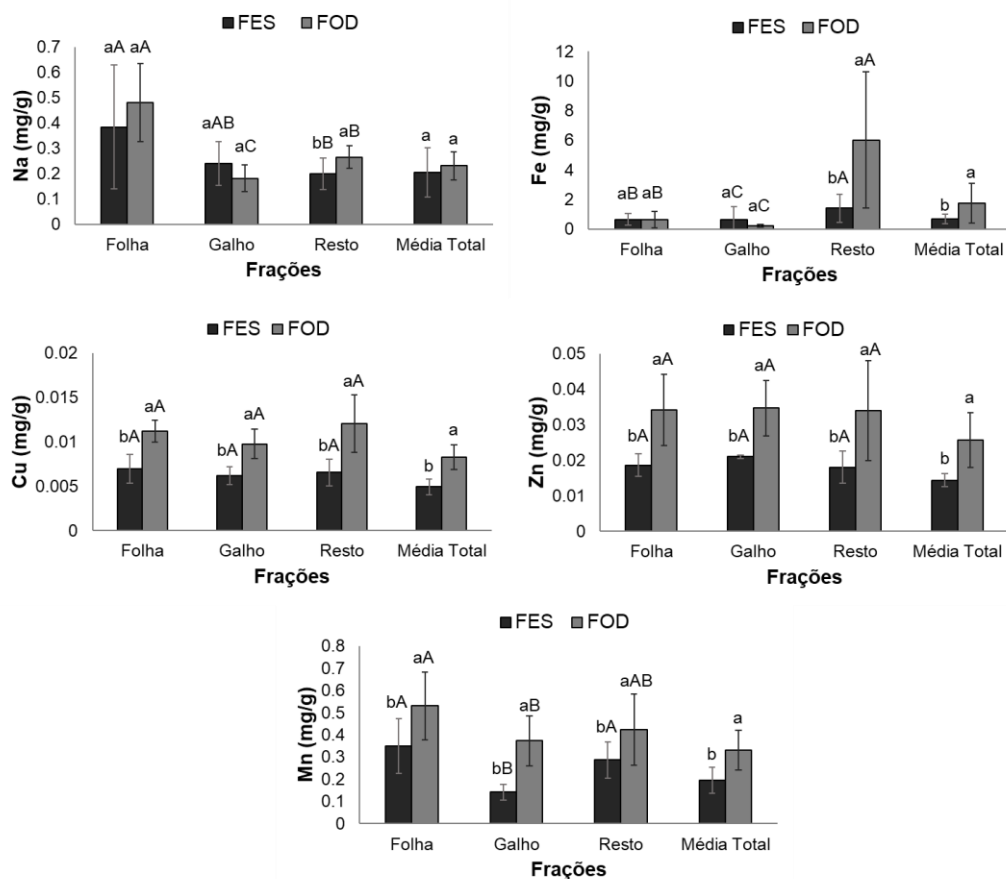


foi similar entre os tipos florestais (Tabela 13, Apêndice 16). Em FES, o estoque foi maior nas frações folha e galho do que na fração resto. Já em FOD, o estoque seguiu o seguinte padrão: folha>galho>resto (Tabela 13, Apêndice 17).

A concentração de Fe foi maior em FOD na fração resto e na média total, enquanto foi similar entre os tipos florestais nas demais frações (Figura 9, Apêndice 14). Em ambos tipos florestais, a concentração de Fe nas frações seguiu a seguinte ordem: resto>folha>galho (Figura 9, Apêndice 15). Em relação ao estoque foi observada uma diferença expressiva apenas na fração resto, cujo valor foi superior em FOD. No entanto, a soma das frações é similar entre os tipos florestais (Tabela 13, Apêndice 16). Em FES foi observado o seguinte padrão nas frações: folha>galho>resto. Já em FOD, as frações folha e resto apresentaram valores superiores do que a fração galho (Tabela 13, Apêndice 17).

As concentrações de Cu e Zn apresentaram o mesmo padrão do Fe, sendo maior em FOD do que em FES em todas as frações (Figura 9, Apêndice 14) e também similar entre as frações em ambos tipos florestais (Figura 9, Apêndice 15). O estoque de Cu foi similar entre os tipos florestais (Tabela 13, Apêndice 16). Em FES, o estoque de folha e galho foram maiores do que o estoque na fração resto. Já em FOD foi observado o seguinte padrão: folha>galho>resto (Tabela 13, Apêndice 17). O estoque de Zn foi maior em FES do que em FOD (Tabela 13, Apêndice 16). No entanto, entre as frações foi observado o mesmo padrão que o estoque de Cu (Tabela 13, Apêndice 17).

A concentração de Mn também foi maior em FOD do que em FES em todas as frações (Figura 9, Apêndice 14), no entanto, em ambos tipos florestais, a concentração na fração galho foi menor do que nas demais frações (Figura 9, Apêndice 15). No geral, o estoque de Mn foi similar entre os tipos florestais em todas as frações (Tabela 13, Apêndice 16). Em ambos tipos florestais, foi observado o seguinte padrão de estoque de Mn entre as frações: folha>galho>resto (Tabela 13, Apêndice 17).



**Figura 9** Concentração (cmol/dm<sup>3</sup>) dos micronutrientes nas diferentes frações de serrapilheira fina de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), RJ. Letras minúsculas representam a diferença entre tipo florestal na fração (teste t <0.05). Letras maiúsculas representam a diferença entre as frações para cada tipo florestal (Anova one way, p<0.05).

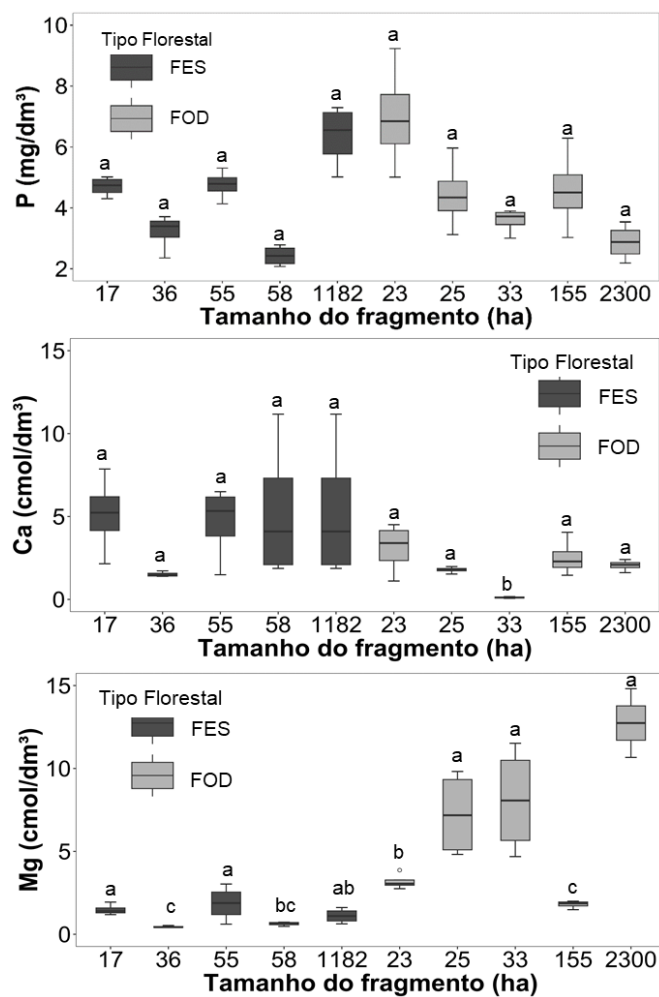
**Tabela 13** Estoque (kg/ha) dos micronutrientes nas frações de necromassa e na necromassa total de fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), RJ. Letras minúsculas representam a diferença entre tipo florestal na fração. Letras maiúsculas representam a diferença entre as frações para cada tipo florestal (ANOVA TWO Way, p<0,05).

Tipo Florestal	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
<b>Folha</b>					
FES	1,31±0,95aA	2,09±1,43aA	0,02±0,0004aA	0,59±0,08aA	1,14±0,48aA
FOD	1,12±0,39aA	1,55±1,52aA	0,03±0,003aA	0,08±0,02bA	1,21±0,34aA
<b>Galho</b>					
FES	0,75±0,37aA	0,69±0,23aB	0,018±0,002aA	0,06±0,009aB	0,40±0,11bB
FOD	0,30±0,09bB	0,36±0,16bB	0,018±0,004aB	0,06±0,014aA	0,66±0,19aB
<b>Resto</b>					
FES	0,06±0,02bB	0,42±0,22bC	0,002±0,001bB	0,006±0,004bC	0,09±0,04aC
FOD	0,10±0,06aC	2,91±3,21aA	0,004±0,001aC	0,012±0,0005aB	0,15±0,03bC
<b>Necromassa Total</b>					
FES	2,11±1,31a	3,20±1,70a	0,04±0,005a	0,66±0,07a	1,63±0,18a
FOD	1,53±0,51a	4,82±4,46a	0,05±0,005a	0,15±0,02b	2,02±0,24a

## 5.2 Comparação entre Fragmentos

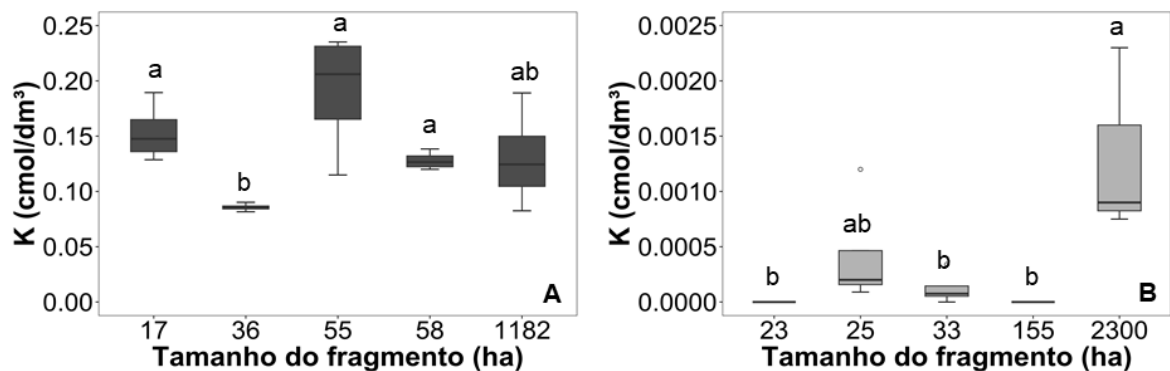
### 5.2.1 Solos

Não foi encontrada relação entre a concentração de nutrientes e o tamanho dos fragmentos em FES ou FOD (Apêndice 18). No entanto, foram observadas algumas diferenças entre os fragmentos. Em FES, considerando a média das camadas de 0-30 cm, a concentração de P foi maior no maior fragmento (1182 ha), seguido pelo menor fragmento (17 ha) e o de 55 ha, e então pelos fragmentos de 36 e 58 ha (Figura 10, Apêndice 19). O mesmo padrão foi observado para a concentração em cada camada (Apêndice 20 e 21). Ao contrário, em FOD, o maior fragmento (2300 ha) apresentou as menores concentrações de P, enquanto o menor fragmento (23,3 ha) e o de 155 ha apresentaram as maiores concentrações (Figura 10, Apêndice 22, 23 e 24).



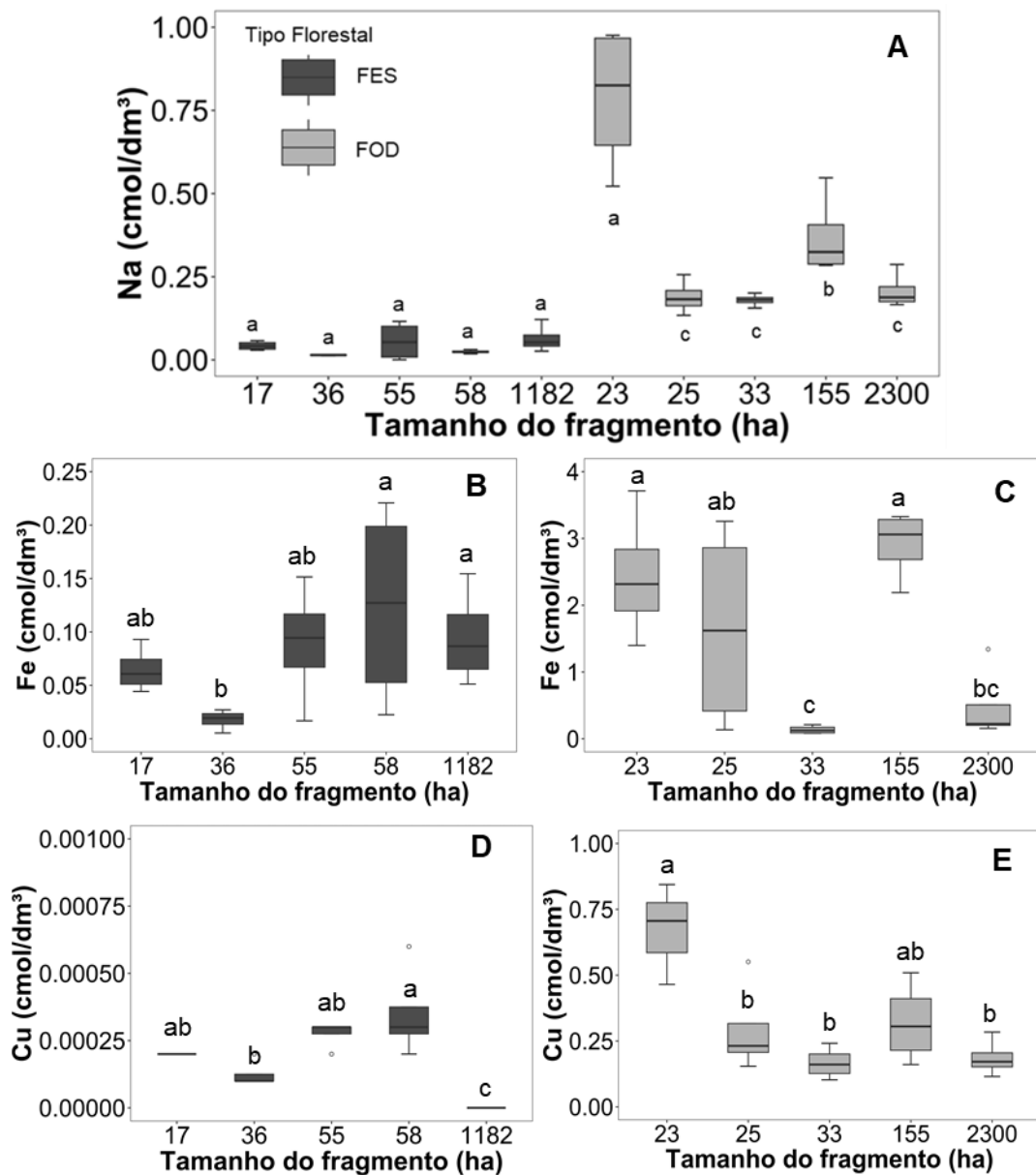
**Figura 10** Concentração (0-30 cm de profundidade) de fósforo, cálcio e magnésio em fragmentos de diferentes tamanhos de Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. Letras diferentes representam diferença estatística entre fragmentos de cada tipo florestal.

Não foi observada diferença entre fragmentos de FES em relação à concentração de Ca no solo, (Figura 10, Apêndice 19, 20 e 21). As concentrações de Mg foram menores no fragmento de 36 ha de FES e de forma geral os demais fragmentos apresentaram concentrações semelhantes entre si (Figura 10, Apêndice 19, 20 e 21). O mesmo padrão foi observado para a concentração de K (Figura 11, Apêndice 19, 20 e 21). Em FOD, o fragmento de 33 há apresentou a menor concentração de Ca enquanto os demais fragmentos apresentaram concentrações semelhantes entre si (Figura 10, Apêndice 22, 23 e 24). No mesmo tipo florestal, foi observada maior concentração de Mg para os fragmentos de 25, 33 há e 2300 há (Figura 10, Apêndice 22, 23 e 24). Em relação ao K, o fragmento apresentou concentrações de K maiores do que os fragmentos de 25 e 33 ha, enquanto nos fragmentos de 23 e 155 ha não foi detectado K no solo (Figura 11, Apêndice 22, 23 e 24).



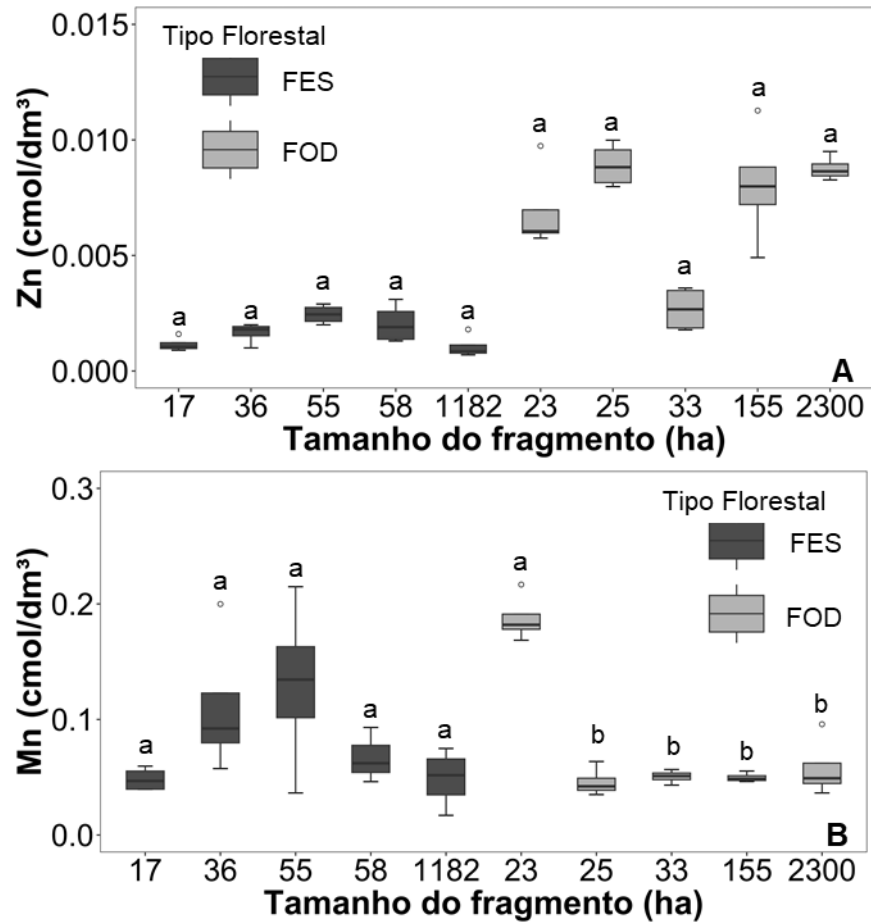
**Figura 11** Concentração (0-30 cm) de potássio em fragmentos de diferentes tamanhos de (A) Floresta Estacional Semidecidual (FES) e (B) Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. Letras diferentes representam diferença estatística entre fragmentos de cada tipo florestal.

Em relação aos micronutrientes, os fragmentos de FES apresentaram concentração de Na semelhantes entre si. Não foi detectado cobre no solo do fragmento de 1182 ha e entre os demais fragmentos, o 36 ha foi que o apresentou tendência de ter a menor concentração (Figura 12, Apêndice 19, 20, 25). Nos fragmentos de FOD, o fragmento de 23 ha apresentou a maior concentração de Na, seguido pelo fragmento de 155 ha e então os fragmentos de 23, 25 e 2300 há de FOD. De forma geral, os fragmentos de 33 e 2300 ha apresentaram concentrações de Fe mais baixas do que os demais fragmentos. Em relação ao Cu, o fragmento de 23 há apresentou concentração semelhante ao de 155 ha e superior aos demais fragmentos (Figura 12, Apêndice 22, 23, 26).



**Figura 12** Concentração (0-30 cm) de (A) sódio, (B e C) ferro e (D e E) cobre nos solos de fragmentos de diferentes tamanhos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. Letras diferentes representam diferença estatística em fragmentos de cada tipo florestal.

Nos fragmentos FES não foi observada diferença entre os fragmentos de FES (Figura 13, Apêndice 19, 20, 25) pra as concentrações de Zn e Mn. Nos fragmentos de FOD, a concentração de Mn foi maior no fragmento de 23 ha e similar entre os demais fragmentos (Figura 12, Apêndice 22, 23, 26).



**Figura 13** Concentração (0-30 cm) de (A) zinco, e (B) manganês no solo em fragmentos de diferentes tamanhos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. Letras diferentes representam diferença estatística entre os fragmentos de cada tipo florestal.

De forma geral, os estoques dos nutrientes no solo demonstraram a mesma variação entre fragmentos do que a apresentada pela concentração em FES (Tabela 14, Apêndice 27) e FOD (Tabela 15, Apêndice 28), não apresentando nenhum padrão relacionado ao tamanho destes.

**Tabela 14** Estoques (kg/ha) de nutrientes do solo (0-30 cm de profundidade) em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Letras diferentes representam diferenças estatísticas entre os fragmentos para cada nutriente (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

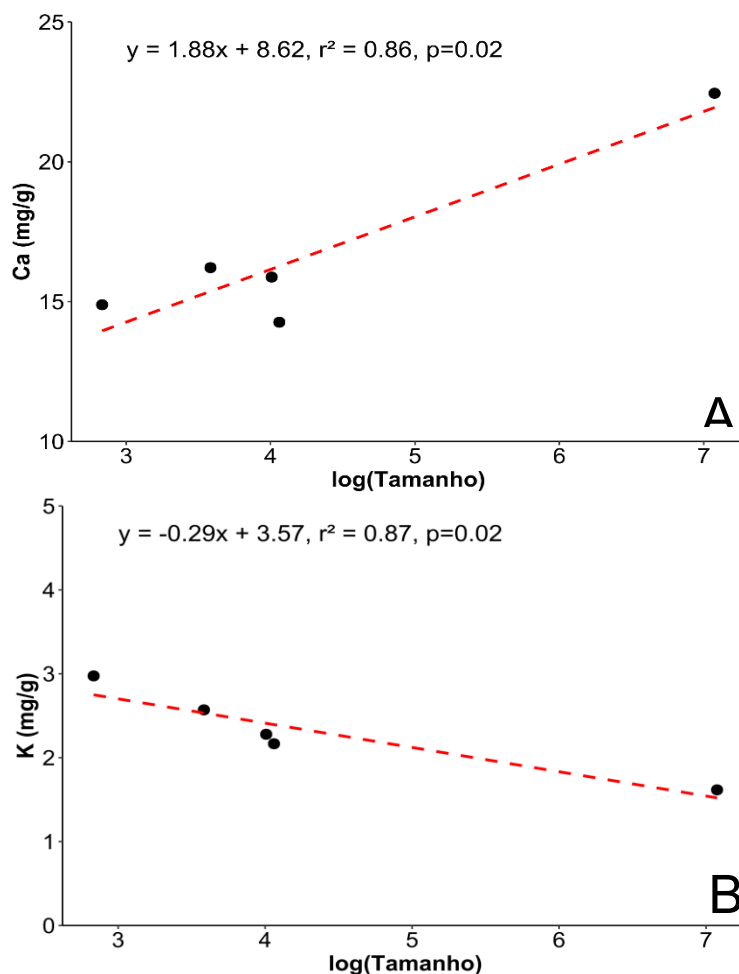
Estoque (kg/ha)	Fragmentos de FES (ha)				
	17	36	55	58	1182
P	16,99±1,58 <sup>ab</sup>	12,63±2,75 <sup>b</sup>	14,45±1,70 <sup>ab</sup>	7,47±0,76 <sup>c</sup>	19,91±4,60 <sup>a</sup>
Ca	17,39±10,66 <sup>a</sup>	5,23±0,79 <sup>a</sup>	12,69±6,22 <sup>a</sup>	7,03±3,65 <sup>a</sup>	15,99±13,62 <sup>a</sup>
Mg	5,27±1,61 <sup>a</sup>	1,70±0,40 <sup>b</sup>	5,87±3,06 <sup>a</sup>	1,96±0,60 <sup>b</sup>	3,64±1,83 <sup>ab</sup>
K	0,56±0,10 <sup>a</sup>	0,33±0,04 <sup>b</sup>	0,59±0,16 <sup>a</sup>	0,40±0,04 <sup>ab</sup>	0,42±0,16 <sup>ab</sup>
Na	0,27±0,19 <sup>a</sup>	0,06±0,01 <sup>a</sup>	0,19±0,19 <sup>a</sup>	0,09±0,01 <sup>a</sup>	0,27±0,19 <sup>a</sup>
Fe	0,31±0,12 <sup>ab</sup>	0,08±0,05 <sup>b</sup>	0,32±0,18 <sup>ab</sup>	0,41±0,29 <sup>ab</sup>	0,42±0,17 <sup>a</sup>
Cu	0,001±0,0001 <sup>ab</sup>	0,001±0,0002 <sup>b</sup>	0,001±0,0001 <sup>a</sup>	0,0013±0,0008 <sup>a</sup>	0,00002±0,00003 <sup>a</sup>
Zn	0,004±0,001 <sup>a</sup>	0,006±0,002 <sup>a</sup>	0,007±0,002 <sup>a</sup>	0,006±0,003 <sup>a</sup>	0,003±0,002 <sup>a</sup>
Mn	0,15±0,04 <sup>a</sup>	0,4±0,27 <sup>a</sup>	0,38±0,26 <sup>a</sup>	0,40±0,47 <sup>a</sup>	0,13±0,07 <sup>a</sup>

**Tabela 15** Estoques (kg/ha) de nutrientes no solo (0-30 cm de profundidade) em fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD). Letras diferentes representam diferenças estatísticas entre os fragmentos para cada nutriente (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Estoque (kg/ha)	Fragmentos de FOD (ha)				
	23,3	25,5	33,5	155	2300
P	20,11±4,66 <sup>a</sup>	11,99±3,33 <sup>ab</sup>	10,88±2,58 <sup>ab</sup>	18,87±13,89 <sup>ab</sup>	8,41±2,08 <sup>b</sup>
Ca	8,37±4,82 <sup>a</sup>	5,53±1,04 <sup>a</sup>	0,31±0,10 <sup>b</sup>	7,44±2,63 <sup>a</sup>	6,56±2,38 <sup>a</sup>
Mg	10,97±1,03 <sup>bc</sup>	22,84±9,26 <sup>ab</sup>	25,84±12,50 <sup>a</sup>	5,98±0,95 <sup>c</sup>	45,24±12,16 <sup>a</sup>
K	nd	0,002±0,002 <sup>ab</sup>	0,0004±0,0005 <sup>b</sup>	nd	0,006±0,003 <sup>a</sup>
Na	2,26±0,72 <sup>a</sup>	0,51±0,08 <sup>c</sup>	0,54±0,08 <sup>c</sup>	1,10±0,40 <sup>ab</sup>	0,65±0,29 <sup>bc</sup>
Fe	6,91±3,26 <sup>ab</sup>	3,95±3,57 <sup>abc</sup>	0,38±0,14 <sup>c</sup>	8,20±1,29 <sup>a</sup>	1,65±2,10 <sup>bc</sup>
Cu	2,20±0,95 <sup>a</sup>	0,75±0,31 <sup>b</sup>	0,44±0,13 <sup>b</sup>	0,93±0,44 <sup>ab</sup>	0,57±0,32 <sup>b</sup>
Zn	0,020±0,005 <sup>a</sup>	0,027±0,004 <sup>a</sup>	0,008±0,002 <sup>b</sup>	0,025±0,009 <sup>a</sup>	0,028±0,009 <sup>a</sup>
Mn	0,61±0,15 <sup>a</sup>	0,13±0,03 <sup>b</sup>	0,16±0,03 <sup>b</sup>	0,16±0,01 <sup>b</sup>	0,18±0,06 <sup>b</sup>

### 5.2.2. Necromassa

As únicas relações significativas entre nutrientes na necromassa e tamanho do fragmento foram observadas em FES. A concentração de Ca na fração folhas de FES apresentou relação positiva com o tamanho do fragmento (Figura 14A, Apêndice 29), enquanto K (Figura 14B, Apêndice 29) apresentou relação negativa com o tamanho do fragmento (Apêndice 29 e 30).



**Figura 14** Regressões lineares: concentração de cálcio na fração folha em função do tamanho dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (A); concentração de K da necromassa total em função do tamanho dos fragmentos Floresta Estacional Semidecidual (B), RJ.

No geral, a concentração de nutrientes na necromassa foi similar entre os fragmentos de FES, sendo observadas apenas diferenças pontuais (Tabela 16, Apêndice 31). Nos fragmentos de FOD, a concentração de P foi superior no fragmento de 23,3 ha, inferior no fragmento de 2300 ha e intermediária nos demais fragmentos. A concentração de Ca foi superior nos fragmentos de 23,5



e 155 do que nos demais fragmentos. As concentrações de Mg e K foram maiores no fragmento de 23,3 do que nos fragmentos de 33,5 e 2300 ha. A concentração de Fe foi maior nos fragmentos de 33 e 2300 há e menor no fragmento de 25 há. A concentração de Na foi menor no fragmento de 155 ha do que nos demais. As concentrações Cu, Zn e Mn apresentaram diferenças pontuais entre os fragmentos (Tabela 17, Apêndice 32).

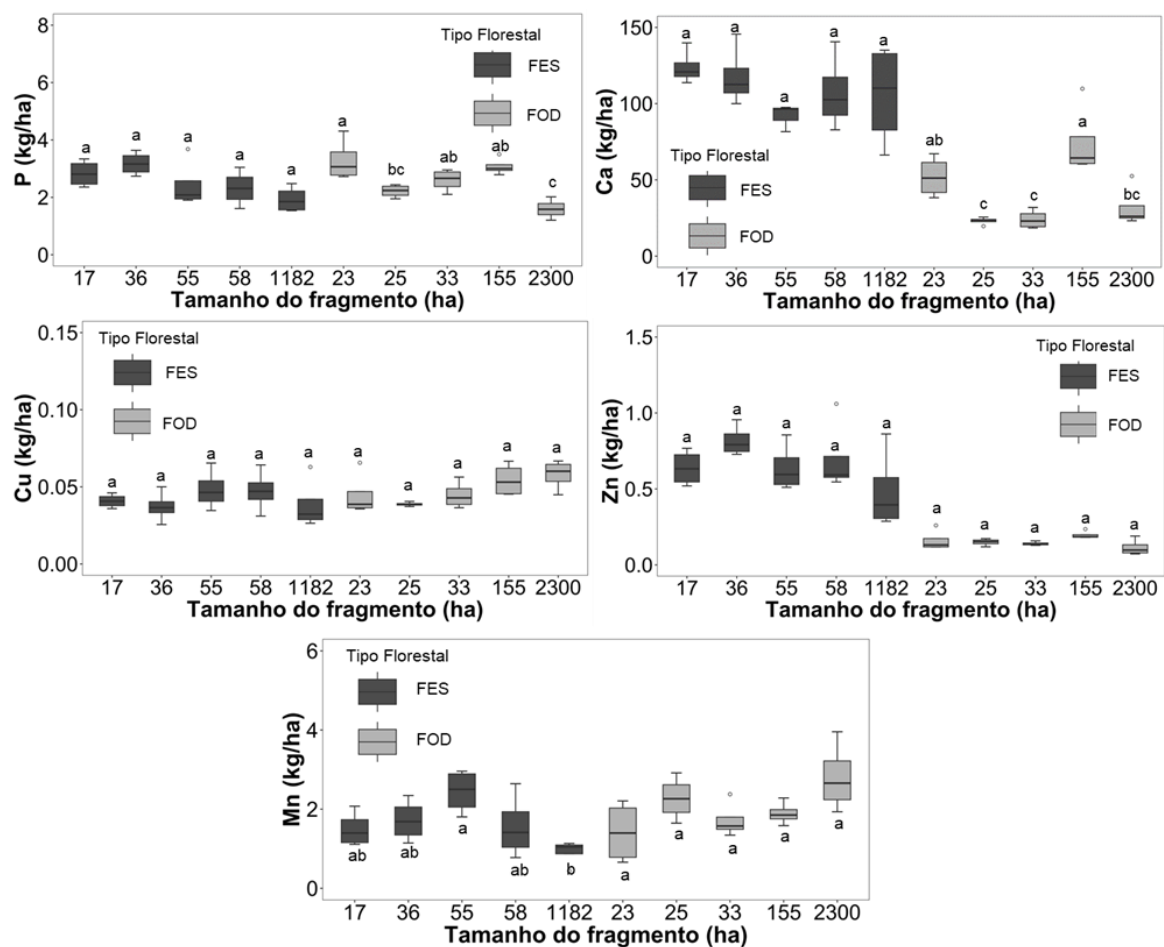
**Tabela 16** Concentração dos nutrientes (mg/g) em cada fração da necromassa e na média destas para cada fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (FES). Letras diferentes representam a diferença entre fragmentos para cada fração da necromassa (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Fragmentos (ha)	P	Ca	Mg	K	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
	<b>Folha</b>								
17	0,44±0,07 <sup>abc</sup>	14,89±1,04 <sup>b</sup>	2,48±0,08 <sup>a</sup>	4,59±1,66 <sup>a</sup>	0,77±0,53 <sup>a</sup>	0,37±0,10 <sup>a</sup>	0,006±0,001 <sup>ab</sup>	0,015±0,002 <sup>a</sup>	0,25±0,04 <sup>a</sup>
36	0,54±0,05 <sup>a</sup>	16,22±1,17 <sup>b</sup>	2,72±0,83 <sup>a</sup>	2,83±0,50 <sup>ab</sup>	0,28±0,04 <sup>ab</sup>	0,36±0,10 <sup>a</sup>	0,005±0,001 <sup>a</sup>	0,020±0,004 <sup>ab</sup>	0,34±0,16 <sup>a</sup>
55	0,43±0,03 <sup>bc</sup>	15,88±0,72 <sup>b</sup>	2,35±0,23 <sup>a</sup>	2,15±0,002 <sup>ab</sup>	0,25±0,03 <sup>ab</sup>	0,78±0,13 <sup>ab</sup>	0,008±0,001 <sup>b</sup>	0,017±0,003 <sup>ab</sup>	0,56±0,17 <sup>a</sup>
58	0,38±0,06 <sup>c</sup>	14,27±1,37 <sup>b</sup>	2,06±0,31 <sup>a</sup>	3,22±1,92 <sup>ab</sup>	0,47±0,35 <sup>ab</sup>	1,27±0,83 <sup>b</sup>	0,007±0,002 <sup>ab</sup>	0,017±0,003 <sup>ab</sup>	0,29±0,12 <sup>a</sup>
1182	0,50±0,04 <sup>ab</sup>	22,45±4,16 <sup>a</sup>	1,88±0,35 <sup>a</sup>	1,81±0,51 <sup>b</sup>	0,15±0,03 <sup>b</sup>	0,41±0,16 <sup>ab</sup>	0,009±0,003 <sup>b</sup>	0,023±0,004 <sup>b</sup>	0,30±0,13 <sup>a</sup>
<b>Galho</b>									
17	0,31±0,01 <sup>a</sup>	18,55±0,67 <sup>ab</sup>	1,86±0,15 <sup>a</sup>	1,97±0,26 <sup>ab</sup>	0,36±0,23 <sup>a</sup>	2,18±0,06 <sup>ab</sup>	0,005±0,0003 <sup>b</sup>	0,021±0,003 <sup>a</sup>	0,14±0,03 <sup>a</sup>
36	0,35±0,04 <sup>a</sup>	19,83±3 <sup>ab</sup>	2,06±0,35 <sup>a</sup>	2,34±0,39 <sup>a</sup>	0,19±0,03 <sup>a</sup>	0,21±0,05 <sup>ab</sup>	0,006±0,001 <sup>ab</sup>	0,021±0,003 <sup>a</sup>	0,14±0,05 <sup>a</sup>
55	0,29±0,02 <sup>ab</sup>	18,04±1,73 <sup>ab</sup>	1,79±0,17 <sup>a</sup>	1,92±0,17 <sup>ab</sup>	0,17±0,03 <sup>a</sup>	0,40±0,06 <sup>b</sup>	0,007±0,001 <sup>a</sup>	0,021±0,001 <sup>a</sup>	0,20±0,05 <sup>a</sup>
58	0,24±0,01 <sup>b</sup>	15,59±2,04 <sup>b</sup>	1,43±0,15 <sup>b</sup>	1±0,22 <sup>c</sup>	0,31±0,14 <sup>a</sup>	0,19±0,04 <sup>a</sup>	0,006±0,001 <sup>ab</sup>	0,021±0,004 <sup>a</sup>	0,12±0,02 <sup>a</sup>
1182	0,30±0,05 <sup>ab</sup>	21,02±1,95 <sup>a</sup>	1,43±0,09 <sup>b</sup>	1,6±0,28 <sup>b</sup>	0,18±0,05 <sup>a</sup>	0,20±0,05 <sup>ab</sup>	0,007±0,001 <sup>ab</sup>	0,020±0,003 <sup>a</sup>	0,11±0,04 <sup>a</sup>
<b>Resto</b>									
17	0,48±0,02 <sup>a</sup>	13,36±0,82 <sup>a</sup>	1,22±0,21 <sup>a</sup>	2,37±0,25 <sup>a</sup>	0,30±0,11 <sup>a</sup>	0,88±0,08 <sup>ab</sup>	0,005±0,0001 <sup>a</sup>	0,015±0,0004 <sup>a</sup>	0,21±0,02 <sup>a</sup>
36	0,47±0,07 <sup>a</sup>	13,90±2,60 <sup>a</sup>	1,45±0,62 <sup>a</sup>	2,53±0,74 <sup>a</sup>	0,19±0,02 <sup>a</sup>	0,64±0,42 <sup>b</sup>	0,007±0,001 <sup>a</sup>	0,019±0,004 <sup>a</sup>	0,27±0,14 <sup>a</sup>
55	0,55±0,19 <sup>a</sup>	14,17±1,65 <sup>a</sup>	0,88±0,45 <sup>a</sup>	2,76±0,82 <sup>a</sup>	0,16±0,02 <sup>a</sup>	2,45±0,94 <sup>a</sup>	0,008±0,002 <sup>a</sup>	0,015±0,006 <sup>a</sup>	0,42±0,21 <sup>a</sup>
58	0,43±0,05 <sup>a</sup>	12,28±1,27 <sup>a</sup>	0,72±0,22 <sup>a</sup>	2,27±0,18 <sup>ab</sup>	0,21±0,13 <sup>a</sup>	2,46±1 <sup>a</sup>	0,005±0,002 <sup>a</sup>	0,016±0,004 <sup>a</sup>	0,24±0,12 <sup>a</sup>
1182	0,53±0,13 <sup>a</sup>	17,24±4,78 <sup>a</sup>	1,12±0,40 <sup>a</sup>	1,44±0,29 <sup>b</sup>	0,14±0,02 <sup>a</sup>	0,66±0,2 <sup>b</sup>	0,008±0,002 <sup>a</sup>	0,026±0,005 <sup>a</sup>	0,29±0,18 <sup>a</sup>
<b>Média</b>									
17	0,41±0,09 <sup>a</sup>	11,70±2,67 <sup>b</sup>	1,39±0,63 <sup>ab</sup>	2,23±1,41 <sup>a</sup>	0,36±0,26 <sup>a</sup>	0,86±0,93 <sup>b</sup>	0,004±0,001 <sup>a</sup>	0,013±0,003 <sup>a</sup>	0,15±0,06 <sup>a</sup>
36	0,46±0,10 <sup>ab</sup>	12,49±2,99 <sup>ab</sup>	1,56±0,64 <sup>a</sup>	1,93±0,25 <sup>a</sup>	0,16±0,05 <sup>a</sup>	0,30±0,22 <sup>b</sup>	0,005±0,001 <sup>a</sup>	0,015±0,001 <sup>a</sup>	0,19±0,10 <sup>a</sup>
55	0,43±0,13 <sup>ab</sup>	12,02±1,94 <sup>ab</sup>	1,26±0,74 <sup>ab</sup>	1,71±0,44 <sup>a</sup>	0,14±0,05 <sup>a</sup>	0,91±1,09 <sup>a</sup>	0,006±0,0002 <sup>a</sup>	0,013±0,003 <sup>a</sup>	0,30±0,18 <sup>a</sup>
58	0,35±0,10 <sup>b</sup>	10,53±1,66 <sup>b</sup>	1,05±0,67 <sup>b</sup>	1,62±1,11 <sup>ab</sup>	0,25±0,14 <sup>a</sup>	0,98±1,13 <sup>a</sup>	0,005±0,001 <sup>a</sup>	0,013±0,003 <sup>a</sup>	0,16±0,08 <sup>a</sup>
1182	0,44±0,12 <sup>ab</sup>	15,18±2,69 <sup>a</sup>	1,11±0,38 <sup>ab</sup>	1,21±0,18 <sup>b</sup>	0,12±0,02 <sup>a</sup>	0,32±0,23 <sup>b</sup>	0,006±0,001 <sup>a</sup>	0,017±0,003 <sup>a</sup>	0,18±0,11 <sup>a</sup>

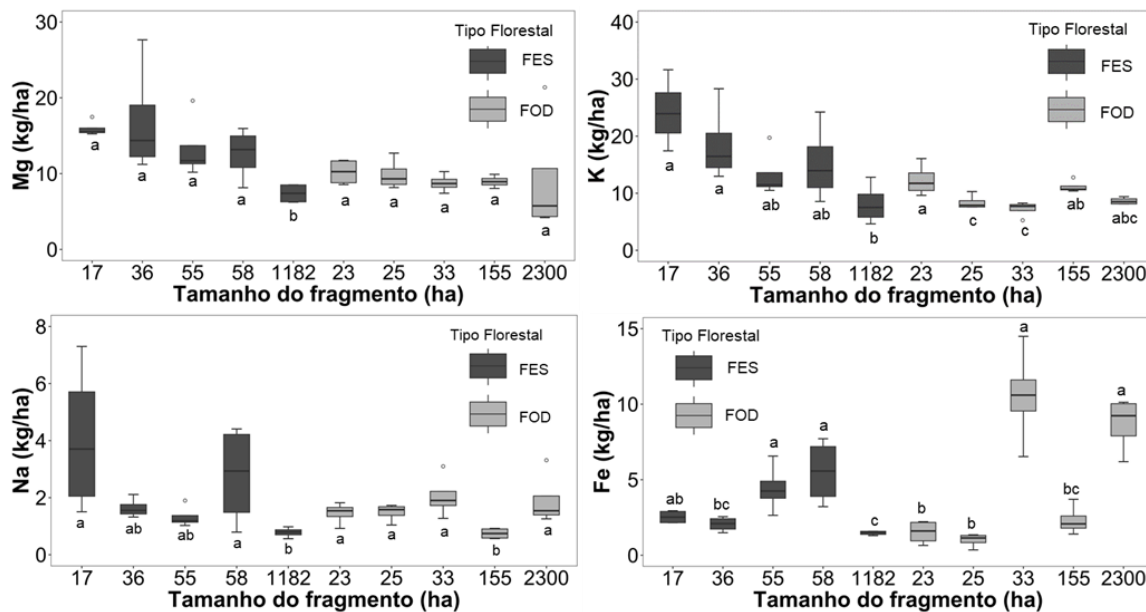
**Tabela 17** Concentração dos nutrientes (mg/g) em cada fração da necromassa e na média destas para cada fragmento de Floresta Ombrófila Densa (FOD). Letras diferentes representam a diferença entre fragmentos para cada fração da necromassa (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Fragmentos (ha)	P	Ca	Mg	K	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	
	<b>Folha</b>									
<b>23,3</b>	1,08±0,36 <sup>a</sup>	15,97±5,12 <sup>a</sup>	3,01±0,56 <sup>a</sup>	4,05±1,30 <sup>a</sup>	0,53±0,16 <sup>a</sup>	0,19±0,09 <sup>c</sup>	0,013±0,005 <sup>a</sup>	0,044±0,021 <sup>ab</sup>	0,35±0,17 <sup>b</sup>	
<b>25,5</b>	0,73±0,10 <sup>ab</sup>	6,93±0,47 <sup>b</sup>	2,89±0,11 <sup>a</sup>	2,65±0,29 <sup>ab</sup>	0,57±0,11 <sup>a</sup>	0,29±0,14 <sup>c</sup>	0,011±0,003 <sup>a</sup>	0,037±0,014 <sup>ab</sup>	0,71±0,07 <sup>a</sup>	
<b>33,5</b>	0,56±0,09 <sup>b</sup>	5,60±1,26 <sup>b</sup>	1,93±0,26 <sup>ab</sup>	1,95±0,41 <sup>b</sup>	0,56±0,14 <sup>a</sup>	0,80±0,26 <sup>ab</sup>	0,009±0,001 <sup>a</sup>	0,025±0,003 <sup>ab</sup>	0,43±0,10 <sup>ab</sup>	
<b>155</b>	0,79±0,02 <sup>ab</sup>	15,85±2,23 <sup>a</sup>	1,97±0,26 <sup>ab</sup>	2,57±0,34 <sup>ab</sup>	0,21±0,05 <sup>b</sup>	0,30±0,06 <sup>bc</sup>	0,011±0,001 <sup>a</sup>	0,043±0,003 <sup>a</sup>	0,50±0,07 <sup>ab</sup>	
<b>2300</b>	0,37±0,06 <sup>c</sup>	6,24±1,45 <sup>b</sup>	1,64±0,98 <sup>b</sup>	1,8±0,78 <sup>b</sup>	0,54±0,18 <sup>a</sup>	1,51±0,68 <sup>a</sup>	0,011±0,003 <sup>a</sup>	0,022±0,006 <sup>b</sup>	0,66±0,29 <sup>ab</sup>	
	<b>Galho</b>									
<b>23,3</b>	0,58±0,07 <sup>a</sup>	10,79±1,03 <sup>a</sup>	2,28±0,13 <sup>a</sup>	2,29±0,89 <sup>a</sup>	0,21±0,11 <sup>a</sup>	0,12±0,01 <sup>a</sup>	0,011±0,003 <sup>ab</sup>	0,041±0,015 <sup>a</sup>	0,37±0,29 <sup>a</sup>	
<b>25,5</b>	0,39±0,06 <sup>bc</sup>	4,87±1,25 <sup>b</sup>	2,14±0,33 <sup>ab</sup>	1,87±0,74 <sup>a</sup>	0,22±0,07 <sup>a</sup>	0,17±0,09 <sup>a</sup>	0,009±0,001 <sup>ab</sup>	0,042±0,009 <sup>a</sup>	0,44±0,14 <sup>a</sup>	
<b>33,5</b>	0,28±0,05 <sup>cd</sup>	3,69±0,54 <sup>b</sup>	1,59±0,19 <sup>ab</sup>	0,69±0,37 <sup>b</sup>	0,22±0,12 <sup>a</sup>	0,27±0,12 <sup>a</sup>	0,008±0,001 <sup>a</sup>	0,031±0,003 <sup>ab</sup>	0,26±0,06 <sup>a</sup>	
<b>155</b>	0,40±0,05 <sup>b</sup>	13,57±3,07 <sup>a</sup>	1,72±0,34 <sup>ab</sup>	1,85±0,76 <sup>a</sup>	0,10±0,04 <sup>a</sup>	0,13±0,01 <sup>a</sup>	0,010±0,001 <sup>ab</sup>	0,036±0,003 <sup>a</sup>	0,26±0,12 <sup>a</sup>	
<b>2300</b>	0,22±0,04 <sup>d</sup>	5,79±1,5 <sup>b</sup>	1,47±0,63 <sup>b</sup>	1,96±0,57 <sup>a</sup>	0,17±0,06 <sup>a</sup>	0,36±0,28 <sup>a</sup>	0,012±0,002 <sup>b</sup>	0,023±0,005 <sup>b</sup>	0,52±0,19 <sup>a</sup>	
	<b>Resto</b>									
<b>23,3</b>	0,98±0,09 <sup>a</sup>	12,07±1,09 <sup>a</sup>	2,71±0,22 <sup>a</sup>	3,8±0,64 <sup>a</sup>	0,27±0,06 <sup>ab</sup>	4,10±2,52 <sup>bc</sup>	0,015±0,002 <sup>a</sup>	0,053±0,010 <sup>a</sup>	0,38±0,09 <sup>ab</sup>	
<b>25,5</b>	0,64±0,12 <sup>bc</sup>	6,40±2,15 <sup>b</sup>	1,67±0,68 <sup>a</sup>	1,80±0,41 <sup>b</sup>	0,24±0,04 <sup>b</sup>	0,67±0,30 <sup>d</sup>	0,010±0,003 <sup>b</sup>	0,033±0,012 <sup>ab</sup>	0,66±0,27 <sup>a</sup>	
<b>33,5</b>	0,91±0,14 <sup>a</sup>	3,77±0,94 <sup>b</sup>	1,54±0,34 <sup>a</sup>	1,54±0,49 <sup>b</sup>	0,25±0,06 <sup>ab</sup>	11,59±2,60 <sup>a</sup>	0,008±0,002 <sup>b</sup>	0,026±0,006 <sup>bc</sup>	0,22±0,11 <sup>b</sup>	
<b>155</b>	0,78±0,12 <sup>ab</sup>	12,75±1,89 <sup>a</sup>	1,98±0,43 <sup>a</sup>	3,66±0,81 <sup>a</sup>	0,23±0,05 <sup>b</sup>	3,68±1,15 <sup>c</sup>	0,016±0,003 <sup>a</sup>	0,042±0,007 <sup>ab</sup>	0,48±0,14 <sup>a</sup>	
<b>2300</b>	0,52±0,08 <sup>c</sup>	5,11±1,57 <sup>b</sup>	1,71±0,94 <sup>a</sup>	1,49±0,56 <sup>b</sup>	0,34±0,02 <sup>a</sup>	10,07±3,19 <sup>ab</sup>	0,012±0,002 <sup>ab</sup>	0,017±0,005 <sup>c</sup>	0,38±0,09 <sup>ab</sup>	
	<b>Média</b>									
<b>23,3</b>	0,88±0,27 <sup>a</sup>	9,71±2,70 <sup>a</sup>	2±0,37 <sup>a</sup>	2,54±0,95 <sup>a</sup>	0,25±0,17 <sup>a</sup>	1,10±2,28 <sup>b</sup>	0,010±0,002 <sup>a</sup>	0,034±0,006 <sup>a</sup>	0,28±0,01 <sup>ab</sup>	
<b>25,5</b>	0,59±0,18 <sup>b</sup>	4,55±1,07 <sup>b</sup>	1,67±0,62 <sup>ab</sup>	1,58±0,47 <sup>bc</sup>	0,26±0,20 <sup>a</sup>	0,28±0,26 <sup>c</sup>	0,007±0,001 <sup>ab</sup>	0,028±0,005 <sup>ab</sup>	0,45±0,14 <sup>a</sup>	
<b>33,5</b>	0,58±0,31 <sup>b</sup>	3,26±1,08 <sup>b</sup>	1,27±0,21 <sup>b</sup>	1,05±0,64 <sup>c</sup>	0,26±0,19 <sup>a</sup>	3,16±6,39 <sup>a</sup>	0,006±0,001 <sup>b</sup>	0,021±0,003 <sup>bc</sup>	0,23±0,11 <sup>b</sup>	
<b>155</b>	0,66±0,22 <sup>b</sup>	10,54±1,61 <sup>a</sup>	1,42±0,15 <sup>ab</sup>	2,02±0,91 <sup>ab</sup>	0,13±0,07 <sup>b</sup>	1,03±2 <sup>bc</sup>	0,009±0,003 <sup>a</sup>	0,030±0,003 <sup>ab</sup>	0,31±0,13 <sup>ab</sup>	
<b>2300</b>	0,37±0,15 <sup>c</sup>	4,29±0,57 <sup>b</sup>	1,20±0,12 <sup>b</sup>	1,31±0,24 <sup>bc</sup>	0,26±0,19 <sup>a</sup>	2,99±5,30 <sup>a</sup>	0,009±0,0002 <sup>a</sup>	0,015±0,003 <sup>c</sup>	0,39±0,14 <sup>ab</sup>	

Nos fragmentos de FES, os estoques de P, Ca, Cu, Zn e Mn seguiram o mesmo padrão da concentração e não apresentaram diferenças entre os fragmentos (Figura 15, Apêndice 33 e 34). Já para o Mg, K, Na e Fe foram observados estoques menores no maior fragmento de FES e similares entre os demais fragmentos (Figura 16, Apêndice 33 e 34). Nos fragmentos de FOD, o estoque dos nutrientes na necromassa seguiram padrão similar ao da concentração, porém com diferenças menos expressivas (Figura 15 e 16, Apêndice 35 e 36).



**Figura 15** Estoques (kg/ha) de P, Ca, Cu, Zn e Mn na necromassa total de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD) da Mata Atlântica, RJ. Letras diferentes representam diferença estatística entre os fragmentos para cada tipo florestal.

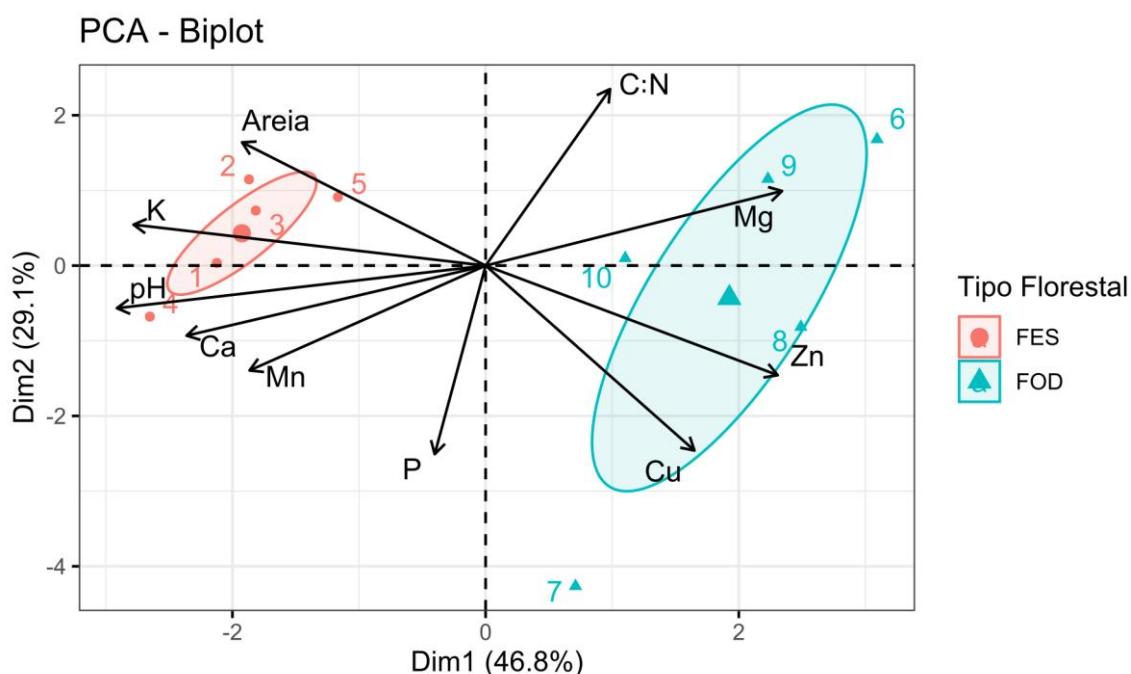


**Figura 16** Estoques (kg/ha) de Mg, K, Na, Fe na necromassa total de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD) da Mata Atlântica, RJ. Letras diferentes representam diferença estatística entre os fragmentos para cada tipo florestal.

### 5.3 Relação entre atributos do solo, nutrientes na necromassa e o tipo florestal

A análise de componentes principais das variáveis edáficas indicou uma clara separação entre os tipos florestais quanto a concentração de nutrientes, mas principalmente quanto ao pH e à granulometria do solo. Os componentes principais 1 e 2 explicaram de forma conjunta aproximadamente 76% da variação dos dados. Considerando o componente principal 1 (eixo principal), o qual explicou a maior parte da variabilidade dos dados em comparação com o componente principal 2 (aproximadamente 47% e 29%, respectivamente), os fragmentos de FOD foram posicionados à direita (autovetores com valores positivos). Por outro lado, os fragmentos de FES foram posicionados à esquerda (autovetores com valores negativos). Com base no posicionamento dos tipos florestais na Figura 17, verificou-se que os fragmentos de FES estão mais associados a maiores valores de pH, e também maiores concentrações de Ca, K e Mn. Já os fragmentos de FOD estão mais associados às maiores concentrações de Mg e Zn. O componente principal dois foi responsável principalmente pela variação dos fragmentos dentro de cada tipo florestal.

Os fragmentos de FES variaram pouco em relação ao eixo 2. Já os fragmentos de FOD apresentaram uma variação maior, influenciada principalmente pelo fragmento denominado como 7 (23 ha; Gleissolo Háplico), o qual apresentou maiores concentrações de P e Cu (Figura 10 e 12). A areia apresentou explicação parecida para os dois eixos, sendo mais relacionada aos fragmentos de FES. Foi observada uma correlação muito alta entre as concentrações e os estoques de nutrientes do solo ( $r=0,99$ ). Argila, silte, carbono e nitrogênio estavam altamente relacionados à areia ( $r>0,89$ ), sendo que esta apresentava maior explicação para os eixos. O Na e o Fe apresentaram alta correlação com Cu e Zn ( $r=0,97$  e  $0,84$ , respectivamente), sendo que estes últimos forneciam maior explicação para os eixos.

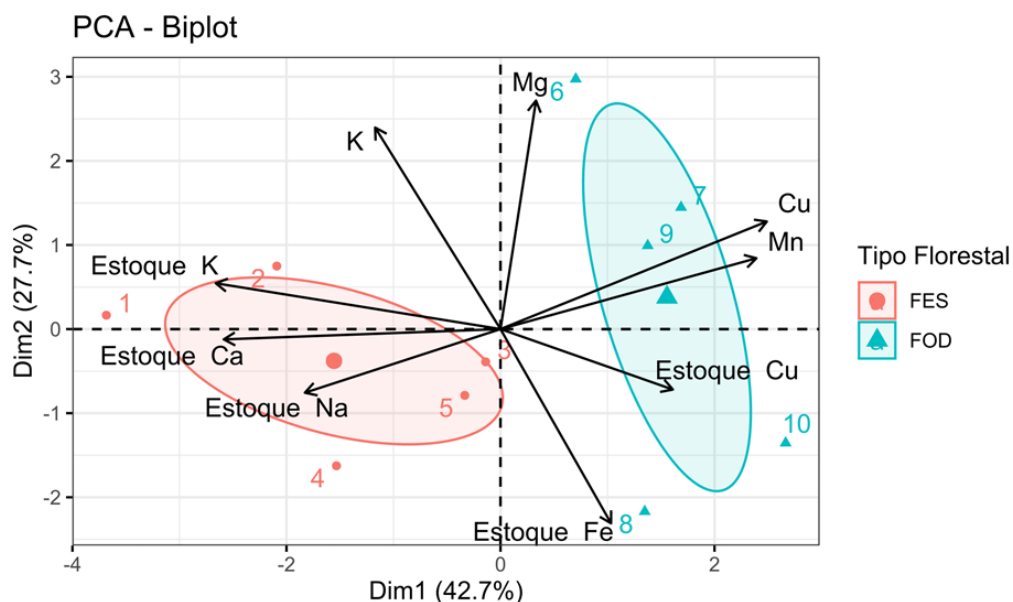


**Figura 17** Biplot da Análise de Componentes Principais (PCA) dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD) da Mata Atlântica, RJ. Variáveis edáficas: Areia (%); Ca ( $\text{cmol/dm}^3$ ); razão C:N; Cu ( $\text{cmol/dm}^3$ ); K ( $\text{cmol/dm}^3$ ); Mg ( $\text{cmol/dm}^3$ ); Mn ( $\text{cmol/dm}^3$ ); P ( $\text{mg/g}$ ); Zn ( $\text{cmol/dm}^3$ ). Fragmentos (ha): 1=1182; 2=17; 3=36; 4=55; 5=58; 6=2300; 7=23; 8=25; 9=33; 10=55.

A análise de componentes principais das variáveis relacionadas à necromassa vegetal também indicou uma clara separação entre os tipos florestais (Figura 18). Os componentes principais 1 e 2 explicaram de forma conjunta aproximadamente 70% da variação dos dados. Considerando o componente principal 1 (eixo principal), o qual explicou a maior parte da variabilidade dos dados, em comparação com o componente principal 2 (47,7%

e 27,7%, respectivamente), os fragmentos de FOD foram posicionados à direita (autovetores com valores positivos). Por outro lado, os fragmentos de FES foram posicionados à esquerda (autovetores com valores negativos).

Com base no posicionamento dos tipos florestais na Figura 18, verificou-se que os fragmentos de FES estão mais associados aos maiores estoques de Ca, K e Na na necromassa total. Já os fragmentos de FOD estão mais associados à maior concentração e estoque de Cu e concentração de Mn. Os fragmentos de FES apresentaram uma maior variação em relação ao eixo principal, enquanto os fragmentos de FOD apresentaram maior variação em relação ao eixo secundário. Os fragmentos de FES variaram pouco em relação ao eixo Estoque de Fe e concentração de K e de Mg. Já os fragmentos de FOD apresentaram uma variação maior, influenciada principalmente pelo fragmento denominado como 6 (23 ha), o qual apresentou maiores concentrações de Mg e pelo fragmento 8 (35 ha), o qual apresentou o maior estoque de ferro na necromassa total e menor concentração de K. Diferente do observado para o solo, a correlação entre concentração e estoque de nutrientes na necromassa foi alta apenas para o Ca ( $r=0,90$ ), Na ( $r=0,85$ ) e Fe ( $r=0,90$ ). Para esses nutrientes, os estoques contribuíram mais para os componentes principais 1 e 2.



**Figura 18** Biplot da Análise de Componentes Principais (PCA) dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD) da Mata Atlântica, RJ. Variáveis da necromassa total: Cu (mg/g); Estoque de Ca, Cu, Fe, K e Na na necromassa total; K (mg/g); Mg (g/kg); Mn (mg/g). Fragmentos (ha): 1=17; 2=36; 3=55; 4=58; 5=1182; 6=23; 7=25; 8=33; 9=55; 10=2300.

Foi observada correlação significativa entre a concentração no solo e na necromassa apenas para o P ( $p=0,003$ ;  $r=0,63$ ), K ( $p=0,02$ ;  $r=-0,51$ ) e Fe ( $p=0,04$ ;  $r=-0,47$ ) em FES (Apêndice 37 e 38).

## 6. DISCUSSÃO

### 6.1 Influência dos Tipos Florestais nos nutrientes do solo e da necromassa

No presente estudo, foram encontrados concentrações e estoques de P no solo similares entre os FES e FOD (Figura 6, Tabela 10), o que indica que as diferenças entre as duas formações vegetais não foram suficientes para diferenciá-las quanto à concentração de P no solo. Resultado similar foi encontrado em estudos recentes e em diferentes escalas. Por mais que tenham observado um acúmulo de P no solo durante a estação seca de uma Floresta Tropical de Terras Baixas no Panamá, Dietterich *et al.* (2022) não encontraram efeito da exclusão experimental da chuva na disponibilidade de P no solo. Ao estudarem a disponibilidade de P ao longo de um gradiente climático incluindo florestas Ombrófilas e Semidecíduais da Mata Atlântica, áreas de Caatinga e Cerrado, Oliveira-Filho *et al.* (2022) não encontraram relação entre a disponibilidade de P no solo e a umidade, precipitação ou evapotranspiração das áreas. No entanto, os autores destacaram a formação do solo como um fator controlador importante da disponibilidade de P. Na mesma direção, ao estudarem dois gradientes climáticos semelhantes sobre materiais parentais do solo distintos na província de Guangdong (China), HE *et al.* (2022) demonstraram que o material de origem controlou o efeito da variação do clima sobre os padrões de P. Esses resultados sugerem que as condições climáticas, não são exclusivamente determinantes para o padrão de P em solos tropicais.

Diferente do observado para o solo, a concentração de P na necromassa foi maior em FOD do que FES (Figura 8). Para FOD, foi encontrada correlação positiva entre a concentração no solo e na necromassa ( $p = 0,003$ ,  $r=0,63$ ; Apêndice 38), enquanto para FES não foi encontrada correlação significativa (Apêndice 37). Esses resultados sugerem que em FOD existe transferência direta de nutrientes entre solo, vegetação e necromassa, enquanto para FES outros mecanismos podem influenciar no fluxo de nutrientes entre compartimentos. Ao considerar que os solos dos dois tipos florestais



apresentam disponibilidade de P similares, a diferença encontrada na necromassa pode estar relacionado ao metabolismo e eficiência do uso de nutrientes pelas plantas desses tipos florestais (ASSIS, 2022; XU *et al.*, 2021).

Estudos tem divergido quanto às condições que controlam a retranslocação de nutrientes em plantas ou florestas semidecíduas. Enquanto alguns estudos afirmam que as espécies semidecíduas apresentam maior concentração de nutrientes nas folhas da serrapilheira devido a sua baixa eficiência em retranslocar esses nutrientes antes da abscisão foliar (MACHADO *et al.*, 2016), que existe uma relação positiva entre a umidade do solo e a taxa de retranslocação de P e negativa para outros nutrientes (ZHAO *et al.*, 2017; XU *et al.*, 2020) ou que a umidade do solo não interfere nas taxas de retranslocação (LÜ & HAN, 2010). Ao contrário, outros estudos afirmam que o clima mais seco ou quente, como o observado em florestas estacionais, pode promover a retranslocação entre os tecidos (YUAN & CHEN, 2009; VERGUTZ *et al.*, 2012; DIETTERICH *et al.*, 2022).

Nesse sentido, a menor concentração de P na necromassa de FES pode refletir uma retranslocação mais eficiente das folhas velhas para os tecidos jovens antes da abscisão nesse tipo florestal. No entanto, por mais que a concentração seja maior na necromassa de FOD, essa vantagem não é convertida em quantidade de P que é disponibilizada para solo, visto que o estoque de P na necromassa é superior nos fragmentos de FES (Tabela 12). Tal padrão pode resultar em quantidades semelhantes de P liberadas para o solo e disponibilidade deste nos dois tipos florestais. Os valores de P no solo e na necromassa são similares aos encontrados em outras florestas tropicais (Tabela 18 e 20).

Um padrão diferente foi observado para o K, o qual demonstrou concentração e estoque de maiores nos solos de FES do que de FOD (Figura 6, Tabela 10). Os valores da concentração de K encontrados em FES estão de acordo com resultados reportados por outros estudos de florestas tropicais (Tabela 18). Já a concentração de K no solo de FOD está abaixo do que foi encontrado inclusive para outras Florestas Ombrófilas (Tabela 18). Os valores encontrados para o solo podem ser resultado da precipitação local maior, a qual pode levar à lixiviação de K do solo e em alguns casos tornar o K um nutriente limitante (VITAL *et al.*, 2004; CALDEIRA *et al.*, 2008; PONETTE-GONZÁLEZ *et*

*al.*, 2016; PAUL *et al.*, 2022). Esse padrão não foi refletido na necromassa, a qual apresenta concentrações similares entre os tipos florestais (Figura 8). Essa desconexão entre a concentração no solo e na necromassa em FOD pode ser observada na correlação negativa encontrada entre as concentrações de K desses compartimentos ( $p=0,02$ ;  $r=-0,51$ ; Apêndice 38). Em ambos tipos florestais, a concentração de K na necromassa é similar ao encontrado em outros estudos em florestas tropicais (Tabela 20).

A concentração e o estoque de Ca foram maiores em FES do que em FOD tanto no solo (Figura 6, Tabela 10) quanto na necromassa (Figura 8, Tabela 12). Esse resultado pode refletir a origem do solo da região. As Florestas Estacionais Semidecíduais do Norte Fluminense estão localizadas em áreas de Tabuleiros Costeiros, cuja formação provém do Grupo Barreiras, oriundo da deposição sedimentar continental e marinha (ARAI, 2006). Dessa forma, a maior concentração de Ca no solo de FES pode ser ainda um reflexo da influência marinha na origem do solo (PULLA *et al.*, 2016) e explicar a maior concentração de Ca em FES também na necromassa. De forma geral, os valores de Ca no solo e na necromassa foram similares aos encontrados em outras florestas tropicais (Tabela 18 e 20).

O Ca foi o nutriente encontrado em maior quantidade na necromassa em ambos tipos florestais. No tecido vegetal, O Ca é um dos elementos com menor mobilidade devido ao seu papel na estruturação das plantas (KUMAR *et al.*, 2015). Dessa forma, este não é retranslocado das folhas adultas como observada para outros como P e K, o que resulta em uma maior concentração nos tecidos senescidos (SILVA, 2009; ALMEIDA *et al.*, 2014; MACHADO *et al.*, 2016; CALIMAN *et al.*, 2020; MARTINELLI *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2020). A combinação do maior estoque de necromassa e da maior concentração de Ca em FES, resulta em um estoque de Ca na necromassa aproximadamente três vezes superior em FES quando comparado com FOD (Tabela 12). Esse resultado sugere uma forte retroalimentação positiva para o Ca entre solo e necromassa nas FES do Norte Fluminense. Resultados similares foram encontrados em outras Florestas Estacionais Semidecíduais no Espírito Santo (Tabela 20).

O Mg e os micronutrientes, com exceção do Mn, tiveram concentrações no solo superiores em FOD do que em FES (Figura 6 e 7). Ao estudarem a

disponibilidade de nutrientes em floresta secas do mundo todo, MORENO-JIMENEZ *et al.* (2019) observaram uma correlação negativa entre a disponibilidade de Fe e Zn e o índice de aridez (razão entre precipitação e o potencial de evapotranspiração), o que evidencia a influência do clima na disponibilidade desses nutrientes. Os autores também chamaram atenção para o efeito da aridez no aumento do pH, o que pode ser o fator direcionador mais próximo da diminuição da disponibilidade dos micronutrientes.

Na PCA é possível observar uma diferenciação entre os tipos florestais quanto a Areia e ao pH, evidenciada pelo componente principal 1 (Figura 17). Análises de regressão mostraram que no geral, quando significativa, a relação entre nutrientes dos dois tipos florestais e a areia foi negativa, enquanto para as demais frações granulométricas a influência foi positiva (Apêndice 39). Dessa forma, o maior teor de areia e menores teores de argila e silte em FES contribuem para a menor concentração de nutrientes no solo encontrada nesse tipo florestal (Apêndice 39). Ao contrário do evidenciado por Moreno-Jimenez *et al.* (2019), apesar de FES apresentar valores de pH mais altos, a influência do pH na disponibilidade de nutrientes não foi totalmente clara no presente estudo. A influência do pH foi positiva para o Ca nos dois tipos florestais, assim como para o P, Na e Fe em FOD. Já para o K, Mg, Zn e Cu a influência foi negativa (Apêndice 39). Nesse sentido, apesar do pH influenciar na diferenciação entre os grupos, como demonstrado pela PCA, a granulometria aparenta ser o fator direcionador mais próximo da disponibilidade de nutrientes nesses tipos florestais. De forma geral, apesar dos poucos estudos encontrados, as concentrações de Mg e micronutrientes foram similares às reportadas em outras florestas tropicais (Tabela 18 e 19).

**Tabela 18** Comparações dos valores médios dos macronutrientes disponíveis no solo em diferentes florestas tropicais. FES=Floresta Estacional Semidecidual; FOD=Floresta Ombrófila Densa; FTS=Floresta Tropical Seca.

Tipo Florestal	Local	Camada (cm)	P (mg/dm <sup>3</sup> )	Ca	Mg (cmol/dm <sup>3</sup> )	K	Tipo de Solo	Referência
FES	RJ	0-30	4,3±2,6	3,5±3,8	1,1±0,9	0,14±0,07	Latossolo e Argissolo	Este estudo
FOD	RJ	0-30	4,5±3	1,9±1,7	7±5,4	0,0004±0,0010	Latossolo, argissolo e gleissolo	Este estudo
FES	RJ	0-5	2.72	0.69	0.62	0.03		Da Silva <i>et al.</i> (2021)
FES	ES	0-5	8±8	6±2,70	1,5±0,65		Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	Delarmelina <i>et al.</i> (2022)
FES	BA	0-10	4,1±1,4	1,2±0,8	0,5±0,1	0,13±0,04	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	Santos <i>et al.</i> (2019)
FES	SP	0-5	2.38 ± 0.63	0,80 ± 0,86	0,54 ± 0,60	0,14±0,08	Neossolo e Latossolo	Miatto <i>et al.</i> (2016)
Cerrado			2.30 ± 0.69	0,06 ± 0,03	0,07 ± 0,01	0,05±0,01		
FTS	RJ	0-30	22	0,85	0,9		-	Lopes <i>et al.</i> (2022)
FTS	Colômbia	0-20	5,3±0,6	2,9±0,4	0,9±0,1	0,2	-	Castellanos-Barliza <i>et al.</i> (2022)
			29,7±7,9	9,9±3	7,1±0,1	0,8±0,07	-	
Caatinga	PE	0-5	2,3	0,46	0,10	0,08	Latossolo Amarelo Distrófico	Raulino <i>et al.</i> (2020)
Mata Atlântica	PE	0-5	2,56	0,34	0,10	0,09		
Floresta Amazônica	AC e AM	0-10	≈1,5-2,5			≈0,005-0,02	Argissolo Amarelo e Latossolo Amarelo	Rocha <i>et al.</i> (2023)
FOD	RJ	0-30	7,8	≈0,4	≈0,2	≈0,1	-	Clevelário-Junior <i>et al.</i> (2021)
FOD Montana	RJ	0-5	6,3	0,43	0,66		Cambissolo Háplico	Cunha & Gama-Rodrigues (2014)
FOD	RJ	0-10	2,4 ± 1,6			0,14 ± 0,02	Latossolo, argissolo e gleissolo	Lima (2009)

**Tabela 19** Comparações dos valores médios dos micronutrientes disponíveis no solo em diferentes florestas tropicais. FES=Floresta Estacional Semidecidual; FOD=Floresta Ombrófila Densa.

Tipo Florestal	Local	Camada (cm)	Fe	Cu	Na	Zn	Mn	Tipo de Solo	Referência
			cmol/dm <sup>3</sup>						
FES	RJ	0-30	0,08±0,07	0,0002±0,0001	0,04±0,03	0,002±0,001	0,17±0,09	Latossolo e Argissolo	Este estudo
FOD	RJ	0-30	1,5±1,73	0,35±0,34	0,34±0,32	0,007±0,004	0,08±0,06	Latossolo, argissolo e gleissolo	Este Estudo
FES	RJ	0-5			0,13				Silva <i>et al.</i> (2021)
FES	BA	0-10			0,17±0,06			Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	Santos <i>et al.</i> (2019)
Floresta Amazônica	AC e AM	0-10		≈0,0006-0,003		≈0,001-0,03	≈0-0,9	Argissolo Amarelo e Latossolo Amarelo	Rocha <i>et al.</i> (2023)
FOD	RJ	0-30			≈0,07				Clevalário-Junior <i>et al.</i> (2021)
FOD Montana	RJ	0-5						Cambissolo Háplico	Cunha & Gama-Rodrigues (2014)
FOD	RJ	0-10			0,05 ± 0,01			Latossolo, argissolo e gleissolo	Lima (2009)
-	Camarões	0-30	0,3±0,03	<0,01	0,02±0,01	<0,01	<0,01	-	Peh <i>et al.</i> (2011)

Apesar das concentrações de Mg e Na serem maiores no solo de FOD (Figura 6 e 7), a concentração desses nutrientes na necromassa foi similar entre os tipos florestais (Figura 8 e 9). A deposição atmosférica é uma forma de entrada de nutrientes no ecossistema florestal muitas vezes negligenciada, apesar do impacto que pode ter na ciclagem local de nutrientes (BOY & WICKLE, 2008; JIA *et al.* 2016; DEUSDARÁ *et al.*, 2020). Na e Mg são os elementos cuja deposição mais reflete a influência marinha (BERNER & BERNER, 2012; VAN LANGENHOVE *et al.*, 2020). A concentração similar de Mg e Na entre FES e FOD pode refletir a influência da deposição atmosférica na necromassa de FES, principalmente ao considerar a influência marinha em nesse tipo florestal. Além disso, a menor precipitação em FES pode resultar em uma menor lixiviação dos nutrientes depositados, garantindo um maior acúmulo sobre a serrapilheira nesse tipo florestal.

Por mais que tenham sido observadas concentrações maiores na necromassa de FOD para a maioria dos nutrientes, esse padrão é invertido ou anulado ao se observar os estoques dos elementos na necromassa. P, Cu, Fe, Zn e Mn apresentaram concentrações maiores na necromassa de FOD (Figura 8 e 9). No entanto, o estoque de P, Cu, Fe, Mn foram similares entre os tipos florestais (Tabela 12 e 13). Mg, K e Zn que apresentam concentrações similares entre os tipos florestas (Figura 8 e 9) demonstraram estoques maiores na necromassa de FES (Tabela 12 e 13). Já em relação ao Ca, assim como para a concentração, FES continuou apresentando valores maiores para o estoque, porém a diferença entre os tipos florestais foi ampliada (Figura 8, Tabela 12).

Dessa forma, fica clara a influência que a massa de necromassa estocada sobre o solo tem no balanço nutricional da floresta. O estoque de necromassa foi capaz, por exemplo, de reforçar o padrão observado para a concentração de Ca entre os tipos florestais e anular diferenças encontradas para a concentração de P. Essa interpretação é reforçada pela PCA (Figura 18) realizada com os dados da necromassa, a qual mostra que a separação dos tipos florestais ocorre principalmente em relação aos estoques de K e Ca maiores em FES e as concentrações de Cu e Mn maiores na necromassa de FOD. Apesar dos poucos valores de estoque de nutrientes encontrados para florestas tropicais, é possível dizer que com exceção do Cu, os valores obtidos no presente estudo estão de acordo com os valores reportados para outras florestas (Tabela 20 e 21).

**Tabela 20** Comparação das concentrações médias (mg/g) e somas dos estoques (kg/ha) de macronutrientes da necromassa total em diferentes tipos florestais de florestas tropicais. FES=Floresta Estacional Semidecidual; FOD=Floresta Ombrófila Densa; FESS=Floresta Estacional Semidecidual Submontana; FED=Floresta Estacional Decídua; FODS=Floresta Estacional Semidecidual; FOMS=Floresta Ombrófila Mista Semidecidual; FTD=Floresta Tropical Densa.

Tipo Florestal	Local	mg/g				kg/ha				Referência
		P	Ca	Mg	K	P	Ca	Mg	K	
FES	RJ	0,4±0,04	12,4±1,7	1,3±0,2	1,7±0,4	2,5±0,6	112,1±8,2	13,2±3,7	15,9±6	Este Estudo
FOD	RJ	0,6±0,2	6,5±3,4	1,5±0,3	1,7±0,6	2,6±0,7	41,2±22,1	9,4±0,6	9,5±2,1	
FESS	ES	-	-	-	-	3,6±0,6	139,8±16,4	10,4±0,5	11,8±1,7	Caliman <i>et al.</i> (2020)
FESS	ES	0,8±0,04	29,5±2,3	2,2±0,3	2,5±0,9	4,14±1,4	161,03±54,9	12,10±4,1	14,03±4,8	Godinho <i>et al.</i> (2014)
FES	PR	0,2±0	36±0,1	2,3±0	7,1±1,3	-	-	-	-	Pimenta <i>et al.</i> (2011)
FED	ES	0,8±0,1	13,8±1,3	2,1±0,2	1,6±0,3	-	-	-	-	Alves <i>et al.</i> (2014)
FOD	PR	0,96±0,04	14,9±0,2	2,6±0,2	4,4±0,1	-	-	-	-	Scheer <i>et al.</i> (2011)
FODS	PR	0,9±0,2	3,3±0,6	1,6±0,1	2,6±1	-	-	-	-	Sloboda <i>et al.</i> (2017)
FOMS	PR	0,68	4,61	1,0	5,67	5,43	36,84	7,56	45,32	Caldeira <i>et al.</i> (2007)
FTD	PA	-	-	-	-	2,6±1,5	46,8±50,1	8,1±6	9,4±6,7	Aprile <i>et al.</i> (2013)

**Tabela 21** Comparação das concentrações médias (mg/g) e somas dos estoques (kg/ha) de micronutrientes da necromassa total em diferentes tipos florestais de florestas tropicais. FES=Floresta Estacional Semidecidual; FOD=Floresta Ombrófila Densa; FESS=Floresta Estacional Semidecidual Submontana; FED=Floresta Estacional Decídua; FODS=Floresta Estacional Semidecidual; FO=Floresta Ombrófila; FTD=Floresta Tropical Densa.

Tipo Florestal	Local	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	Referência
		mg/g					kg/ha					
FES	RJ	0,21±0,10	0,58±0,34	0,005±0,001	0,014±0,002	0,19±0,06	2,11±1,31	3,20±1,70	0,042±0,005	0,66±0,07	1,63±0,18	Este estudo
FOD	RJ	0,23±0,06	1,71±1,29	0,008±0,001	0,026±0,008	0,33±0,09	1,53±0,51	4,82±4,46	0,048±0,005	0,15±0,02	2,02±0,24	Caliman et al. (2020)
FESS	ES	-	-	-	-	-	-	9±4,6	0,44±0,006	0,17±0,02	1,8±0,7	Caliman et al. (2020)
FED	ES	-	-	0,017±0,005	0,05±0,01	0,82±0,10	-	-	-	-	-	Alves et al. (2015)
FOD	PR	-	0,14±0,01	0,012±0,0003	0,026±0,001	0,28±0,01	-	-	-	-	-	Scheer et al. (2011)
		-	0,20±0,06	0,019±0,005	0,024±0,004	0,29±0,15	-	-	-	-	-	
FODS	PR	-	0,10±0,03	0,012±0,001	0,027±0,003	0,32±0,11	-	-	-	-	-	Bianchin et al. (2017)
		-	0,52±0,37	0,019±0,002	0,028±0,006	0,71±0,23	-	-	-	-	-	
FO	SP	-	-	-	-	-	3	2,1	0,4	nd	2,5	De França et al. (2008)
FODS	PR	0,52±0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sloboda et al. (2017)
FTD	PA	-	-	-	-	-	11,2±8,6	-	-	-	-	Aprile et al. (2013)



## 6.2 Influência do Tamanho do Fragmento nos nutrientes do solo e da necromassa

Não foi observado um efeito do tamanho do fragmento na disponibilidade de nutrientes ou no estoque destes no solo de FES e FOD. Trabalhos realizados nas mesmas áreas de estudos também não encontraram relação entre tamanho do fragmento e a concentração de nutrientes no solo (LIMA, 2009; CYRINO, 2021; PESSANHA, 2019). Ao avaliar concentrações de nutrientes em solo de fragmentos de diferentes classes de tamanho nas mesmas Florestas Ombrófilas do presente estudo, Lima (2009) observou concentrações similares dos macronutrientes e também razão C:N entre essas classes. Assim como no presente estudo, nos dados de macronutrientes do solo coletados por Abreu (2013), as concentrações não demonstram variar em função do tamanho dos fragmentos de FES. Na mesma direção, ao avaliar a concentração de C e N nos mesmos fragmentos de FES e FOD do presente estudo, Cyrino (2021) não encontrou influência do tamanho do fragmento na concentração desses elementos no solo.

Esses estudos demonstram que o tamanho do fragmento parece não influenciar na concentração de C e nutrientes nos solos de FES e FOD da Mata Atlântica. No entanto, o efeito de borda tem demonstrado ser um fator importante nas condições edáficas de florestas tropicais. Em um fragmento de Mata Atlântica no estado de Minas Gerais, Machado *et al.* (2018) observaram que houve variação em alguns atributos químicos do solo ao longo do gradiente borda-interior, principalmente para o pH, capacidade de troca catiônica (CTC) e o conteúdo de matéria orgânica, no entanto não foi observado efeito positivo ou negativo da distância da borda.

Ao analisarem o efeito de borda sobre atributos químicos do solo em uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Piraí (RJ), Silva *et al.* (2021) observaram que ao longo de um gradiente de 0 a 160 m, o pH e a disponibilidade de Ca e Mg diminuíram enquanto  $Al^{3+}$  aumentou e o carbono orgânico total, P, K e Na não variaram. Também foi observado um maior estoque de necromassa na borda do fragmento, o que pode explicar as maiores concentrações de Ca e Mg encontradas. Já Novais *et al.* (2016), em um fragmento de Mata Atlântica na Bahia, não encontraram diferença para o pH ou

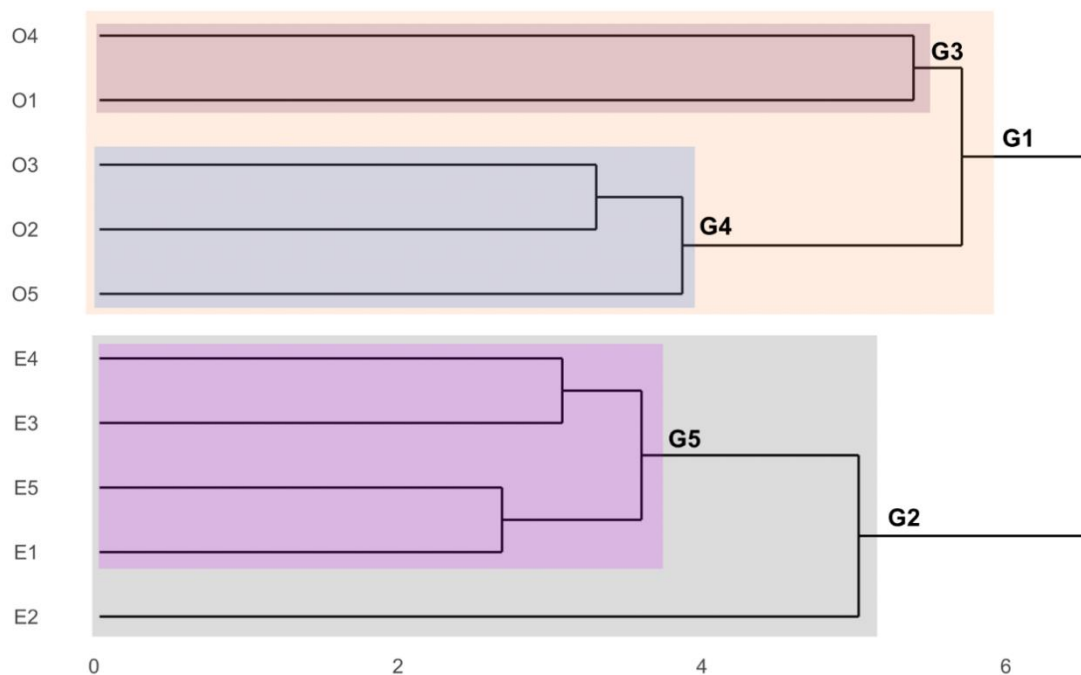
para a concentração de  $Mg^{2+}$  ao longo de um gradiente borda-interior. Para o  $Ca^{2+}$  foi observado um aumento até 200 m do gradiente e uma diminuição entre os 200 e 300 m. Já para o  $Na^+$ ,  $Al^{3+}$  e  $K^+$  foi observado um aumento ao longo do gradiente.

Ao estudar fragmentos florestais na Etiópia, a qual apresenta um cenário parecido com o da Mata Atlântica (mais de 90% das florestas tem menos de 16 ha), Cardelús *et al.* (2020) encontraram um efeito positivo do tamanho do fragmento no percentual de carbono e N:P e um efeito negativo na densidade do solo. Também encontraram relação positiva da distância da borda principalmente para P disponível, C, N e razão N:P. Os autores argumentaram que apesar da alta razão área de borda/área de interior dos fragmentos, a qual tem seus efeitos amplificados em fragmentos muito pequenos, o efeito de borda pode ser tamponado mesmo em pequenas florestas. Nesse sentido, a diferenciação entre os fragmentos dependeria de outros fatores como, estágio sucessional, estrutura da vegetação, riqueza de espécies, tipos de distúrbios sofridos, etc.

Cardelús *et al.* (2020) também observaram que enquanto o grau de perturbação, o qual foi calculado a partir da área do total do transecto e da área em que era observado o distúrbio (Cardelús *et al.*, 2019), influenciou negativamente a densidade de árvores, a biomassa, a riqueza de espécies e também a riqueza e a densidade de mudas, nenhum efeito da perturbação foi observado sobre as propriedades químicas e físicas do solo. Os autores destacam como as perturbações podem influenciar de formas distintas os diversos processos florestais, no entanto os autores não apresentaram o tipo de solo dos fragmentos estudados, o que pode influenciar negativamente a interpretação dos dados obtidos.

Rocha *et al.* (2023) destacam a importância do tipo de solo na magnitude da mudança na fertilidade do solo, após conversão de áreas de floresta semelhantes na Amazônia em pasto. Foi observado que no solo do tipo latossolo houve aumento da soma de bases ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$ ), variável a qual os autores consideraram a melhor indicadora de alteração da fertilidade do solo, enquanto que para solo o tipo argissolo houve diminuição. Nesse sentido, além do tamanho do fragmento e do seu histórico de degradação, o tipo de solo é determinante no padrão nutricional das florestas.

Visto que não foi encontrada relação entre tamanho do fragmento e os nutrientes do solo, foi feita uma análise hierárquica (Figura 19) para avaliar como os fragmentos se agrupam considerando as variáveis edáficas obtidas no presente estudo, além do pH, granulometria e densidade do solo (Pessanha, 2019; Cyrino, 2021).



**Figura 19** Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos pela média de grupo (UPGMA) mostrando a formação de grupos segundo as concentrações dos nutrientes no solo obtidas no presente estudo, granulometria, pH e densidade do solo (0-30 cm). O1 a O5: Fragmentos de Floresta Ombrófila Densa em ordem crescente de tamanho (23, 25, 33, 155 e 2300 ha). E1 a E5: Fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual em ordem crescente de tamanho (17, 36, 55, 58 e 1182 ha). Tipo de solo: O1=Gleissolo Háplico a Distrófico moderado; O2 e O4=Latossolo Amarelo Distrófico; O3 e O5=Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico; E1 e 5=Latossolo Amarelo Coeso; E2, 3 e 4=Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico.

Diante dessa análise (Figura 19) é possível observar a formação de dois grupos maiores, G1 e G2. O G1 inclui todos os fragmentos de FOD e o G2 todos fragmentos de FES. Dentro do G1 são formados dois grupos, G3 que inclui o menor fragmento de FOD (23 ha) e possui solo do tipo Gleissolo (O1), e o fragmento de 155 há (O4), o qual possui solo do tipo Latossolo Amarelo Distrófico. O outro grupo formado com os fragmentos de FOD, G4, inclui o fragmento de 25 ha, o qual possui solo classificado como Latossolo Amarelo Distrófico. O outro grupo formado com os fragmentos de FOD, G4, inclui o fragmento de 25 ha, o qual possui solo classificado como Latossolo Amarelo Distrófico (O2) e os fragmentos de 33 (O3) e de 2300 ha (O5), os quais apresentam solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico. O G2, grupo formado pelos fragmentos de FES, apresenta o fragmento de 36 ha

(E2) isolado dos demais. Esse fragmento apresenta solo Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico. Dentro do G2 ainda é possível observar a formação de dois outros grupos, um formado pelo menor (17 ha, E1) e maior fragmento de FES (1182, E5), os quais apresentam solo Latossolo Amarelo Coeso. O outro grupo é formado pelos fragmentos de 55 e 58 ha (E3 e E4), os quais possuem solo Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico. É possível observar que os grupos formados são divididos em um primeiro momento pelo tipo florestal. Feita essa divisão, os fragmentos tendem a se agrupar pelo tipo de solo, mesmo que as características que determinam um tipo de solo não tenham sido analisadas em sua totalidade.

Diante dos resultados apresentados e discutidos nessa seção, é possível observar que o tipo de solo também é um fator importante no estabelecimento do padrão nutricional em uma floresta, mas não decisivo. No entanto, quais atributos dos tipos de solo causam essa diferenciação deve ser melhor investigada para as áreas estudadas. Além de todos os atributos que caracterizam um solo, o clima, o status de conservação, os tipos de distúrbios, a composição da comunidade de vegetal e microbiológica, entre outros fatores podem afetar o padrão nutricional de uma floresta. Os efeitos de cada uma dessas variáveis conhecidos até o momento indicam grande variedade de padrões encontrados. Essa lacuna aumenta ao se considerar que esses efeitos podem interagir gerando variáveis secundárias, com consequências ainda desconhecidas. Em detrimento do tamanho do fragmento, o tipo florestal e o tipo de solo demonstraram maior importância na diferenciação dos fragmentos estudados em relação às suas variáveis edáficas.

Na necromassa, foram observadas influências pontuais do tamanho do fragmento na concentração de nutrientes. Foi encontrada influência positiva do tamanho do fragmento na concentração de Ca nas folhas de FES e influência negativa na concentração de K na necromassa total também de FES. Nenhuma relação foi encontrada para os estoques de nutrientes ou para os fragmentos de FOD. Esses resultados sugerem que a necromassa das Florestas Estacionais pode ser mais sensível às alterações causadas pela fragmentação do que os Fragmentos de FOD. No entanto, essa sensibilidade não é expressiva e pode ser resultante do efeito de outros variáveis além do tamanho do fragmento.

Ao estudar nutrientes foliares nas duas espécies arbóreas com maiores valores de importância nos fragmentos de FOD, Silva e Villela (2015) encontraram concentrações de Mg em folhas de *C. oblongifolia* significativamente maiores nos fragmentos pequenos quando comparados aos fragmentos médios e grandes. Segundo as autoras, esse resultado reflete o estágio sucessional do fragmento. A maior quantidade de espécies pioneiras favoreceria a entrada de radiação, visto que gera um mosaico de indivíduos mais aberto, e então o aumento da taxa fotossintética local, o que culminaria nas maiores concentrações de Mg nas folhas desses fragmentos. Em relação à necromassa produzida no período de um ano, a autora encontrou concentrações de Mg e C significativamente maiores no maior fragmento quando comparado aos fragmentos pequenos. O padrão inverso foi encontrado para a concentração de N, sendo encontradas concentrações maiores nos maiores fragmentos.

No mesmo estudo, foi encontrado que o aporte de Ca, Mg, K, C e N para o solo, considerando a necromassa total, foi significativamente maior no maior fragmento, enquanto o P não apresentou diferença (Silva e Villela, 2015). Segundo a autora, a maior biomassa encontrada nesses fragmentos e consequentemente produção de serrapilheira e aporte de nutrientes refletem o melhor estado de conservação dessas áreas, o que foi corroborado por relações positivas encontradas entre o aporte de Ca, K, C e N com a densidade e o número de indivíduos e também com a riqueza de espécies.

Ao estudar as concentrações de C e N na necromassa dos mesmos fragmentos do presente estudo, Cyrino (2021), encontrou uma relação negativa entre a concentração de C e o tamanho dos fragmentos tanto de FES quanto de FOD, enquanto o N e também a razão C:N não apresentaram diferença entre os fragmentos. Diante dos resultados encontrados no presente estudo e dos indicados por Cyrino (2021), entende-se que a maior concentração de K na necromassa dos menores fragmentos pode indicar uma relação inversa entre o tamanho do fragmento e a retranslocação. Nesse sentido entende-se que a retranslocação então é, possivelmente, maior nos menores fragmentos. O autor relacionou esses resultados às características estruturais da vegetação.

Nesse sentido, considerando que parâmetros estruturais como a área basal e a diversidade de espécies são maiores nos menores fragmentos de

FES e que a biomassa não variou entre os fragmentos (ABREU, 2013; BROGGIO, 2018), entende-se que o tamanho do fragmento é um fator cuja influência na dinâmica de nutrientes das áreas pode ser suprimida devido às diferenças encontradas para a estrutura da vegetação. Apesar de haver uma aparente relação entre tamanho do fragmento e estado de conservação nos fragmentos de FOD (SILVA, 2009), tal relação não é refletida na concentração de nutrientes no solo e na necromassa desses fragmentos. Os diversos distúrbios sofridos por esses fragmentos ao longo dos anos (Tabelas 2 e 4) podem mascarar um possível efeito do tamanho do fragmento na dinâmica de nutrientes, por alterar características estruturais da vegetação.

## **7. CONCLUSÃO**

Diante dos resultados obtidos no presente estudo é possível chegar à algumas conclusões referentes às hipóteses propostas nesse trabalho. A hipótese de que as concentrações e os estoques de nutrientes seriam maiores em FOD (Floresta Ombrófila Densa) do que em FES (Floresta Estacional Semidecidual) tanto no solo quanto na necromassa foi parcialmente corroborada. As concentrações de Mg, Na, Fe, Cu e Zn foram maiores no solo de FOD, corroborando a hipótese. No entanto, as concentrações de Ca e K foram maiores em FES e as concentrações de P e Mn não diferiram entre tipos florestais. A Análise de Componentes Principais (PCA) indicou uma separação clara entre os dois tipos florestais, principalmente em relação as maiores concentrações de micronutrientes em FOD e de Ca, K em FES. Esses resultados demonstraram serem influenciados principalmente pelo teor de areia, indicando que menores concentrações de nutrientes no solo de FES se devem ao maior percentual de areia quando comparado ao solo FOD, o qual apresenta teores maiores de silte e argila.

Em relação à necromassa, as concentrações de P, Fe, Cu, Zn e Mn foram maiores em FOD, corroborando a hipótese. Apenas a concentração de Ca foi maior na necromassa de FES, enquanto as concentrações de Mg, K e Na foram iguais entre os tipos florestais. No entanto, observou-se estoques maiores de Ca, Mg, K e Zn e Na na necromassa de FES, o que diferenciou os tipos florestais, mas rejeitou a hipótese 2 ao se avaliar os estoques em relação. Tal

resultado, demonstra a influência que a massa de necromassa estocada sobre o solo tem no estoque nutricional sobre o solo das florestas estudadas.

No geral, as concentrações e os estoques de nutrientes do solo e na necromassa nos tipos florestais estudados, estão dentro da faixa reportada para diferentes tipos florestais da Mata Atlântica, Floresta Amazônica e Cerrado, e outras florestas tropicais.

Visto que a caracterização de um tipo florestal se dá por diversos fatores, entre eles o clima, a composição e estrutura da comunidade e o relevo, faz-se necessário estudos que visem identificar de forma direta quais características desses tipos florestais são as direcionadoras primárias da ciclagem de nutrientes nessas áreas.

A hipótese de que os maiores fragmentos possuíam maiores concentrações e estoques de nutrientes no solo e na necromassa do que os menores fragmentos foi rejeitada. No solo, não foi encontrada nenhuma relação entre tamanho do fragmento e disponibilidade ou estoque de nutrientes. Na necromassa foram observadas relações entre o tamanho do fragmento e a concentração de Ca (relação positiva) na fração folha e K (relação positiva) na necromassa total. No entanto, esses resultados são pontuais e podem refletir outras variáveis ambientais que não o tamanho do fragmento. A estrutura e florística da vegetação devem ser inseridas nas análises para que se possa ter um entendimento mais amplo sobre os padrões nutricionais dessas áreas.

Nesse sentido, o tamanho do fragmento não parece ser, na Mata Atlântica, uma variável representativa do estado do fragmento, visto que o seu efeito sobre diversos processos e compartimentos ecossistêmicos é diluído por fatores como os diferentes distúrbios sofridos, estado de conservação e estágio sucessional. Dessa forma, sistematizar o estudo de fragmentos florestais da Mata Atlântica para avaliar os seus mais diversos aspectos e como estes se relacionam com o histórico das áreas parece ser uma saída para se obter respostas sobre como a dinâmica de nutrientes pode ser afetada por esse distúrbio.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, K. D. (2013). Estrutura, florística e diversidade de fragmentos de floresta estacional semidecidual no norte-noroeste fluminense (Doctoral dissertation, Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes. 190p).
- AERTS, R. (1997). Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Oikos*, 439-449. <https://doi.org/10.2307/3546886>
- AERTS, R., & Chapin III, F. S. (1999). The mineral nutrition of wild plants revisited: a re-evaluation of processes and patterns. *In Advances in ecological research* (Vol. 30, pp. 1-67). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60016-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60016-1)
- ALI, A., Sanaei, A., Li, M., Nalivan, O. A., Ahmadaali, K., Pour, M. J., ... & Askari, Y. (2020). Impacts of climatic and edaphic factors on the diversity, structure and biomass of species-poor and structurally-complex forests. *Science of the Total Environment*, 706, 135719. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135719>
- ALLEN, S. E., Grimshaw, H. M., Parkinson, J. A., & Quarmby, C. (1974). Chemical analysis of ecological materials. *Blackwell Scientific Publications*.
- ALMEIDA, C. X., Pita Junior, J. L., Rozane, D. E., de Souza, H. A., Hernandes, A., Natale, W., & Ferraudo, A. S. (2014). *Nutrient cycling in mango trees*. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p259>
- ALVES, M. P., Viera, M., & Schumacher, M. V. (2014). Efeito da fragmentação florestal sobre o acúmulo de serapilheira em Floresta Estacional Decidual. *Revista Ecologia e Nutrição Florestal-ENFLO*, 2(3), 63-71. <https://doi.org/10.5902/2316980X16014>
- AN, S., Zheng, F., Zhang, F., Van Pelt, S., Hamer, U., & Makeschin, F. (2008). Soil quality degradation processes along a deforestation chronosequence in the Ziwuling area, China. *Catena*, 75(3), 248-256. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2008.07.003>
- APRILE, F., Siqueira, G. W., Darwich, A. J., Santos, V. D., & Ribeiro, A. A. (2013). Concentration of nutrients in litter as a function of soil type, climate and forest composition in Amazon. *Agr Sci Dev*, 2(8), 59-66. <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/21556>
- ARAI, M. (2006). A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. *Geologia USP. Série Científica*, 6(2), 1-6. <https://doi.org/10.5327/S1519-874X2006000300002>
- ASSIS, P. (2022). Balanço nutricional em uma floresta na Amazônia Central: o papel dos estoques e fluxos na ciclagem de nutrientes. <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/38721>
- AUGUSTO, L., Achat, D. L., Jonard, M., Vidal, D., & Ringeval, B. (2017). Soil parent material— A major driver of plant nutrient limitations in terrestrial ecosystems. *Global change biology*, 23(9), 3808-3824. <https://doi-org.ez81.periodicos.capes.gov.br/10.1111/gcb.13691>
- BALZOTTI, C. S., Asner, G. P., Taylor, P. G., Cleveland, C. C., Cole, R., Martin, R. E., ... & Townsend, A. R. (2016). Environmental controls on canopy foliar nitrogen distributions in a Neotropical lowland forest. *Ecological Applications*, 26(8), 2451-2464. <https://doi-org.ez81.periodicos.capes.gov.br/10.1002/eap.1408>
- BARBOSA, R. I., da Silva, L. F. S. G., de Oliveira Cavalcante, C., & Vista-Roraima, B. (2016). Necromassa florestal: protocolo experimental para estimativas de estoque e produção de



liteira grossa.  
[https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Protocolo\\_Necromassa\\_PPBio\\_Floresta1.pdf](https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Protocolo_Necromassa_PPBio_Floresta1.pdf)

- BARIBAULT, T. W., Kobe, R. K., & Finley, A. O. (2012). Tropical tree growth is correlated with soil phosphorus, potassium, and calcium, though not for legumes. *Ecological Monographs*, 82(2), 189-203. <https://doi-org.ez81.periodicos.capes.gov.br/10.1890/11-1013.1>
- BARLOW, J., Lennox, G. D., Ferreira, J., Berenguer, E., Lees, A. C., Nally, R. M., ... & Gardner, T. A. (2016). Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature*, 535(7610), 144-147. <https://doi.org/10.1038/nature18326>
- BASKENT, E. Z., & Jordan, G. A. (1995). Characterizing spatial structure of forest landscapes. *Canadian Journal of Forest Research*, 25(11), 1830-1849. <https://doi.org/10.1139/x95-198>
- BAUTERS, M., Janssens, I. A., Wasner, D., Doetterl, S., Vermeir, P., Griepentrog, M., ... & Boeckx, P. (2022). Increasing calcium scarcity along Afrotropical forest succession. *Nature Ecology & Evolution*, 6(8), 1122-1131. <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01810-2>
- BAUTERS, M., Grau, O., Doetterl, S., Heineman, K. D., Dalling, J. W., Prada, C. M., ... & Janssens, I. A. (2022). Tropical wood stores substantial amounts of nutrients, but we have limited understanding why. *Biotropica*, 54(3), 596-606. <https://doi.org/10.1111/btp.13069>
- BENBOW, M. E., Barton, P. S., Ulyshen, M. D., Beasley, J. C., DeVault, T. L., Strickland, M. S., ... & Pechal, J. L. (2019). Necrobiome framework for bridging decomposition ecology of autotrophically and heterotrophically derived organic matter. *Ecological Monographs*, 89(1), e01331. <https://doi.org/10.1002/ecm.1331>
- BERNER, E. K., & Berner, R. A. (2012). Global environment: water, air, and geochemical cycles. *Princeton University Press*. <https://doi.org/10.31413/nativa.v5i6.460>
- BIANCHIN, J. E., Marques, R., Blum, H., Oliva, E. V., Donha, C. G., Silveira, F. M., ... & Vargas, G. R. (2017). Micronutrientes na serapilheira depositada em florestas secundárias no litoral do Paraná. *Nativa*, 5(6), 446-455. <https://doi.org/10.31413/nativa.v5i6.4608>
- BIERREGAARD Jr, R. O., Lovejoy, T. E., Kapos, V., dos Santos, A. A., & Hutchings, R. W. (1992). The biological dynamics of tropical rainforest fragments. *BioScience*, 859-866. <https://doi.org/10.2307/1312085>
- BILLINGS, S. A., & Ziegler, S. E. (2008). Altered patterns of soil carbon substrate usage and heterotrophic respiration in a pine forest with elevated CO<sub>2</sub> and N fertilization. *Global Change Biology*, 14(5), 1025-1036. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01562.x>
- BOY, J., & Wilcke, W. (2008). Tropical Andean forest derives calcium and magnesium from Saharan dust. *Global Biogeochemical Cycles*, 22(1). <https://doi.org/10.1029/2007GB002960>
- BROGGIO, I. S. (2018). *Dinâmica da biomassa arbórea em fragmentos de floresta estacional do norte fluminense*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ.
- BROWN, R. B. (1998). Soils and septic systems. University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agriculture Sciences, EDIS.
- BUKOMBE, B., Bauters, M., Boeckx, P., Cizungu, L. N., Cooper, M., Fiener, P., ... & Doetterl, S. (2022). Soil geochemistry—and not topography—as a major driver of carbon allocation, stocks, and dynamics in forests and soils of African tropical montane ecosystems. *New Phytologist*, 236(5), 1676-1690. <https://doi.org/10.1111/nph.18469>

- CALDEIRA, M. V. W., Marques, R., Soares, R. V., & Balbinot, R. (2007). Quantificação de serapilheira e de nutrientes–Floresta Ombrófila Mista Montana–Paraná. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 5(2), 101-116. <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n125.23>
- CALIMAN, J. P., Godinho, T. D. O., Caldeira, M. V. W., Rocha, J. H. T., Drury, M. L., & Castro, K. C. (2020). Seasonal pattern of nutrient cycling in the Atlantic Forest across a topographic gradient. *Scientia Forestalis*, 48(125), 3200. <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n125.23>
- CARDELÚS, C. L., Mekonnen, A. B., Jensen, K. H., Woods, C. L., Baez, M. C., Montufar, M., ... & Peck, W. H. (2020). Edge effects and human disturbance influence soil physical and chemical properties in Sacred Church Forests in Ethiopia. *Plant and Soil*, 453, 329-342. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04595-0>
- CARDELÚS, C. L., Woods, C. L., Bitew Mekonnen, A., Dexter, S., Scull, P., & Tsegay, B. A. (2019). Human disturbance impacts the integrity of sacred church forests, Ethiopia. *PLoS One*, 14(3), e0212430. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212430>
- CARMO, J. B., de Sousa Neto, E. R., Duarte-Neto, P. J., Ometto, J. P. H. B., & Martinelli, L. A. (2012). Conversion of the coastal Atlantic forest to pasture: Consequences for the nitrogen cycle and soil greenhouse gas emissions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 148, 37-43. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.11.010>
- CASTELLANOS-BARLIZA, J., Carmona-Escobar, V., Linero-Cueto, J., Ropain-Hernández, E., & León-Peláez, J. D. (2022). Fine Litter Dynamics in Tropical Dry Forests Located in Two Contrasting Landscapes of the Colombian Caribbean. *Forests*, 13(5), 660. <https://doi.org/10.3390/f13050660>
- CHITI, T., Perugini, L., Vespertino, D., & Valentini, R. (2016). Effect of selective logging on soil organic carbon dynamics in tropical forests in central and western Africa. *Plant and soil*, 399, 283-294. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2697-9>
- CISNEIRO, A.C. (2016). *Estoque e respiração heterotrófica da necromassa na borda e interior de um fragmento de mata atlântica na Rebio União/RJ*. Monografia, Campos dos Goytacazes, RJ.
- CLEVELÁRIO Júnior, J., Barros, N. F. D., Novais, R. F., Villani, E. M. D. A., & Souza, A. L. D. (2021). Total organic carbon and nutrient contents in the soil and litter layer in Tijuca National Park, Rio de Janeiro, Brazil. *Ciência Florestal*, 31, 01-19. <https://doi.org/10.5902/198050986335>
- COLOMBO, A. F., & Joly, C. A. (2010). Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. *Brazilian Journal of Biology*, 70, 697-708. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842010000400002>
- CONDIT, R., Engelbrecht, B. M., Pino, D., Pérez, R., & Turner, B. L. (2013). Species distributions in response to individual soil nutrients and seasonal drought across a community of tropical trees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(13), 5064-5068. <https://doi.org/10.1073/pnas.1218042110>
- COSTA, S. D. V., Pesquero, M. A., & Junqueira, M. H. M. (2019). Litterfall deposition and decomposition in an Atlantic Forest in southern Goiás. *Floresta e Ambiente*, 26. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.074417>
- CUKE, M., & Srivastava, D. S. (2016). Divergent effects of tropical forest fragmentation and conversion on leaf litter decomposition. *Landscape ecology*, 31, 1037-1050. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0316-z>

- CUNHA, G. D. M., & Gama-Rodrigues, A. C. (2014). Does nutrient cycling differ between fragments of Atlantic Forest with distinct structural aspects? A case study in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 28, 609-616. <https://doi.org/10.1590/0102-33062014abb3525>
- CUNHA, H. F. V., Andersen, K. M., Lugli, L. F., Santana, F. D., Aleixo, I. F., Moraes, A. M., ... & Quesada, C. A. (2022). Direct evidence for phosphorus limitation on Amazon forest productivity. *Nature*, 608(7923), 558-562. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05085-2>
- CURRIE, D. J. (1991). Energy and large-scale patterns of animal-and plant-species richness. *The American Naturalist*, 137(1), 27-49. <https://doi.org/10.1086/285144>
- CYRINO, V.M.E, 2018. *Efeito da fragmentação florestal sobre a necromassa em floresta ombrófila da mata atlântica no rio de janeiro*, Monografia, Campos dos Goytacazes, RJ.
- CYRINO, V. M. E. (2021). *Influência do tipo florestal e da fragmentação na composição elementar e isotópica do carbono e nitrogênio no solo e na necromassa vegetal da Mata Atlântica*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ.
- D'ALBERTAS, F., Costa, K., Romitelli, I., Barbosa, J. M., Vieira, S. A., & Metzger, J. P. (2018). Lack of evidence of edge age and additive edge effects on carbon stocks in a tropical forest. *Forest Ecology and Management*, 407, 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.042>
- DAMBROS, C. S., da Silva, V. N. V., Azevedo, R., & de Moraes, J. W. (2013). Road-associated edge effects in Amazonia change termite community composition by modifying environmental conditions. *Journal for Nature Conservation*, 21(5), 279-285. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2013.02.003>
- DELARMELENA, M. W., Winckler Caldeira, M. V., Gomes Junior, D., de Oliveira Godinho, T., Pizzol Caliman, J., de Oliveira Gonçalves, E., ... & Santos da Silva, C. (2022). Soil attributes and spatial variability of soil organic carbon stock under the Atlantic Forest, Brazil. *Ciência Florestal* (01039954), 32(3).
- DEUSDARÁ, K. R. L., Forti, M. C., Borma, L. S., Menezes, R. S. C., Lima, J. R. S., & Ometto, J. P. H. B. (2017). Rainwater chemistry and bulk atmospheric deposition in a tropical semiarid ecosystem: the Brazilian Caatinga. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 74, 71-85. <https://doi.org/10.1007/s10874-016-9341-9>
- DIETTERICH, L. H., Bouskill, N. J., Brown, M., Castro, B., Chacon, S. S., Colburn, L., ... & Cusack, D. F. (2022). Effects of experimental and seasonal drying on soil microbial biomass and nutrient cycling in four lowland tropical forests. *Biogeochemistry*, 161(2), 227-250. <https://doi.org/10.1007/s10533-022-00980-2>
- DIXO, M., Metzger, J. P., Morgante, J. S., & Zamudio, K. R. (2009). Habitat fragmentation reduces genetic diversity and connectivity among toad populations in the Brazilian Atlantic Coastal Forest. *Biological Conservation*, 142(8), 1560-1569. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.11.016>
- DOBSON, A., Lodge, D., Alder, J., Cumming, G. S., Keymer, J., McGlade, J., ... & Xenopoulos, M. A. (2006). Habitat loss, trophic collapse, and the decline of ecosystem services. *Ecology*, 87(8), 1915-1924. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[1915:HLTCAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[1915:HLTCAT]2.0.CO;2)
- DUBREUIL, V., Fante, K. P., Planchon, O., & Neto, J. L. S. A. (2018). Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, (37). <https://doi.org/10.4000/confins.15738>

- DUDDIGAN, S., Shaw, L. J., Alexander, P. D., & Collins, C. D. (2020). Chemical underpinning of the tea bag index: an examination of the decomposition of tea leaves. *Applied and Environmental Soil Science*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/6085180>
- DURIGAN, G., Franco, G. A. D. C., Saito, M., & Baitello, J. B. (2000). Estrutura e diversidade do componente arbóreo da floresta na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. *Brazilian Journal of Botany*, 23, 371-383. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042000000400003>
- ELLERT, B. H., & Bettany, J. R. (1995). Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. *Canadian Journal of Soil Science*, 75(4), 529-538. <https://doi.org/10.4141/cjss95-075>
- EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Rio de Janeiro**, 1997.
- EWERS, R. M., Thorpe, S., & Didham, R. K. (2007). Synergistic interactions between edge and area effects in a heavily fragmented landscape. *Ecology*, 88(1), 96-106. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2007\)88\[96:SIBEAA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2007)88[96:SIBEAA]2.0.CO;2)
- FANIN, T., & Van Der Werf, G. R. (2015). Relationships between burned area, forest cover loss, and land cover change in the Brazilian Amazon based on satellite data. *Biogeosciences*, 12(20), 6033-6043. <https://doi.org/10.5194/bg-12-6033-2015>, 2015
- FARHAT, N., Elkhouni, A., Zorrig, W., Smaoui, A., Abdelly, C., & Rabhi, M. (2016). Effects of magnesium deficiency on photosynthesis and carbohydrate partitioning. *Acta physiologiae plantarum*, 38(6), 145. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2165-z>
- FELLER, C., & Beare, M. H. (1997). Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma*, 79(1-4), 69-116. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(97\)00039-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(97)00039-6)
- FILIPPELLI, G. M. (2002). The global phosphorus cycle. *Reviews in mineralogy and geochemistry*, 48(1), 391-425. <https://doi.org/10.2138/rmg.2002.48.10>
- FISHER, J. B., Malhi, Y., Torres, I. C., Metcalfe, D. B., van de Weg, M. J., Meir, P., ... & Huasco, W. H. (2013). Nutrient limitation in rainforests and cloud forests along a 3,000-m elevation gradient in the Peruvian Andes. *Oecologia*, 172, 889-902. <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2522-6>
- FLETCHER Jr, R. J. (2005). Multiple edge effects and their implications in fragmented landscapes. *Journal of Animal Ecology*, 74(2), 342-352. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2005.00930.x>
- FLORES, B. M., Staal, A., Jakovac, C. C., Hirota, M., Holmgren, M., & Oliveira, R. S. (2020). Soil erosion as a resilience drain in disturbed tropical forests. *Plant and Soil*, 450, 11-25. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04097-8>
- FLORES-RENTERÍA, D., Rincón, A., Morán-López, T., Hereş, A. M., Pérez-Izquierdo, L., Valladares, F., & Yuste, J. C. (2018). Habitat fragmentation is linked to cascading effects on soil functioning and CO<sub>2</sub> emissions in Mediterranean holm-oak-forests. *PeerJ*, 6, e5857. <https://doi.org/10.7717/peerj.5857>
- FREY, S. D. (2019). Mycorrhizal fungi as mediators of soil organic matter dynamics. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 50, 237-259.
- FYLLAS, N. M., Patiño, S., Baker, T. R., Bielefeld Nardoto, G., Martinelli, L. A., Quesada, C. A., ... & Lloyd, J. (2009). Basin-wide variations in foliar properties of Amazonian forest: phylogeny, soils and climate. *Biogeosciences*, 6(11), 2677-2708. <https://doi.org/10.5194/bg->

6-2677-2009

- GAMA, D. M. 2005. *Efeitos de borda sobre o solo, camada de serapilheira e decomposição foliar em um fragmento de Mata Atlântica na Reserva Biológica União, RJ.* (Tese de Doutorado em Biociências e Biotecnologia), Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes-RJ.
- GARCÍA-RUIZ, J. M., Beguería, S., Lana-Renault, N., Nadal-Romero, E., & Cerdà, A. (2017). Ongoing and emerging questions in water erosion studies. *Land Degradation & Development*, 28(1), 5-21. <https://doi.org/10.1002/ldr.2641>
- GAVITO, M. E., Sandoval-Pérez, A. L., del Castillo, K., Cohen-Salgado, D., Colarte-Avilés, M. E., Mora, F., ... & Urquijo-Ramos, C. (2018). Resilience of soil nutrient availability and organic matter decomposition to hurricane impact in a tropical dry forest ecosystem. *Forest Ecology and Management*, 426, 81-90. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.08.041>
- GETANEH, S., Honnay, O., Desie, E., Helsen, K., Couck, L., Shibru, S., & Muys, B. (2022). Impact of tree litter identity, litter diversity and habitat quality on litter decomposition rates in tropical moist evergreen forest. *Forest Ecosystems*, 9, 100023. <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2022.100023>
- GIBBS, H. K., Ruesch, A. S., Achard, F., Clayton, M. K., Holmgren, P., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2010). Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(38), 16732-16737. <https://doi.org/10.1073/pnas.0910275107>
- GIWETA, M. (2020). Role of litter production and its decomposition, and factors affecting the processes in a tropical forest ecosystem: a review. *Journal of Ecology and Environment*, 44(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s41610-020-0151-2>
- GODINHO, T. D. O., Caldeira, M. V. W., Rocha, J. H. T., Caliman, J. P., & Trazzi, P. A. (2014). Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. *Cerne*, 20, 11-20. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602014000100002>
- HAN, X., Huang, J., & Zang, R. (2022). Soil nutrients and climate seasonality drive differentiation of ecological strategies of species in forests across four climatic zones. *Plant and Soil*, 473(1-2), 517-531. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05303-w>
- HARMON, M. E., Franklin, J. F., Swanson, F. J., Sollins, P., Gregory, S. V., Lattin, J. D., ... & Cummins, K. W. (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in ecological research*, 15, 133-302. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60121-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60121-X)
- He, X., Chu, C., Yang, Y., Shu, Z., Li, B., & Hou, E. (2021). Bedrock and climate jointly control the phosphorus status of subtropical forests along two elevational gradients. *Catena*, 206, 105525. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105525>
- HEARTSILL-SCALLEY, T., Scatena, F. N., Estrada, C., McDowell, W. H., & Lugo, A. E. (2007). Disturbance and long-term patterns of rainfall and throughfall nutrient fluxes in a subtropical wet forest in Puerto Rico. *Journal of Hydrology*, 333(2-4), 472-485. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.09.019>
- HICKS, L. C., Lajtha, K., & Rousk, J. (2021). Nutrient limitation may induce microbial mining for resources from persistent soil organic matter. *Ecology*, 102(6), e03328. <https://doi.org/10.1002/ecy.3328>

- HOFHANSL, F., Chacón-Madrigal, E., Fuchslueger, L., Jenking, D., Morera-Beita, A., Plutzer, C., ... & Wanek, W. (2020). Climatic and edaphic controls over tropical forest diversity and vegetation carbon storage. *Scientific Reports*, 10(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61868-5>
- HOLDRIDGE, L. R. (1947). Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, 105(2727), 367-368.
- HOOPER, D. U., Adair, E. C., Cardinale, B. J., Byrnes, J. E., Hungate, B. A., Matulich, K. L., ... & O'Connor, M. I. (2012). A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*, 486(7401), 105-108. <https://doi.org/10.1038/nature11118>
- HOU, E., Wen, D., Jiang, L., Luo, X., Kuang, Y., Lu, X., ... & Luo, Y. (2021). Latitudinal patterns of terrestrial phosphorus limitation over the globe. *Ecology letters*, 24(7), 1420-1431. <https://doi.org/10.1038/nature11118>
- IBGE, R. (2012). Manual técnico da vegetação brasileira.
- ISE, T., & Moorcroft, P. R. (2006). The global-scale temperature and moisture dependencies of soil organic carbon decomposition: an analysis using a mechanistic decomposition model. *Biogeochemistry*, 80, 217-231. <https://doi.org/10.1007/s10533-006-9019-5>
- JARAMILLO, V. J., Martínez-Yrizar, A., Maass, M., Nava-Mendoza, M., Castañeda-Gómez, L., Ahedo-Hernández, R., ... & Verduzco, A. (2018). Hurricane impact on biogeochemical processes in a tropical dry forest in western Mexico. *Forest Ecology and Management*, 426, 72-80.
- JIA, Y., Yu, G., Gao, Y., He, N., Wang, Q., Jiao, C., & Zuo, Y. (2016). Global inorganic nitrogen dry deposition inferred from ground-and space-based measurements. *Scientific Reports*, 6(1), 1-11. DOI: 10.1038/srep19810
- JOLY, C. A., Metzger, J. P., & Tabarelli, M. (2014). Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. *New phytologist*, 204(3), 459-473. <https://doi.org/10.1111/nph.12989>
- JÚNIOR, D. G., Caldeira, M. V. W., Kunz, S. H., Delarmelina, W. M., Momolli, D. R., de Oliveira Gonçalves, E., & Moreau, J. S. (2022). Seasonal litterfall and nutrients in an Atlantic Forest fragment. *Ambiente e Agua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 17(1), 1-15. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2775>
- KOPER, N., Walker, D. J., & Champagne, J. (2009). Nonlinear effects of distance to habitat edge on Sprague's pipits in southern Alberta, Canada. *Landscape Ecology*, 24, 1287-1297. <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9375-3>
- KOEPFEN, W. (1948). *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra* (No. QC861 K6).
- KRISHNA, M. P., & Mohan, M. (2017). Litter decomposition in forest ecosystems: a review. *Energy, Ecology and Environment*, 2, 236-249. <https://doi.org/10.1007/s40974-017-0064-9>
- KUMAR, A., Singh, U. M., Manohar, M., & Gaur, V. S. (2015). Calcium transport from source to sink: understanding the mechanism (s) of acquisition, translocation, and accumulation for crop biofortification. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11738-014-1722-6>

- LAMBERS, H., Brundrett, M. C., Raven, J. A., & Hopper, S. D. (2011). Plant mineral nutrition in ancient landscapes: high plant species diversity on infertile soils is linked to functional diversity for nutritional strategies. *Plant and Soil*, 348, 7-27. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0977-6>
- LAURANCE, W. F., Ferreira, L. V., Rankin-de Merona, J. M., & Laurance, S. G. (1998). Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology*, 79(6), 2032-2040. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1998\)079\[2032:RFFATD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079[2032:RFFATD]2.0.CO;2)
- LAURANCE, W. F., Delamônica, P., Laurance, S. G., Vasconcelos, H. L., & Lovejoy, T. E. (2000). Rainforest fragmentation kills big trees. *Nature*, 404(6780), 836-836. <https://doi.org/10.1038/35009032>
- LIMA, J.A.S. 2009. *Biomassa arbórea e estoques de nutrientes em fragmentos florestais da baixada litorânea fluminense: o efeito da fragmentação da Mata Atlântica*. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, p.169.
- LIMA, J. D. S., VILLELA, D., & MANZATTO, C. (2008). Biomassa arbórea em fragmentos da Mata Atlântica Fluminense.
- LIU, J., Coomes, D. A., Gibson, L., Hu, G., Liu, J., Luo, Y., ... & Yu, M. (2019). Forest fragmentation in China and its effect on biodiversity. *Biological Reviews*, 94(5), 1636-1657. <https://doi.org/10.1111/brv.12519>
- LOPES, M. I. M. S., Ribeiro Dos Santos, A., Zuliani Sandrin Camargo, C., Bulbovas, P., Giampaoli, P., & Domingos, M. (2015). Soil chemical and physical status in semideciduous Atlantic Forest fragments affected by atmospheric deposition in central-eastern São Paulo State, Brazil. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 8(6), 798. <https://doi.org/10.3832/ifer1258-007>
- LOPES, R. F., Melo, A. S., & Santos, M. G. (2022). Drought tolerance mechanisms of a woody evergreen in a tropical dry forest. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 34(3), 433-445. <https://doi.org/10.1007/s40626-022-00256-y>
- LORANGER, G., Ponge, J. F., Imbert, D., & Lavelle, P. (2002). Leaf decomposition in two semi-evergreen tropical forests: influence of litter quality. *Biology and fertility of soils*, 35, 247-252. <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0467-3>
- LÜ, X. T., & Han, X. G. (2010). Nutrient resorption responses to water and nitrogen amendment in semi-arid grassland of Inner Mongolia, China. *Plant and Soil*, 327, 481-491. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0078-y>
- MA, L., Shen, C., Lou, D., Fu, S., & Guan, D. (2017). Ecosystem carbon storage in forest fragments of differing patch size. *Scientific reports*, 7(1), 1-8. DOI:10.1038/s41598-017-13598-4
- MACHADO, M. R., Souza, R. C. D., Calvi, G. P., Piña-Rodrigues, F. C. M., & Leles, P. S. D. S. (2018). Litterfall: a bio-indicator for edge effect in a Semi-deciduous Seasonal Forest. *Floresta e Ambiente*, 25. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.052817>
- MACHADO, M. R., Sampaio, P. D. T. B., Ferraz, J., Camara, R., & Pereira, M. G. (2016). Nutrient retranslocation in forest species in the Brazilian Amazon. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 38, 93-101. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i1.26805>

- MAGNAGO, L. F. S., Magrach, A., Barlow, J., Schaefer, C. E. G. R., Laurance, W. F., Martins, S. V., & Edwards, D. P. (2017). Do fragment size and edge effects predict carbon stocks in trees and lianas in tropical forests?. *Functional Ecology*, 31(2), 542-552. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12752>
- MAGNAGO, L. F. S., Rocha, M. F., Meyer, L., Martins, S. V., & Meira-Neto, J. A. A. (2015). Microclimatic conditions at forest edges have significant impacts on vegetation structure in large Atlantic forest fragments. *Biodiversity and Conservation*, 24, 2305-2318. <https://doi.org/10.1007/s10531-015-0961-1>
- MARTINELLI, L. A., Lins, S. R., & dos Santos-Silva, J. C. (2017). Fine litterfall in the Brazilian Atlantic forest. *Biotropica*, 49(4), 443-451. <https://doi.org/10.1111/btp.12448>
- MARTINELLI, L. A., Almeida, S., Brown, I. F., Moreira, M. Z., Victória, R. L., Filoso, S., ... & Thomas, W. W. (2000). Variation in Nutrient Distribution and Potential Nutrient Losses by Selective Logging in a Humid Tropical Forest of Rondonia, Brazil 1. *Biotropica*, 32(4a), 597-613. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00507.x>
- MARTIUS, C., Höfer, H., Garcia, M. V., Römbke, J., Förster, B., & Hanagarth, W. (2004). Microclimate in agroforestry systems in central Amazonia: does canopy closure matter to soil organisms?. *Agroforestry Systems*, 60(3), 291.
- MELILLO, J. M., Steudler, P. A., Aber, J. D., Newkirk, K., Lux, H., Bowles, F. P., ... & Morrisseau, S. (2002). Soil warming and carbon-cycle feedbacks to the climate system. *Science*, 298(5601), 2173-2176. DOI: 10.1126/science.10741
- MELITO, M., Metzger, J. P., & de Oliveira, A. A. (2018). Landscape-level effects on aboveground biomass of tropical forests: A conceptual framework. *Global change biology*, 24(2), 597-607. <https://doi.org/10.1111/gcb.13970>
- MENDONÇA-SANTOS, M. D. L., dos SANTOS, H. G., Dart, R. D. O., & Pares, J. G. (2007). Modelagem e mapeamento digital de estoque de carbono orgânico na camada superficial dos solos (0-10 cm) do Estado do Rio de Janeiro.
- MENEZES, L. F. T. D., Souza, R. C. D., Pereira, M. G., Pires, F. R., Fanticelle, B. S., & Araujo-Filho, P. B. (2020). Different patterns of nutrient cycling in contiguous phytogeographies of Atlantic Forest, Brazil. *Floresta e Ambiente*, 27. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.004519>
- METZGER, J. P., FONSECA, M. D., OLIVEIRA-FILHO, F. D., & Martensen, A. C. (2007). O uso de modelos em Ecologia de Paisagens. *Megadiversidade*, 3(1-2), 64-73.
- MIATTO, R. C., Wright, I. J., & Batalha, M. A. (2016). Relationships between soil nutrient status and nutrient-related leaf traits in Brazilian cerrado and seasonal forest communities. *Plant and Soil*, 404, 13-33. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2796-2>
- MOREIRA, A., Moutinho, P., Nepstad, D., & Oliveira, A. (1999). Evolution of the Brazilian phytogeography classification systems: implications for biodiversity conservation. *Ciência e cultura*, 51(5/6), 331-348.
- MITCHELL, M. G., Suarez-Castro, A. F., Martinez-Harms, M., Maron, M., McAlpine, C., Gaston, K. J., ... & Rhodes, J. R. (2015). Reframing landscape fragmentation's effects on ecosystem services. *Trends in ecology & evolution*, 30(4), 190-198. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.01.011>



- MORELLATO, L. P. C., & Haddad, C. F. (2000). Introduction: The Brazilian Atlantic Forest 1. *Biotropica*, 32(4b), 786-792. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00618.x>
- MORENO-JIMÉNEZ, E., Plaza, C., Saiz, H., Manzano, R., Flagmeier, M., & Maestre, F. T. (2019). Aridity and reduced soil micronutrient availability in global drylands. *Nature sustainability*, 2(5), 371-377. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0262-x>
- MURCIA, C. (1995). Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in ecology & evolution*, 10(2), 58-62. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)88977-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)88977-6)
- MYERS, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- NARDOTO, G. B., Ometto, J. P. H. B., Ehleringer, J. R., Higuchi, N., Bustamante, M. M. D. C., & Martinelli, L. A. (2008). Understanding the influences of spatial patterns on N availability within the Brazilian Amazon forest. *Ecosystems*, 11, 1234-1246. <https://doi.org/10.1007/s10021-008-9189-1>
- NASCIMENTO, A. C. P. (2005). *Produção e aporte de nutrientes da serrapilheira em um fragmento de mata atlântica na Reserva União, RJ: efeito de borda*. Doctoral dissertation, Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- NASCIMENTO, M. T., Barbosa, R. I., Dexter, K. G., de Castilho, C. V., da Silva Carvalho, L. C., & Villela, D. M. (2017). Is the *Peltogyne gracilipes* monodominant forest characterised by distinct soils?. *Acta Oecologica*, 85, 104-107. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2017.10.001>
- NETO, N. N. B. N. (2020). *Dinâmica da comunidade arbórea de uma floresta estacional semidecidual de tabuleiro do Norte Fluminense no período de 1996 a 2019*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- NOVAIS, R., Alvarez, V., De Barros, M. F., Fontes, R., Cantarutti, R., & Neves, J. (2007). Fertilidade do solo-Viçosa. MG: SBCS.
- NUMATA, I., Silva, S. S., Cochrane, M. A., & d'Oliveira, M. V. (2017). Fire and edge effects in a fragmented tropical forest landscape in the southwestern Amazon. *Forest Ecology and Management*, 401, 135-146. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.07.010>
- OLIVEIRA FILHO, J.S., da Silva Barrozo, M. V., & Pereira, M. G. (2022). Environmental factors and land use changes controlling the availability of phosphorus in dryland soils. *Journal of Arid Environments*, 202, 104770. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104770>
- OLIVEIRA, T. G. *Respiração da necromassa em fragmentos de floresta Ombrófila da mata atlântica no rio de janeiro: efeito de borda*. 2018. Monografia (Ciências Biológicas), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T., & Fontes, M. A. L. (2000). Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate 1. *Biotropica*, 32(4b), 793-810. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00619.x>
- OLIVEIRA-FILHO, A. T., Tameirão-Neto, E., Carvalho, W. A., Werneck, M., Brina, A. E., Vidal, C. V., ... & Pereira, J. A. A. (2005). Floristic analysis of the tree component of atlantic forest

- areas in Central Eastern Brazil. *Rodriguesia*, 56, 185-235. <https://doi.org/10.1590/2175-78602005568715>
- OLIVEIRA, P. P., Nascimento, M. T., Carvalho, F. A., Villela, D., Kierulff, M. C. M., Veruli, V. P., ... & da Silva, A. P. (2008). Qualidade do habitat na área de ocorrência do mico-leão-dourado. *Conservação do mico-leão-dourado*, 28820, 14.
- OZIEGBE, M. B., Muoghalu, J. I., & Oke, S. O. (2011). Litterfall, precipitation and nutrient fluxes in a secondary lowland rain forest in Ile-Ife, Nigeria. *Acta Botanica Brasílica*, 25, 664-671. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062011000300020>
- PALACE, M., Keller, M., Hurtt, G., & Frohking, S. (2012). A review of above ground necromass in tropical forests. *Tropical forests*, 215-252. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062011000300020>
- PARK, B. B., Rahman, A., Han, S. H., Youn, W. B., Hyun, H. J., Hernandez, J., & An, J. Y. (2020). Carbon and nutrient inputs by litterfall in evergreen and deciduous forests in Korea. *Forests*, 11(2), 143. <https://doi.org/10.3390/f11020143>
- PAUDEL, E., Dossa, G. G., de Blécourt, M., Beckschäfer, P., Xu, J., & Harrison, R. D. (2015). Quantifying the factors affecting leaf litter decomposition across a tropical forest disturbance gradient. *Ecosphere*, 6(12), 1-20. <https://doi.org/10.1890/ES15-00112.1>
- PAUL, A. L., Isnard, S., Brearley, F. Q., Echevarria, G., Baker, A. J., Erskine, P. D., & van Der Ent, A. (2022). Stocks and biogeochemical cycling of soil-derived nutrients in an ultramafic rain forest in New Caledonia. *Forest Ecology and Management*, 509, 120049. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120049>
- PEGUERO, G., Sol, D., Arnedo, M., Petersen, H., Salmon, S., Ponge, J. F., ... & Peñuelas, J. (2019). Fast attrition of springtail communities by experimental drought and richness–decomposition relationships across Europe. *Global change biology*, 25(8), 2727-2738. <https://doi.org/10.1111/gcb.14685>
- PEH, K. S. H., Sonké, B., Lloyd, J., Quesada, C. A., & Lewis, S. L. (2011). Soil does not explain monodominance in a Central African tropical forest. *PloS one*, 6(2), e16996. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016996>
- PESSANHA, C. 2019. *Carbono e nitrogênio no solo em fragmentos de floresta estacional de tabuleiro no norte fluminense*. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ.
- PIETSCH, K. A., Eichenberg, D., Nadrowski, K., Bauhus, J., Buscot, F., Purahong, W., ... & Wirth, C. (2019). Wood decomposition is more strongly controlled by temperature than by tree species and decomposer diversity in highly species rich subtropical forests. *Oikos*, 128(5), 701-715. <https://doi.org/10.1111/oik.04879>
- PIMENTA, J. A., Rossi, L. B., Torezan, J. M. D., Cavalheiro, A. L., & Bianchini, E. (2011). Litter production and nutrient cycling in a reforested area and a seasonal semideciduous forest in Southern Brazil. *Acta Botanica Brasílica*, 25, 53-57. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062011000100008>
- PIMENTEL, D., & Kounang, N. (1998). Ecology of soil erosion in ecosystems. *Ecosystems*, 1, 416-426. <https://doi.org/10.1007/s100219900035>
- PONETTE-GONZÁLEZ, A. G., Ewing, H. A., & Weathers, K. C. (2016). Interactions between precipitation and vegetation canopies. *A biogeoscience approach to ecosystems*, 215-253.

- PORDER, S., Asner, G. P., & Vitousek, P. M. (2005). Ground-based and remotely sensed nutrient availability across a tropical landscape. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(31), 10909-10912. <https://doi.org/10.1073/pnas.0504929102>
- POWERS, J. S., & Marín-Spiotta, E. (2017). Ecosystem processes and biogeochemical cycles in secondary tropical forest succession. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, 497-519. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022944>
- PPBIO-AM. 2015. *Protocolo coleta de solos para determinar perfis deformados*.
- PRESCOTT, C. E. (2002). The influence of the forest canopy on nutrient cycling. *Tree physiology*, 22(15-16), 1193-1200. <https://doi.org/10.1093/treephys/22.15-16.1193>
- PRICE, S. P., Bradford, M. A., & Ashton, M. S. (2012). Characterizing organic carbon stocks and flows in forest soils. *Managing forest carbon in a changing climate*, 7-30. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-2232-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2232-3_2)
- PROCTOR, J., Anderson, J. M., Chai, P., & Vallack, H. W. (1983). Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gunung Mulu National Park, Sarawak: I. Forest environment, structure and floristics. *The Journal of Ecology*, 237-260. <https://doi.org/10.2307/2259975>
- PUGNAIRE, F. I., Morillo, J. A., Peñuelas, J., Reich, P. B., Bardgett, R. D., Gaxiola, A., ... & Van Der Putten, W. H. (2019). Climate change effects on plant-soil feedbacks and consequences for biodiversity and functioning of terrestrial ecosystems. *Science advances*, 5(11), eaaz1834. DOI: 10.1126/sciadv.aaz183
- PULLA, S., Riotte, J., Suresh, H. S., Dattaraja, H. S., & Sukumar, R. (2016). Controls of soil spatial variability in a dry tropical forest. *PLoS One*, 11(4), e0153212. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153212>
- PÜTZ, S., Groeneveld, J., Alves, L. F., Metzger, J. P., & Huth, A. (2011). Fragmentation drives tropical forest fragments to early successional states: a modelling study for Brazilian Atlantic forests. *Ecological Modelling*, 222(12), 1986-1997. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.03.038>
- R CORE TEAM. 2019. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- RANTA, P., Blom, T. O. M., Niemela, J. A. R. I., Joensuu, E., & Siitonen, M. (1998). The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. *Biodiversity & Conservation*, 7, 385-403. <https://doi.org/10.1023/A:1008885813543>
- RAULINO, W. N. C., Freire, F. J., Assunção, E. A. D. A., Ataíde, K. M. P. D., Silva, H. V. D., & Silva, A. C. F. D. (2020). Nutrition of tree species in tropical dry forest and rainforest environments. *Revista Ceres*, 67, 70-80. <https://doi.org/10.1590/0034-737X202067010010>
- REICH, P. B., Wright, I. J., Cavender-Bares, J., Craine, J. M., Oleksyn, J., Westoby, M., & Walters, M. B. (2003). The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. *International Journal of Plant Sciences*, 164(S3), S143-S164. <https://doi.org/10.1086/374368>

- REIS, B. N. (2019). *Efeito de borda sobre a dinâmica da biomassa arbórea em fragmento de floresta ombrófila da Mata Atlântica*. Dissertação de Mestrado (Ecologia e Recursos Naturais), UENF, Campos dos Goytacazes-RJ. 117p.
- REZENDE, C. L., Scarano, F. R., Assad, E. D., Joly, C. A., Metzger, J. P., Strassburg, B. B. N., ... & Mittermeier, R. A. (2018). From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspectives in ecology and conservation*, 16(4), 208-214. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.10.002>
- RIBEIRO, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J., & Hirota, M. M. (2009). The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological conservation*, 142(6), 1141-1153. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>
- RIPLEY, Brian et al. Package 'mass'. **Cran r**, v. 538, p. 113-120, 2013.
- ROCHA, F. I., da Conceição Jesus, E., Teixeira, W. G., Lumbrreras, J. F., de Paula Clemente, E., da Motta, P. E. F., ... & de Oliveira, A. P. (2023). Soil type determines the magnitude of soil fertility changes by forest-to-pasture conversion in Western Amazonia. *Science of The Total Environment*, 856, 158955. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158955>
- RODRIGUES, P.J.F.P. (2004). *A vegetação da Reserva Biológica União e os efeitos de borda na Mata Atlântica fragmentada*. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, 136p.
- RUTISHAUSER, E., Hérault, B., Petronelli, P., & Sist, P. (2016). Tree height reduction after selective logging in a tropical forest. *Biotropica*, 48(3), 285-289. <https://doi.org/10.1111/btp.12326>
- SALINAS, N., Malhi, Y., Meir, P., Silman, M., Roman Cuesta, R., Huaman, J., ... & Farfan, F. (2011). The sensitivity of tropical leaf litter decomposition to temperature: results from a large-scale leaf translocation experiment along an elevation gradient in Peruvian forests. *New phytologist*, 189(4), 967-977. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03521.x>
- SANTIAGO, L. S., Wright, S. J., Harms, K. E., Yavitt, J. B., Korine, C., Garcia, M. N., & Turner, B. L. (2012). Tropical tree seedling growth responses to nitrogen, phosphorus and potassium addition. *Journal of Ecology*, 309-316. <https://www.jstor.org/stable/41496081>
- SANTONJA, M., Fernandez, C., Proffit, M., Gers, C., Gauquelin, T., Reiter, I. M., ... & Baldy, V. (2017). Plant litter mixture partly mitigates the negative effects of extended drought on soil biota and litter decomposition in a Mediterranean oak forest. *Journal of Ecology*, 105(3), 801-815. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12711>
- SANTOS, J. S. P. D. (2021). Retranslocação de nutrientes foliares de espécies arbóreas de terra firme da Amazônia Central. <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/38214>
- SANTOS, L. B., & Guerra, A. J. T. (2015). Influência da estrutura florestal nas características físico-químicas do solo e no estoque de serrapilheira<sup>1</sup>. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(03), 867-880.
- SANTOS, M. O. D., Barreto-Garcia, P. A. B., & Gama-Rodrigues, E. F. (2019). Soil microbial biomass as an edge effect indicator in semi-deciduous seasonal forest fragments. *Floresta e ambiente*, 26. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.103717>

- SARDANS, J., & Peñuelas, J. (2015). Potassium: a neglected nutrient in global change. *Global Ecology and Biogeography*, 24(3), 261-275. <https://doi.org/10.1111/geb.12259>
- SCARANO, F. R. (2002). Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. *Annals of Botany*, 90(4), 517-524. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf189>
- SCARANO, F. R., & Ceotto, P. (2015). Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. *Biodiversity and Conservation*, 24(9), 2319-2331. <https://doi.org/10.1007/s10531-015-0972-y>
- SCHEER, M. B., Gatti, G., & Wisniewski, C. (2011). Nutrient fluxes in litterfall of a secondary successional alluvial rain forest in Southern Brazil. *Revista de Biología Tropical*, 59(4), 1869-1882.
- SCHRÖDER, T., & Fleig, F. D. (2017). Spatial patterns and edge effects on soil organic matter and nutrients in a forest fragment of southern Brazil. *Soil research*, 55(7), 649-656. <https://doi.org/10.1071/SR16186>
- SCHULZE, E. D. (2000). *The carbon and nitrogen cycle of forest ecosystems* (pp. 3-13). Springer Berlin Heidelberg.
- SILVA, A. P. (2009). *Ciclagem de nutrientes de mata atlântica de baixada na APA do Rio São Joao, RJ: Efeito do tamanho do fragmento*, Tese em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.
- SILVA, A. P. D., & Villela, D. M. (2015). Nutrientes foliares de espécies arbóreas na Mata Atlântica: efeito do tamanho do fragmento. *Ciência Florestal*, 25, 317-325. <https://doi.org/10.5902/1980509818449>
- SILVA, C. F., de Souza, R. C., Pereira, M. G., Pinto, L. A. D. S. R., Ferreira, R., Correia, M. E. F., ... & da Silva, T. P. (2021). Edaphic attributes indicative of edge effect in Semideciduous tropical forest. *Acta Oecologica*, 113, 103776. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2021.103776>
- SILVA, G. C., & nascimento, m. T. (2001). Fitossociologia de um remanescente de mata sobre tabuleiros no norte do estado do Rio de Janeiro (Mata do Carvão). *Brazilian Journal of Botany*, 24, 51-62. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042001000100006>
- SILVA, J. F., Fariñas, M. R., Felfili, J. M., & Klink, C. A. (2006). Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. *Journal of biogeography*, 33(3), 536-548. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01422.x>
- SILVA, L. F. S. G., de Castilho, C. V., de Oliveira Cavalcante, C., Pimentel, T. P., Fearnside, P. M., & Barbosa, R. I. (2016). Production and stock of coarse woody debris across a hydro-edaphic gradient of oligotrophic forests in the northern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 364, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.12.045>
- SILVA, V. D. 2013. *Respiração heterotrófica e estoques de necromassa grossa em regiões de borda e interior em fragmentos de Mata Atlântica*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.
- SILVER, W. L., Hall, S. J., & González, G. (2014). Differential effects of canopy trimming and litter deposition on litterfall and nutrient dynamics in a wet subtropical forest. *Forest Ecology and Management*, 332, 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05.018>

- SLOBODA, B., Marques, R., Bianchin, J., Blum, H., Donha, C., Silveira, F., & Capretz, R. (2017). Litterfall and nutrient dynamics in a mature Atlantic Rainforest in Brazil. *Floresta e Ambiente*, 24.
- SONG, X. P., Hansen, M. C., Stehman, S. V., Potapov, P. V., Tyukavina, A., Vermote, E. F., & Townshend, J. R. (2018). Global land change from 1982 to 2016. *Nature*, 560(7720), 639-643. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0411-9>
- SOS Mata Atlântica & INPE. (2019). Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica 2017-2018. São Paulo.
- SOS Mata Atlântica. (2018). *Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica período 2016-2017*. São Paulo, Brazil: SOS Mata Atlântica.
- SOUZA, A. F., & Martins, F. R. (2004). Microsite specialization and spatial distribution of *Geonoma brevispatha*, a clonal palm in south-eastern Brazil. *Ecological Research*, 19, 521-532. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1703.2004.00670.x>
- STEIN, A., Gerstner, K., & Kreft, H. (2014). Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecology letters*, 17(7), 866-880. <https://doi.org/10.1111/ele.12277>
- SUSEELA, V., Tharayil, N., Xing, B., & Dukes, J. S. (2015). Warming and drought differentially influence the production and resorption of elemental and metabolic nitrogen pools in *Quercus rubra*. *Global Change Biology*, 21(11), 4177-4195. <https://doi.org/10.1111/gcb.13033>
- TALBOT, J. M., & Treseder, K. K. (2012). Interactions among lignin, cellulose, and nitrogen drive litter chemistry–decay relationships. *Ecology*, 93(2), 345-354. <https://doi.org/10.1890/11-0843.1>
- Telles, E. D. C. C., de Camargo, P. B., Martinelli, L. A., Trumbore, S. E., da Costa, E. S., Santos, J., ... & Oliveira Jr, R. C. (2003). Influence of soil texture on carbon dynamics and storage potential in tropical forest soils of Amazonia. *Global Biogeochemical Cycles*, 17(2). <https://doi.org/10.1029/2002GB001953>
- TERRER, C., Jackson, R. B., Prentice, I. C., Keenan, T. F., Kaiser, C., Vicca, S., ... & Franklin, O. (2019). Nitrogen and phosphorus constrain the CO<sub>2</sub> fertilization of global plant biomass. *Nature Climate Change*, 9(9), 684-689. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0545-2>
- TOBERMAN, H., Chen, C., Lewis, T., & Elser, J. J. (2014). High-frequency fire alters C: N: P stoichiometry in forest litter. *Global Change Biology*, 20(7), 2321-2331. <https://doi.org/10.1111/gcb.12432>
- TOWNSEND, A. R., Cleveland, C. C., Houlton, B. Z., Alden, C. B., & White, J. W. (2011). Multi-element regulation of the tropical forest carbon cycle. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(1), 9-17. <https://doi.org/10.1890/100047>
- TRISTÃO, R. B. A., & Pessoa, D. R. (2002). Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica. *Cerne*, 8(2), 42-59.
- VAN BREUGEL, M., Craven, D., Lai, H. R., Baillon, M., Turner, B. L., & Hall, J. S. (2019). Soil nutrients and dispersal limitation shape compositional variation in secondary tropical forests across multiple scales. *Journal of Ecology*, 107(2), 566-581.
- VAN LANGENHOVE, L., Verryckt, L. T., Bréchet, L., Courtois, E. A., Stahl, C., Hofhansl, F., ... & Janssens, I. A. (2020). Atmospheric deposition of elements and its relevance for nutrient

- budgets of tropical forests. *Biogeochemistry*, 149, 175-193. <https://doi.org/10.1007/s10533-020-00673-8>
- VASCONCELOS, H. L., & Luizão, F. J. (2004). Litter production and litter nutrient concentrations in a fragmented Amazonian landscape. *Ecological Applications*, 14(3), 884-892. <https://doi.org/10.1890/03-5093>
- VELOSO, H. P., Rangel-Filho, A. L. R., & Lima, J. C. A. (1991). *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Ibge.
- VERGUTZ, L., Manzoni, S., Porporato, A., Novais, R. F., & Jackson, R. B. (2012). Global resorption efficiencies and concentrations of carbon and nutrients in leaves of terrestrial plants. *Ecological Monographs*, 82(2), 205-220. <https://doi.org/10.1890/11-0416.1>
- VERMA, S., Singh, D., Singh, A. K., & Jayakumar, S. (2019). Post-fire soil nutrient dynamics in a tropical dry deciduous forest of Western Ghats, India. *Forest Ecosystems*, 6, 1-9. <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0168-0>
- VIEIRA, S. A., Alves, L. F., Duarte-Neto, P. J., Martins, S. C., Veiga, L. G., Scaranello, M. A., ... & Martinelli, L. A. (2011). Stocks of carbon and nitrogen and partitioning between above-and belowground pools in the Brazilian coastal Atlantic Forest elevation range. *Ecology and Evolution*, 1(3), 421-434. <https://doi.org/10.1002/ece3.41>
- VILLELA, D. M., Buffon, L. B., Aragão, L. E. O. E. C., Gama, D. M., Nascimento, M. T., & Rezende, C. E. (1998). Effect of selective logging on litter production and decomposition in an Atlantic forest, RJ, Brazil. *Anais do IV Simpósio de ecossistemas brasileiros*, 4, 253-269.
- VILLELA, D. M., De Mattos, E. A., Pinto, A. D. S., Vieira, S. A., & Martinelli, L. A. (2012). Carbon and nitrogen stock and fluxes in coastal Atlantic Forest of southeast Brazil: potential impacts of climate change on biogeochemical functioning. *Brazilian Journal of Biology*, 72, 633-642. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842012000400003>
- VILLELA, D. M., & Proctor, J. (2002). Leaf litter decomposition and monodominance in the Peltogyne forest of Maraci Island, Brazil. *Biotropica*, 34(3), 334-347. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2002.tb00547.x>
- VILLELA, D. M., Nascimento, M. T., de Aragao, L. E. O., & Da Gama, D. M. (2006). Effect of selective logging on forest structure and nutrient cycling in a seasonally dry Brazilian Atlantic forest. *Journal of Biogeography*, 33(3), 506-516. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01453.x>
- VITAL, A. R. T., Guerrini, I. A., Franken, W. K., & Fonseca, R. C. B. (2004). Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. *Revista Árvore*, 28, 793-800. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000600004>
- VITOUSEK, P. (1982). Nutrient cycling and nutrient use efficiency. *The American Naturalist*, 119(4), 553-572. <https://doi.org/10.1086/283931>
- VITOUSEK, P. M. (2004). *Nutrient cycling and limitation: Hawai'i as a model system*. Princeton University Press.
- WADE, T. G., Riitters, K. H., Wickham, J. D., & Jones, K. B. (2003). Distribution and causes of global forest fragmentation. *Conservation Ecology*, 7(2). <https://www.jstor.org/stable/26271943>

- WIEDER, W. R., Cleveland, C. C., Smith, W. K., & Todd-Brown, K. (2015). Future productivity and carbon storage limited by terrestrial nutrient availability. *Nature Geoscience*, 8(6), 441-444. <https://doi.org/10.1038/ngeo2413>
- WIESMEIER, M., Urbanski, L., Hobbey, E., Lang, B., von Lützow, M., Marin-Spiotta, E., ... & Kögel-Knabner, I. (2019). Soil organic carbon storage as a key function of soils-A review of drivers and indicators at various scales. *Geoderma*, 333, 149-162. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.026>
- WILCOVE, D. S. (1986). Habitat fragmentation in the temperate zone. *Conservation biology*, 237-256.
- WRIGHT, S. J., Yavitt, J. B., Wurzbarger, N., Turner, B. L., Tanner, E. V., Sayer, E. J., ... & Corre, M. D. (2011). Potassium, phosphorus, or nitrogen limit root allocation, tree growth, or litter production in a lowland tropical forest. *Ecology*, 92(8), 1616-1625. <https://doi.org/10.1890/10-1558.1>
- WRIGHT, S. J. (2005). Tropical forests in a changing environment. *Trends in ecology & evolution*, 20(10), 553-560. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.07.009>
- WU, C., Shu, C., Zhang, Z., Li, Y., Zhang, Y., & Liu, Y. (2021). Forest Fragmentation Slows the Decomposition of Coarse Woody Debris in a Subtropical Forest. *Forest Science*, 67(6), 682-693. <https://doi.org/10.1093/forsci/xfab035>
- XU, M., Zhong, Z., Sun, Z., Han, X., Ren, C., & Yang, G. (2020). Soil available phosphorus and moisture drive nutrient resorption patterns in plantations on the Loess Plateau. *Forest Ecology and Management*, 461, 117910. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117910>
- XU, M., Zhu, Y., Zhang, S., Feng, Y., Zhang, W., & Han, X. (2021). Global scaling the leaf nitrogen and phosphorus resorption of woody species: Revisiting some commonly held views. *Science of the Total Environment*, 788, 147807. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147807>
- YANG, X., Wang, Y., Xu, Q., Liu, W., Liu, L., Wu, Y., ... & Lu, J. (2021). Soil fertility underlies the positive relationship between island area and litter decomposition in a fragmented subtropical forest landscape. *Catena*, 204, 105414. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105414>
- YAO, Y., Liu, J., Wang, Z., Wei, X., Zhu, H., Fu, W., & Shao, M. (2020). Responses of soil aggregate stability, erodibility and nutrient enrichment to simulated extreme heavy rainfall. *Science of the Total Environment*, 709, 136150. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136150>
- YAVITT, J. B., Harms, K. E., Garcia, M. N., Mirabello, M. J., & Wright, S. J. (2011). Soil fertility and fine root dynamics in response to 4 years of nutrient (N, P, K) fertilization in a lowland tropical moist forest, Panama. *Austral Ecology*, 36(4), 433-445. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2010.02157.x>
- YUAN, Z. Y., & Chen, H. Y. (2009). Global-scale patterns of nutrient resorption associated with latitude, temperature and precipitation. *Global Ecology and Biogeography*, 18(1), 11-18. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2008.00425.x>
- YUE, K., De Frenne, P., Van Meerbeek, K., Ferreira, V., Fornara, D. A., Wu, Q., ... & Peñuelas, J. (2022). Litter quality and stream physicochemical properties drive global invertebrate effects on instream litter decomposition. *Biological Reviews*, 97(6), 2023-2038. <https://doi.org/10.1111/brv.12880>



- ZHANG, Y., Li, C., & Wang, M. (2019). Linkages of C: N: P stoichiometry between soil and leaf and their response to climatic factors along altitudinal gradients. *Journal of Soils and Sediments*, 19, 1820-1829. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2173-2>
- ZHAO, G., Shi, P., Wu, J., Xiong, D., Zong, N., & Zhang, X. (2017). Foliar nutrient resorption patterns of four functional plants along a precipitation gradient on the Tibetan Changtang Plateau. *Ecology and evolution*, 7(18), 7201-7212. <https://doi.org/10.1002/ece3.3283>
- ZHENG, M., Zhou, Z., Luo, Y., Zhao, P., & Mo, J. (2019). Global pattern and controls of biological nitrogen fixation under nutrient enrichment: A meta-analysis. *Global Change Biology*, 25(9), v. 25, n. 9, p. 3018-3030, 2019. 3018-3030. <https://doi.org/10.1111/gcb.14705>

## APÊNDICES

**Apêndice 1** Análise de variância de dois fatores para concentração e estoque de P considerando como variáveis preditoras o Tipo Florestal e as camadas do solo. (ANOVA Two Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadro médio	F	p	Transformação
<b>P (mg/dm<sup>3</sup>)</b>	Tipo Florestal	1	0,01	0,01	0,69	0,41	1/sqrt(y)
	Camada	3	1,35	0,45	39,19	$< 2 \times 10^{-16}$	
	Tipo Florestal:Camada	3	0,01	0,00	0,32	0,81	
<b>P (kg/ha)</b>	Tipo Florestal	1	0,31	0,31	1,47	0,23	log (y)
	Camada	3	4,08	1,36	6,49	0,0004	
	Tipo Florestal:Camada	3	0,28	0,09	0,44	0,73	

**Apêndice 2** Análise de variância de dois fatores para concentração e estoque de Ca considerando como variáveis preditoras o Tipo Florestal e as camadas do solo. (ANOVA One e Two Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadro médio	F	p	Transformação
<b>Ca (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	Tipo Florestal	1	25,95	25,95	19,58	1,83x10 <sup>-5</sup>	
	Camada	3	41,67	13,89	10,48	2,62 x 10 <sup>-6</sup>	log(y)
	Tipo Florestal:Camada	3	2,93	0,98	0,74	0,53	
<b>0-5 cm</b>	Tipo Florestal	1	8,98	8,98	12,45	0,001	sqrt(y)
<b>5-10 cm</b>	Tipo Florestal	1	4,13	4,13	7,97	0,01	sqrt(y)
<b>10-20 cm</b>	Tipo Florestal	1	0,71	7,11	2,34	0,13	sqrt(y)
<b>20-30 cm</b>	Tipo Florestal	1	0,16	0,16	0,58	0,45	sqrt(y)
<b>FES-Camadas</b>	Camada	3	32,74	10,91	19,29	7,10 x 10 <sup>-9</sup>	log(y)
<b>FOD-Camadas</b>	Camada	3	11,87	3,96	12,59	1,74x10 <sup>-6</sup>	log(y)
<b>Ca (kg/ha)</b>	Tipo Florestal	1	36,16	36,16	27,08	6,24 x 10 <sup>-7</sup>	
	Camada	3	4,66	1,55	1,16	0,33	log (y)
	Tipo Florestal:Camada	3	1,79	0,60	0,45	0,72	
<b>0-5 cm</b>	Tipo Florestal	1	13,27	13,26	0,00		sqrt(y)
<b>5-10 cm</b>	Tipo Florestal	1	3,00	3,05	9,62	0,004	sqrt(y)
<b>10-20 cm</b>	Tipo Florestal	1	1,93	1,93	4,53	0,04	sqrt(y)
<b>20-30 cm</b>	Tipo Florestal	1	0,79	0,79	2,07		sqrt(y)

**Apêndice 3** Análise de variância de dois fatores para concentração e estoque de Mg considerando como variáveis preditoras o Tipo Florestal e as camadas do solo. (ANOVA One/Two Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadro médio	F	p	Transformação
<b>Mg (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	Tipo Florestal	1	130,54	130,54	217,00	$< 2 \times 10^{-16}$	
	Camada	3	8,87	2,96	4,91	0,003	log (y)
	Tipo Florestal:Camada	3	4,00	1,34	2,22	0,09	
	Tipo Florestal	1	16,86	16,86	24,34	$1,63 \times 10^{-5}$	log(y)
<b>0-5 cm</b>	Tipo Florestal	1	16,86	16,86	24,34	$1,63 \times 10^{-5}$	log(y)
<b>5-10 cm</b>	Tipo Florestal	1	33,64	33,64	68,86	$4,65 \times 10^{-10}$	log(y)
<b>10-20 cm</b>	Tipo Florestal	1	37,37	37,37	55,80	$5,74 \times 10^{-9}$	log(y)
<b>20-30 cm</b>	Tipo Florestal	1	46,68	46,68	84,02	$3,63 \times 10^{-11}$	log(y)
<b>FES-Camadas</b>	Camada	3	11,88	3,96	17,29	$3,31 \times 10^{-8}$	log(y)
<b>FOD-Camadas</b>	Camada	3	1,68	0,56	2,31	0,09	log(y)
<b>Mg (kg/ha)</b>	Tipo Florestal	1	110,40	110,40	183,20	$< 2 \times 10^{-16}$	
	Camada	3	6,42	2,14	3,55	0,02	log (y)
	Tipo Florestal:Camada	3	2,64	0,88	1,46	0,23	
	Tipo Florestal	1	2,40	2,40	20,35	$6,03 \times 10^{-5}$	1/sqrt(y)
	Tipo Florestal	1	29,63	29,63	62,02	$1,66 \times 10^{-9}$	log(y)
	Tipo Florestal	1	29,91	29,91	43,97	$7,80 \times 10^{-8}$	log(y)
	Tipo Florestal	1	37,98	37,98	70,53	$3,45 \times 10^{-10}$	log(y)
	Camada	3	2,22	0,74	3,21	0,03	log(y)
	Camada	3	6,84	2,28	9,90	$2,14 \times 10^{-5}$	log(y)

**Apêndice 4** Análise de variância de dois fatores para concentração e estoque de K considerando como variáveis preditoras o Tipo Florestal e as camadas do solo. (ANOVA Two Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadro médio	F	p	Transformação
<b>K (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	Tipo Florestal	1	687,12	687,12	1568,12	$< 2 \times 10^{-16}$	
	Camada	3	5,48	1,83	4,17	0,01	log(y)
	Tipo Florestal:Camada	3	5,21	1,74	3,96	0,01	
<b>K (kg/ha)</b>	Tipo Florestal	1	2,32	2,32	985,97	$< 2 \times 10^{-16}$	
	Camada	3	0,06	0,02	8,03	$7,10 \times 10^{-5}$	sqrt(y)
	Tipo Florestal:Camada	3	0,01	0	1,82	0,15	
<b>0-5 cm</b>	Tipo Florestal	1	251,19	251,19	639,88	$< 2 \times 10^{-16}$	log(y)
<b>5-10 cm</b>	Tipo Florestal	1	191,15	191,15	515,91	$< 2 \times 10^{-16}$	log(y)
<b>10-20 cm</b>	Tipo Florestal	1	0,68	0,68	234,65	$1,57 \times 10^{-14}$	sqrt(y)
<b>20-30 cm</b>	Tipo Florestal	1	0,52	0,52	210,73	$5,53 \times 10^{-14}$	sqrt(y)
<b>FES-Camadas</b>	Camada	3	2,46	0,82	10,76	$9,41 \times 10^{-6}$	log(y)
<b>FOD-Camadas</b>	Camada	3	3096	1032	3,34	0,04	log(y)

**Apêndice 5** Análise de variância de dois fatores para concentração e estoque de Na considerando como variáveis preditoras o Tipo Florestal e as camadas do solo. (ANOVA Two Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadro médio	F	p	Transformação
<b>Na (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	Tipo Florestal	1	179,53	179,53	330,07	$<2 \times 10^{-16}$	
	Camada	3	9,13	3,04	5,6	0,001	log(y)
	Tipo Florestal:Camada	3	2,72	0,91	1,67	0,18	
<b>0-5 cm</b>	Tipo Florestal	1	61,46	61,46	137,13	$5,2 \times 10^{-14}$	log(y)
<b>5-10 cm</b>	Tipo Florestal	1	47,71	47,71	99,37	$4,9 \times 10^{-12}$	log(y)
<b>10-20 cm</b>	Tipo Florestal	1	41,61	41,61	55,11	$6,6 \times 10^{-9}$	log(y)
<b>20-30 cm</b>	Tipo Florestal	1	31,05	31,04	63,79	$1,4 \times 10^{-9}$	log(y)
<b>FES-Camadas</b>	Camada	3	1,11	0,37	0,73	0,537	log(y)
<b>FOD-Camadas</b>	Camada	3	10,81	3,6	33,84	$6,3 \times 10^{-13}$	log(y)
<b>Na (kg/ha)</b>	Tipo Florestal	1	154,91	154,91	2,85,0440	$<2 \times 10^{-16}$	
	Camada	3	7,02	2,34	4,31	0,006	log(y)
	Tipo Florestal:Camada	3	4,16	1,39	2,55	0,058	
<b>0-5 cm</b>	Tipo Florestal	1	58,89	58,89	141,82	$3,2 \times 10^{-14}$	log(y)
<b>5-10 cm</b>	Tipo Florestal	1	42,74	42,74	94,56	$9,8 \times 10^{-12}$	log(y)
<b>10-20 cm</b>	Tipo Florestal	1	33,65	33,65	43,2	$9,4 \times 10^{-8}$	log(y)
<b>20-30 cm</b>	Tipo Florestal	1	24,2	24,2	46,43	$5 \times 10^{-8}$	log(y)
<b>FES-Camadas</b>	Camada	3	9,22	3,07	6,47	0,001	log(y)
<b>FOD-Camadas</b>	Camada	3	1,85	0,62	4,51	0,006	log(y)

**Apêndice 6** Análise de variância de dois fatores para concentração e estoque de Fe considerando como variáveis preditoras o Tipo Florestal e as camadas do solo. (ANOVA Two Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadro médio	F	p	Transformação
<b>Fe (mg/dm<sup>3</sup>)</b>	Tipo Florestal	1	242,27	242,27	153,08	$< 2 \times 10^{-16}$	
	Camada	3	2,53	0,84	0,53	0,67	log(y)
	Tipo Florestal:Camada	3	18,9	6,3	3,98	0,01	
<b>Fe (kg/ha)</b>	Tipo Florestal	1	225,95	225,95	146,08	$< 2 \times 10^{-16}$	
	Camada	3	14,39	4,8	3,1	0,029	log(y)
	Tipo Florestal:Camada	3	23,22	7,74	5	0,002	

**Apêndice 7** Análise de variância de dois fatores para concentração e estoque de Cu considerando como variáveis preditoras o Tipo Florestal e as camadas do solo. (ANOVA Two Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadro médio	F	p	Transformação
<b>Cu (mg/dm<sup>3</sup>)</b>	Tipo Florestal	1	1676,24	1676,24	4880,55	$< 2,2 \times 10^{-16}$	
	Camada	3	9,05	3,02	8,78	$2,3 \times 10^{-5}$	log(y)
	Tipo Florestal:Camada	3	7,66	2,55	7,44	0,00012	
<b>Cu (kg/ha)</b>	Tipo Florestal	1	1612,66	1612,66	4704,85	$< 2,2 \times 10^{-16}$	
	Camada	3	6,78	2,26	6,59	0	log(y)
	Tipo Florestal:Camada	3	9,64	3,21	9,38	$1,1 \times 10^{-5}$	

**Apêndice 8** Análise de variância de dois fatores para concentração e estoque de Zn considerando como variáveis preditoras o Tipo Florestal e as camadas do solo. (ANOVA Two Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadro médio	F	p	Transformação
<b>Zn (mg/dm<sup>3</sup>)</b>	Tipo Florestal	1	93,56	93,56	264,18	$< 2,2 \times 10^{-16}$	
	Camada	3	24,38	8,13	22,95	$2,9 \times 10^{-12}$	log(y)
	Tipo Florestal:Camada	3	4,85	1,62	4,57	0	
<b>Zn (kg/ha)</b>	Tipo Florestal	1	77,42	77,42	216,62	$< 2,2 \times 10^{-16}$	
	Camada	3	2,94	0,98	2,74	0,05	log(y)
	Tipo Florestal:Camada	3	3,35	1,12	3,13	0,03	

**Apêndice 9** Análise de variância de dois fatores da concentração e do estoque de Mn considerando o Tipo Florestal e camadas do solo. (ANOVA Two Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadro médio	F	p	Transformação
<b>Mn (mg/dm<sup>3</sup>)</b>	Tipo Florestal	1	0,59	0,59	0,99	0,32	
	Camada	3	27,69	9,23	15,57	$7 \times 10^{-9}$	log(y)
	Tipo Florestal:Camada	3	15,72	5,24	8,84	$1,9 \times 10^{-5}$	
	Resíduos	152	90,1	0,59			
<b>Mn (kg/ha)</b>	Tipo Florestal	1	0,02	0,23	0,04	0,85	log(y)
	Camada	3	2,09	0,7	1,13	0,34	



**Apêndice 10** Teste T da concentração dos macronutrientes entre tipos florestais para cada fração da necromassa fina e para a média destas.

Nutriente	Fonte de variação	Fração	t	Graus de liberdade	p	Transformação
<b>P</b>	Tipo Florestal	Folha	3,69	27,8	0,001	1/sqrt (y)
		Galho	-1,88	25,37	0,071	log (y)
		Resto	-5,5	34,69	$3,6 \times 10^{-6}$	log (y)
		Média das frações	-4,79	26,06	$5,9 \times 10^{-5}$	log (y)
<b>Ca</b>	Tipo Florestal	Folha	4,57	32,82	$6,507 \times 10^{-5}$	-
		Galho	8,05	22	$5,321 \times 10^{-8}$	log (y)
		Resto	5,54	34,59	$3,272 \times 10^{-6}$	-
		Média das frações	6,76	25,7	$3,789 \times 10^{-7}$	sqrt (y)
<b>Mg</b>	Tipo Florestal	Folha	0,04	33,23	0,97	-
		Galho	-1,03	33,21	0,312	-
		Resto	-4,49	35,04	$7,327 \times 10^{-5}$	-
		Média das frações	-1,86	32,61	0,071	log (y)
<b>K</b>	Tipo Florestal	Folha	-0,53	37,46	0,603	1/y (y)
		Galho	0,16	31,9	0,878	-
		Resto	0,01	30,4	0,99	log (y)
		Média das frações	0,24	33,53	0,815	-

**Apêndice 11** Análise de variância da concentração de macronutrientes entre frações da necromassa para cada tipo florestal. (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Nutriente	Tipo Florestal	Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	P	Transformação
P	FES	Frações	2	1,87	0,93	5,75	$2.2 \times 10^{-13}$	1/sqrt (y)
	FOD	Frações	2	6,37	3,18	25,55	$1.2 \times 10^{-8}$	log (y)
Ca	FES	Frações	2	0,01	0,01	13,19	$1.96 \times 10^{-5}$	1/sqrt (y)
	FOD	Frações	2	0,90	0,45	1,60	0,21	log (y)
Mg	FES	Frações	2	2,52	1,26	36,41	$6.49 \times 10^{-11}$	sqrt (y)
	FOD	Frações	2	0,25	0,12	2,29	0,11	sqrt (y)
K	FES	Frações	2	2,03	1,01	7,58	0,001	log (y)
	FOD	Frações	2	1,08	0,54	4,58	0,01	sqrt (y)

**Apêndice 12** Teste t do estoque dos macronutrientes entre Tipos Florestais para cada fração da necromassa e para a soma das frações.

Nutriente	Fonte de variação	Fração	t	Graus de liberdade	p	Transformação
P (kg/ha)	Tipo Florestal	Folha	-0,6	38	0,55	-
		Galho	2,79	38	0,008	-
		Resto	-2,45	37,08	0,01907	log(y)
		Soma	-0,07	37,78	0,9411	-
Ca (kg/ha)	Tipo Florestal	Folha	6,37	37,7	$1,838 \times 10^{-7}$	sqrt(y)
		Galho	9,16	26,46	$1,074 \times 10^{-9}$	log(y)
		Resto	2,74	38	0,009416	log(y)
		Soma	8,81	25,6	$3,182 \times 10^{-9}$	log(y)
Mg (kg/ha)	Tipo Florestal	Folha	2,18	36,33	0,036	log(y)
		Galho	3,54	35,98	0,001	log(y)
		Resto	-2,86	37,76	0,006883	log(y)
		Soma	2,87	35,98	0,007	sqrt(y)
K (kg/ha)	Tipo Florestal	Folha	2,51	24,94	0,019	sqrt(y)
		Galho	4,17	36,81	0	sqrt(y)
		Resto	-0,68	35,76	0,534	log(y)
		Soma	3,38	27,4	0,002	log(y)

**Apêndice 13** Análise de variância do estoque de macronutrientes entre frações da necromassa para cada tipo florestal. (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

<b>Nutriente</b>	<b>Tipo Florestal</b>	<b>Fonte de variação</b>	<b>Graus de liberdade</b>	<b>Soma dos quadrados</b>	<b>Quadrado médio</b>	<b>F</b>	<b>p</b>	<b>Transformação</b>
<b>P (kg/ha)</b>	FES	Frações	2	59,91	29,96	143,89	$< 2,2 \times 10^{-16}$	log (y)
	FOD	Frações	2	5,62	2,812	73,07	$< 2,2 \times 10^{-16}$	sqrt (y)
<b>Ca (kg/ha)</b>	FES	Frações	2	353,37	176,9	174,55	$< 2,2 \times 10^{-16}$	sqrt (y)
	FOD	Frações	2	52,85	26,42	66,51	$1,25 \times 10^{-15}$	log (y)
<b>Mg (kg/ha)</b>	FES	Frações	2	127,58	63,8	171,81	$< 2,2 \times 10^{-16}$	log (y)
	FOD	Frações	2	22,59	11,27	73,77	$< 2,2 \times 10^{-16}$	sqrt (y)
<b>K (kg/ha)</b>	FES	Frações	2	72,83	36,41	100,4	$< 2,2 \times 10^{-16}$	log (y)
	FOD	Frações	2	22,48	11,24	83,61	$< 2,2 \times 10^{-16}$	sqrt (y)

**Apêndice 14** Teste T da concentração dos macronutrientes entre tipos florestais para cada fração da necromassa fina e para a média destas.

Nutriente	Fonte de variação	Fração	t	Graus de liberdade	p	Transformação
<b>Na</b>	Tipo Florestal	Folha	-2,09	33,88	0,04	log (y)
		Galho	1,79	37,91	0,08	sqrt (y)
		Resto	-2,82	27,90	0,01	sqrt (y)
		Média das frações	-1,60	32,43	0,12	log (y)
<b>Fe</b>	Tipo Florestal	Folha	0,89	32,80	0,38	log (y)
		Galho	-2,56	34,89	0,01	1/sqrt (y)
		Resto	-4,14	32,55	0,0002	log (y)
		Média das frações	-2,94	33,41	0,01	log (y)
<b>Cu</b>	Tipo Florestal	Folha	-5,95	36,92	$7,46 \times 10^{-7}$	log (y)
		Galho	-6,88	37,98	$3,61 \times 10^{-8}$	log (y)
		Resto	-5,77	37,35	$1,26 \times 10^{-6}$	sqrt (y)
		Média das frações	-7,37	37,32	$8,77 \times 10^{-9}$	log (y)
<b>Zn</b>	Tipo Florestal	Folha	5,66	36,50	$1,87 \times 10^{-6}$	1/ (y)
		Galho	-6,73	25,88	$3,97 \times 10^{-7}$	log (y)
		Resto	-4,46	32,05	$9,43 \times 10^{-5}$	sqrt (y)
		Média das frações	-6,13	28,46	$1,22 \times 10^{-6}$	log (y)
<b>Mn</b>	Tipo Florestal	Folha	-3,26	37,80	0,002	sqrt (y)
		Galho	-6,50	34,51	$1,80 \times 10^{-7}$	log (y)
		Resto	-2,51	37,26	0,02	log (y)
		Média das frações	-4,41	37,52	$8,35 \times 10^{-5}$	log (y)

**Apêndice 15** Análise de variância da concentração dos micronutrientes entre frações da necromassa fina para cada Tipo Florestal. (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Nutriente	Tipo Florestal	Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	P	Transformação
Na	FES	Frações	2	2,92	1,46	4,15	0,02	log (y)
	FOD	Frações	2	0,72	0,36	29,57	$1,56 \times 10^{-9}$	sqrt (y)
Fe	FES	Frações	2	9,58	4,79	27,26	$4,93 \times 10^{-9}$	1/sqrt (y)
	FOD	Frações	2	101,75	50,88	61,67	$5,54 \times 10^{-15}$	log (y)
Cu	FES	Frações	2	0,0002	$9,09 \times 10^{-5}$	0,63	0,54	sqrt (y)
	FOD	Frações	2	0,36	0,18	2,61	0,08	log (y)
Zn	FES	Frações	2	0,0001	$4,84 \times 10^{-5}$	2,32	0,11	-
	FOD	Frações	2	0,0002	0,0001	0,08	0,92	-
Mn	FES	Frações	2	8,14	4,07	19,23	$4,14 \times 10^{-7}$	log (y)
	FOD	Frações	2	0,16	0,08	3,64	0,03	sqrt (y)

**Apêndice 16** Teste t do estoque dos micronutrientes entre Tipos Florestais para cada fração da necromassa.

<b>Nutriente</b>	<b>Fonte de variação</b>	<b>Fração</b>	<b>t</b>	<b>Graus de liberdade</b>	<b>p</b>	<b>Transformação</b>
<b>Na (kg/ha)</b>	Tipo Florestal	Folha	-0,53	29,17	0,6	log (y)
		Galho	4,86	36,02	2,28 x 10 <sup>-5</sup>	log (y)
		Resto	-2,43	33,72	0,02	sqrt (y)
		Soma	0,91	32,93	0,37	log (y)
<b>Fe (kg/ha)</b>	Tipo Florestal	Folha	1,87	35,57	0,07	log (y)
		Galho	4,66	37,64	3,88 x 10 <sup>-5</sup>	Sqrt (y)
		Resto	-3,3	28,43	0,003	log (y)
		Soma	-0,25	27,89	0,81	log (y)
<b>Cu (kg/ha)</b>	Tipo Florestal	Folha	-1,6	33,79	0,12	log (y)
		Galho	-0,04	35,12	0,97	-
		Resto	-3,37	37,96	0,002	log (y)
		Soma	-1,71	36,75	0,0955	log (y)
<b>Zn (kg/ha)</b>	Tipo Florestal	Folha	16,15	37,76	< 2,2 x 10 <sup>-16</sup>	log (y)
		Galho	-0,25	30,91	0,80	-
		Resto	-2,99	37,91	0,005	log (y)
		Soma	14,11	37,84	< 2,2 x 10 <sup>-16</sup>	log (y)
<b>Mn (kg/ha)</b>	Tipo Florestal	Folha	-0,63	35,2	0,53	sqrt
		Galho	-2,39	32,07	0,02	log (y)
		Resto	-2,23	37,97	0,03	log (y)
		Soma	-1,71	37,9	0,09	-

**Apêndice 17** Análise de variância do estoque de micronutrientes entre frações da necromassa para cada tipo florestal. FES=Floresta Estacional Semidecidual. FOD=Floresta Ombrófila Densa. (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Nutriente	Tipo Florestal	Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	p	Transformação
<b>Na (kg/ha)</b>	FES	Frações	2	100,94	50,47	86,12	$< 2,2 \times 10^{-16}$	log (y)
	FOD	Frações	2	63,12	31,56	98,64	$< 2,2 \times 10^{-16}$	log (y)
<b>Fe (kg/ha)</b>	FES	Frações	2	27,57	13,79	30,29	$1,1 \times 10^{-9}$	log (y)
	FOD	Frações	2	21,64	10,82	8,25	0,0007	log (y)
<b>Cu (kg/ha)</b>	FES	Frações	2	0,12	0,06	$\frac{118,6}{3}$	$< 2,2 \times 10^{-16}$	sqrt (y)
	FOD	Frações	2	0,1	0,05	94,56	$< 2,2 \times 10^{-16}$	sqrt (y)
<b>Zn (kg/ha)</b>	FES	Frações	2	229,98	114,99	429,8	$< 2,2 \times 10^{-16}$	log (y)
	FOD	Frações	2	50,11	25,05	82,58	$< 2,2 \times 10^{-16}$	log (y)
<b>Mn (kg/ha)</b>	FES	Frações	2	72,14	36,07	94,85	$< 2,2 \times 10^{-16}$	log (y)
	FOD	Frações	2	5,17	2,5846	66,17	$1,4 \times 10^{-15}$	sqrt (y)

**Apêndice 18** Regressão linear entre nutrientes (variável resposta) e tamanho do fragmento (variável preditora) em Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ.

<b>Nutriente</b>	<b>Tipo Florestal</b>	<b>Camada</b>	<b>p</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Transformação</b>
<b>P</b>	FES	0-5	0,2	0,2	log (x)
	FOD	0-5	0,2	0,3	log (x)
	FES	0-30	0,2	0,2	log (x)
	FOD	0-30	0,2	0,3	log (x)
<b>Ca</b>	FES	0-5	0,4	0,04	log (x)
	FOD	0-5	0,8	0,3	log (x)
	FES	0-30	0,4	0,04	log (x)
	FOD	0-30	0,8	0,3	log (x)
<b>Mg</b>	FES	0-5	0,9	0,3	log (x)
	FOD	0-5	0,2	0,2	log (x)
	FES	0-30	0,9	0,3	log (x)
	FOD	0-30	0,2	0,2	log (x)
<b>K</b>	FES	0-5	0,8	0,3	log (x)
	FOD	0-5	0,08	0,9	log (x)
	FES	0-30	0,8	0,3	log (x)
	FOD	0-30	0,08	0,9	log (x)
<b>Na</b>	FES	0-5	0,5	0,2	log (x)
	FOD	0-5	0,5	0,1	log (x); log (y)
	FES	0-30	0,5	0,2	log (x)
	FOD	0-30	0,5	0,11	log (x); log (y)
<b>Fe</b>	FES	0-5	0,7	0,3	log (x)
	FOD	0-5	0,5	0,1	log (x)
	FES	0-30	0,5	0,2	log (x)
	FOD	0-30	0,5	0,1	log (x)
<b>Cu</b>	FES	0-5	0,2	0,2	log (x)
	FOD	0-5	0,3	0,1	log (x)
	FES	0-30	0,2	0,2	log (x)
	FOD	0-30	0,3	0,06	log (x)
<b>Zn</b>	FES	0-5	0,8	0,3	log (x)
	FOD	0-5	0,7	0,3	log (x); log (y)
	FES	0-30	0,8	0,3	log (x)
	FOD	0-30	0,7	0,3	log (x); log (y)
<b>Mn</b>	FES	0-5	0,7	0,3	log (x)
	FOD	0-5	0,2	0,5	log (x)
	FES	0-30	0,7	0,3	log (x)
	FOD	0-30	0,2	0,4	log (x)



**Apêndice 19** Análise de variância da concentração de nutrientes entre fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES), Mata Atlântica, RJ. (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Camada (cm)	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadro médio	F	p	Transformação
<b>P (mg/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	37,11	9,28	24,22	$2,14 \times 10^{-6}$	-
<b>Ca (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	0,30	0,07	2,47	0,09	1/sqrt(y)
<b>Mg (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	1,73	11,60	11,60	0,0002	1/(y)
<b>K (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	83,50	20,88	7,29	0,002	1/(y)
<b>Na (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	0,04	0,01	1,40	0,28	sqrt(y)
<b>Fe (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	8,59	2,15	3,66	0,03	log(y)
<b>Cu (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	0,001	$1,81 \times 10^{-4}$	26,28	$1,27 \times 10^{-6}$	sqrt(y)
<b>Zn (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	2,25	0,56	5,13	0,01	log(y)
<b>Mn (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	3,25	0,81	1,95	0,15	log(y)

**Apêndice 20** Concentração (P=mg/dm<sup>3</sup>; demais nutrientes= cmol/dm<sup>3</sup>) dos nutrientes do solo de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) nas quatro camadas estudadas (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm). Letras diferentes representam a diferença entre fragmentos na camada estudada. (ANOVA One Way, p<0,05).

Fragmentos (ha)	Camada (cm)	P	Ca	K	Mg	Mn	Na	Fe	Cu	Zn
17	0-5	7,3±1 <sup>b</sup>	7±4,4 <sup>a</sup>	0,22±0,04 <sup>a</sup>	2,3±0,2 <sup>a</sup>	0,10±0,02 <sup>a</sup>	0,05±0,01 <sup>a</sup>	0,03±0 <sup>ab</sup>	0,0002±0 <sup>b</sup>	0,002±0 <sup>b</sup>
36	0-5	4,2±1,2 <sup>c</sup>	2,9±0,9 <sup>a</sup>	0,12±0,02 <sup>b</sup>	0,7±0,1 <sup>c</sup>	0,16±0,03 <sup>a</sup>	0,02±0 <sup>a</sup>	0,01±0,01 <sup>b</sup>	0,0002±0,0001 <sup>b</sup>	0,002±0,001 <sup>b</sup>
55	0-5	8,6±2,1 <sup>ab</sup>	11,1±5,9 <sup>a</sup>	0,30±0,08 <sup>a</sup>	2,9±1,6 <sup>a</sup>	0,25±0,11 <sup>a</sup>	0,06±0,06 <sup>a</sup>	0,07±0,04 <sup>ab</sup>	0,0003±0 <sup>a</sup>	0,005±0,001 <sup>a</sup>
58	0-5	3,8±0,5 <sup>c</sup>	4,9±2,4 <sup>a</sup>	0,19±0,2 <sup>a</sup>	1±0,3 <sup>bc</sup>	0,24±0,20 <sup>a</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>	0,12±0,11 <sup>a</sup>	0,0003±0,0001 <sup>ab</sup>	0,004±0,002 <sup>ab</sup>
1182	0-5	10,7±1,1 <sup>a</sup>	9,9±6,8 <sup>a</sup>	0,22±0,8 <sup>a</sup>	1,9±0,7 <sup>ac</sup>	0,11±0,05 <sup>a</sup>	0,06±0,03 <sup>a</sup>	0,06±0,04 <sup>ab</sup>	nd	0,002±0,001 <sup>b</sup>
17	5-10	4,7±0,6 <sup>ab</sup>	8±3,3 <sup>a</sup>	0,17±0,04 <sup>a</sup>	1,7±0,4 <sup>a</sup>	0,06±0,02 <sup>a</sup>	0,05±0,02 <sup>a</sup>	0,05±0,01 <sup>ab</sup>	0,0002±0 <sup>ab</sup>	0,001±0 <sup>ab</sup>
36	5-10	3,2±0,8 <sup>bc</sup>	1,4±0,4 <sup>b</sup>	0,09±0,01 <sup>b</sup>	0,4±0,1 <sup>b</sup>	0,12±0,09 <sup>a</sup>	0,01±0 <sup>b</sup>	0,02±0,01 <sup>b</sup>	0,0002±0 <sup>b</sup>	0,002±0,001 <sup>ab</sup>
55	5-10	4,7±0,4 <sup>ab</sup>	3,4±1,8 <sup>ab</sup>	0,21±0,06 <sup>a</sup>	1,8±1,1 <sup>a</sup>	0,15±0,11 <sup>a</sup>	0,06±0,06 <sup>ab</sup>	0,11±0,07 <sup>ab</sup>	0,0003±0 <sup>ab</sup>	0,003±0,001 <sup>a</sup>
58	5-10	2,7±0,6 <sup>c</sup>	2,7±0,9 <sup>ab</sup>	0,14±0,02 <sup>a</sup>	0,7±0 <sup>ab</sup>	0,16±0,16 <sup>a</sup>	0,02±0,01 <sup>ab</sup>	0,14±0,12 <sup>a</sup>	0,0003±0,0001 <sup>a</sup>	0,002±0,001 <sup>ab</sup>
1182	5-10	7,6±2,4 <sup>a</sup>	6,4±6,8 <sup>ab</sup>	0,15±0,05 <sup>ab</sup>	1,2±0,4 <sup>a</sup>	0,06±0,04 <sup>a</sup>	0,06±0,04 <sup>a</sup>	0,08±0,05 <sup>ab</sup>	nd	0,001±0 <sup>b</sup>
17	10-20	3,8±0,6 <sup>b</sup>	3,9±4,3 <sup>a</sup>	0,13±0,02 <sup>ab</sup>	1,2±0,5 <sup>a</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>	0,04±0,02 <sup>a</sup>	0,08±0,04 <sup>a</sup>	0,0002±0 <sup>ab</sup>	0,001±0 <sup>a</sup>
36	10-20	3,1±0,9 <sup>ab</sup>	0,9±0,2 <sup>a</sup>	0,07±0,01 <sup>b</sup>	0,3±0,1 <sup>c</sup>	0,08±0,07 <sup>a</sup>	0,01±0 <sup>a</sup>	0,02±0,01 <sup>a</sup>	0,0001±0,0001 <sup>b</sup>	0,001±0 <sup>a</sup>
55	10-20	3,2±0,3 <sup>a</sup>	2,3±1,2 <sup>a</sup>	0,15±0,04 <sup>a</sup>	1,5±0,9 <sup>a</sup>	0,09±0,07 <sup>a</sup>	0,05±0,06 <sup>a</sup>	0,10±0,07 <sup>a</sup>	0,0002±0 <sup>ab</sup>	0,001±0 <sup>a</sup>
58	10-20	1,8±0,3 <sup>ab</sup>	1,4±0,9 <sup>a</sup>	0,10±0,01 <sup>abc</sup>	0,5±0,1 <sup>bc</sup>	0,08±0,10 <sup>a</sup>	0,02±0 <sup>a</sup>	0,13±0,10 <sup>a</sup>	0,0004±0,0002 <sup>a</sup>	0,001±0,001 <sup>a</sup>
1182	10-20	4,3±1,9 <sup>a</sup>	2±1,2 <sup>a</sup>	0,09±0,02 <sup>bc</sup>	0,8±0,3 <sup>ab</sup>	0,02±0,01 <sup>a</sup>	0,07±0,04 <sup>a</sup>	0,12±0,06 <sup>a</sup>	nd	0,001±0 <sup>a</sup>
17	20-30	2,9±0,2 <sup>a</sup>	1,6±1,3 <sup>a</sup>	0,09±0,01 <sup>a</sup>	0,8±0,4 <sup>a</sup>	0,01±0,01 <sup>a</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>	0,10±0,04 <sup>ab</sup>	0,0003±0 <sup>a</sup>	nd
36	20-30	2,4±0,3 <sup>a</sup>	0,9±0,5 <sup>a</sup>	0,07±0,01 <sup>a</sup>	0,4±0,3 <sup>a</sup>	0,07±0,08 <sup>a</sup>	0,01±0 <sup>a</sup>	0,05±0,07 <sup>b</sup>	0,0001±0,0001 <sup>a</sup>	0,001±0,001 <sup>a</sup>
55	20-30	2,6±0,5 <sup>a</sup>	1,8±1,1 <sup>a</sup>	0,10±0,05 <sup>a</sup>	1,2±0,7 <sup>a</sup>	0,04±0,02 <sup>a</sup>	0,05±0,05 <sup>a</sup>	0,08±0,05 <sup>ab</sup>	0,0003±0,0001 <sup>a</sup>	0,001±0 <sup>a</sup>
58	20-30	1,4±0,3 <sup>b</sup>	0,9±0,7 <sup>a</sup>	0,08±0,01 <sup>a</sup>	0,4±0,2 <sup>a</sup>	0,05±0,07 <sup>a</sup>	0,02±0 <sup>a</sup>	0,10±0,07 <sup>ab</sup>	0,0004±0,0003 <sup>a</sup>	0,001±0 <sup>a</sup>
1182	20-30	2,7±0,8 <sup>a</sup>	3±3,9 <sup>a</sup>	0,06±0,03 <sup>a</sup>	0,6±0,5 <sup>a</sup>	0,01±0,01 <sup>a</sup>	0,07±0,06 <sup>a</sup>	0,12±0,04 <sup>a</sup>	nd	nd

**Apêndice 21** Análise de variância da concentração dos macronutrientes entre fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual para cada camada estudada. (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Camada (cm)	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	p	Transformação
<b>P</b>	<b>0-5</b>	Fragmento	4	137,4	34,4	21	$5,2 \times 10^{-6}$	-
	<b>5-10</b>	Fragmento	4	2,6	0,6	13,9	$6,2 \times 10^{-5}$	log (y)
	<b>10-20</b>	Fragmento	4	0,2	0,4	6,4	0,003	1/sqrt(y)
	<b>20-30</b>	Fragmento	4	1,4	0,3	9,1	0,001	log (y)
<b>Ca</b>	<b>0-5</b>	Fragmento	4	184,6	46,1	2,2	0,1	-
	<b>5-10</b>	Fragmento	4	6,5	1,6	4,2	0,02	log (y)
	<b>10-20</b>	Fragmento	4	0,5	0,1	1,6	0,2	1/sqrt(y)
	<b>20-30</b>	Fragmento	4	2,1	0,5	0,5	0,7	log (y)
<b>K</b>	<b>0-5</b>	Fragmento	4	2,4	0,6	8,4	0,001	1/sqrt(y)
	<b>5-10</b>	Fragmento	4	3,1	0,8	6,4	0,003	1/sqrt(y)
	<b>10-20</b>	Fragmento	4	1,4	0,3	8,5	0,001	log (y)
	<b>20-30</b>	Fragmento	4	0	0	1,5	0,2	sqrt(y)
<b>Mg</b>	<b>0-5</b>	Fragmento	4	1	0,2	11,2	0,0002	1/sqrt(y)
	<b>5-10</b>	Fragmento	4	1,5	0,4	9,2	0,001	1/sqrt(y)
	<b>10-20</b>	Fragmento	4	2,4	0,6	9,4	0,001	1/sqrt(y)
	<b>20-30</b>	Fragmento	4	4,3	1,1	2,7	0,7	log (y)

**Apêndice 22** Análise de variância da concentração de nutrientes entre fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Camada (cm)	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadro médio	F	p	Transformação
<b>P (mg/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	1,69	0,42	7,42	0,002	log(y)
<b>Ca (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	29,81	7,45	44,75	3,63 x 10 <sup>-8</sup>	log(y)
<b>Mg (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	0,59	0,15	44,69	3,67 x 10 <sup>-8</sup>	1/sqrt(y)
<b>K (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	15527,20	3881,80	12,18	0,001	1/sqrt(y)
<b>Na (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	4,46	1,11	20,50	6,11 x 10 <sup>-6</sup>	1/sqrt(y)
<b>Fe (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	27,92	6,98	9,65	0,0005	log(y)
<b>Cu (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	5,96	1,49	7,82	0,001	log(y)
<b>Zn (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	1,06 x 10 <sup>-4</sup>	2,65 x 10 <sup>-5</sup>	10,58	0,0003	-
<b>Mn (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>	0-30	Fragmento	4	0,14	0,04	41,40	6,19 x 10 <sup>-8</sup>	sqrt(y)

**Apêndice 23** Concentração (mg/dm<sup>3</sup> ou cmol/dm<sup>3</sup>) dos nutrientes do solo de fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD) nas quatro camadas estudadas (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm). Letras diferentes representam a diferença entre fragmentos na camada estudada (ANOVA One Way, p<0,05). F=Fragmento; C=Camada do solo.

F (ha)	C (cm)	P	Ca	K	Mg	Mn	Na	Fe	Cu	Zn
23,3	0-5	12,7±3,9 <sup>a</sup>	6,2±2,5 <sup>a</sup>	nd	2,4±0,6 <sup>c</sup>	0,23±0,06 <sup>a</sup>	1,4±0,4 <sup>a</sup>	4,1±1,5 <sup>a</sup>	1,3±0,3 <sup>a</sup>	0,053±0,010 <sup>a</sup>
25,5	0-5	8,8±3,7 <sup>ab</sup>	2,2±0,2 <sup>a</sup>	0,0004±0,0002 <sup>b</sup>	7,9±3 <sup>b</sup>	0,06±0,02 <sup>b</sup>	0,3±0,1 <sup>bc</sup>	3,3±3,1 <sup>ab</sup>	0,6±0,5 <sup>ab</sup>	0,012±0,003 <sup>a</sup>
33,5	0-5	5,7±0,7 <sup>b</sup>	0,25±0,12 <sup>b</sup>	0,0003±0,0002 <sup>b</sup>	10,7±5,6 <sup>ab</sup>	0,-7±0,01 <sup>b</sup>	0,3±0 <sup>c</sup>	0,3±0,1 <sup>c</sup>	0,3±0,1 <sup>b</sup>	0,004±0,002 <sup>b</sup>
155	0-5	6,2±2,8 <sup>b</sup>	4,1±2,9 <sup>a</sup>	nd	1,5±0,3 <sup>c</sup>	0,05±0,01 <sup>b</sup>	0,6±0,2 <sup>bc</sup>	4,6±1 <sup>a</sup>	0,5±0,3 <sup>b</sup>	0,010±0,003 <sup>a</sup>
2300	0-5	4,2±1,1 <sup>b</sup>	2,3±0,5 <sup>a</sup>	0,002±0,001 <sup>a</sup>	18,2±4 <sup>a</sup>	0,05±0,01 <sup>b</sup>	0,3±0,1 <sup>c</sup>	0,7±0,8 <sup>bc</sup>	0,3±0,1 <sup>b</sup>	0,010±0,001 <sup>a</sup>
23,3	5-10	6,7±1,5 <sup>a</sup>	3,3±1,9 <sup>a</sup>	nd	3,8±1,1 <sup>b</sup>	0,20±0,02 <sup>a</sup>	0,8±0,3 <sup>a</sup>	2,8±0,9 <sup>a</sup>	0,9±0,3 <sup>a</sup>	0,057±0,024 <sup>a</sup>
25,5	5-10	4,4±0,7 <sup>bc</sup>	1,8±0,1 <sup>a</sup>	0,0002±0,0001 <sup>b</sup>	7,9±2,1 <sup>a</sup>	0,05±0,02 <sup>b</sup>	0,2±0,1 <sup>b</sup>	1,9±1,8 <sup>ab</sup>	0,3±0,1 <sup>b</sup>	0,009±0,002 <sup>a</sup>
33,5	5-10	3,5±0,6 <sup>bc</sup>	0,09±0,04 <sup>b</sup>	0,0001±0,0001 <sup>b</sup>	8,9±3,1 <sup>a</sup>	0,05±0,01 <sup>b</sup>	0,2±0 <sup>b</sup>	0,1±0,1 <sup>c</sup>	0,2±0,1 <sup>b</sup>	0,003±0,001 <sup>b</sup>
155	5-10	5,1±0,8 <sup>ab</sup>	2,5±1,2 <sup>a</sup>	nd	2,1±0,1 <sup>c</sup>	0,05±0,01 <sup>b</sup>	0,3±0,1 <sup>b</sup>	3,3±0,8 <sup>a</sup>	0,3±0,1 <sup>b</sup>	0,008±0,002 <sup>a</sup>
2300	5-10	3±0,9 <sup>c</sup>	2,2±0,4 <sup>a</sup>	0,001±0,001 <sup>a</sup>	15,8±4,9 <sup>a</sup>	0,06±0,02 <sup>b</sup>	0,2±0,1 <sup>b</sup>	0,5±0,6 <sup>bc</sup>	0,2±0,1 <sup>b</sup>	0,009±0,002 <sup>a</sup>
23,3	10-20	4,6±1,5 <sup>a</sup>	1,9±1,4 <sup>a</sup>	nd	3,7±0,6 <sup>b</sup>	0,17±0,05 <sup>a</sup>	0,6±0,2 <sup>a</sup>	1,7±0,9 <sup>ab</sup>	0,5±0,3 <sup>a</sup>	0,045±0,005 <sup>ab</sup>
25,5	10-20	2,6±0,4 <sup>b</sup>	1,5±0,9 <sup>a</sup>	0,0004±0,0006 <sup>b</sup>	6±4,2 <sup>b</sup>	0,03±0,02 <sup>b</sup>	0,1±0,1 <sup>c</sup>	0,7±1 <sup>abc</sup>	0,2±0,1 <sup>b</sup>	0,007±0,005 <sup>a</sup>
33,5	10-20	2,8±0,2 <sup>ab</sup>	0,07±0,03 <sup>b</sup>	0,0001±0,0001 <sup>ab</sup>	7±3,2 <sup>ab</sup>	0,05±0,01 <sup>b</sup>	0,1±0 <sup>bc</sup>	0,1±0,1 <sup>c</sup>	0,1±0 <sup>b</sup>	0,002±0 <sup>b</sup>
155	10-20	3,1±0,6 <sup>ab</sup>	1,6±0,7 <sup>a</sup>	nd	1,8±0,5 <sup>b</sup>	0,05±0,01 <sup>b</sup>	0,3±0,1 <sup>ab</sup>	2±0,5 <sup>a</sup>	0,2±0,1 <sup>ab</sup>	0,007±0,003 <sup>a</sup>
2300	10-20	2,4±0,4 <sup>a</sup>	2±0,5 <sup>a</sup>	0,003±0,002 <sup>a</sup>	13,7±3,2 <sup>a</sup>	0,05±0 <sup>b</sup>	0,2±0,1 <sup>bc</sup>	0,5±0,6 <sup>bc</sup>	0,2±0,1 <sup>b</sup>	0,008±0,002 <sup>a</sup>
23,3	20-30	4±0,9 <sup>a</sup>	1±0,7 <sup>a</sup>	nd	2,7±0,9 <sup>cd</sup>	0,16±0,05 <sup>a</sup>	0,4±0,1 <sup>a</sup>	1,1±0,9 <sup>a</sup>	0,3±0,1 <sup>a</sup>	0,076±0,071 <sup>a</sup>
25,5	20-30	1,9±0,2 <sup>b</sup>	1,6±0,3 <sup>a</sup>	0,0007±0,0012 <sup>a</sup>	7,1±2,1 <sup>ab</sup>	0,04±0,01 <sup>b</sup>	0,1±0 <sup>c</sup>	0,7±0,7 <sup>ab</sup>	0,1±0,1 <sup>ab</sup>	0,007±0,002 <sup>ab</sup>
33,5	20-30	2,2±0,3 <sup>ab</sup>	0,05±0,02 <sup>b</sup>	0,0001±0,0002 <sup>a</sup>	5,7±2,4 <sup>bc</sup>	0,04±0,01 <sup>b</sup>	0,1±0 <sup>c</sup>	0,1±0 <sup>bc</sup>	0,1±0 <sup>b</sup>	0,002±0,001 <sup>b</sup>
155	20-30	8,7±11,1 <sup>a</sup>	1,8±0,2 <sup>a</sup>	nd	1,8±0,6 <sup>cd</sup>	0,05±0,01 <sup>ab</sup>	0,3±0,1 <sup>ab</sup>	1,7±0,4 <sup>a</sup>	0,2±0,1 <sup>a</sup>	0,007±0,003 <sup>a</sup>
2300	20-30	1,9±0,2 <sup>b</sup>	1,7±0,2 <sup>a</sup>	0,001±0,001 <sup>a</sup>	11,7±2,3 <sup>a</sup>	0,08±0,07 <sup>b</sup>	0,2±0 <sup>bc</sup>	0,3±0,3 <sup>ab</sup>	0,1±0 <sup>ab</sup>	0,008±0,001 <sup>a</sup>

**Apêndice 24** Análise de variância da concentração dos macronutrientes entre fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD) para cada camada estudada. (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Camada (cm)	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	p	Transformação
<b>P</b>	<b>0-5</b>	Fragmento	4	5,3	1,3	5,4	0,01	sqrt(y)
	<b>5-10</b>	Fragmento	4	33,5	8,4	9	0,001	-
	<b>10-20</b>	Fragmento	4	0,1	0	5,3	0,01	1/(y)
	<b>20-30</b>	Fragmento	4	0,3	0,1	7,4	0,002	1/(y)
<b>Ca</b>	<b>0-5</b>	Fragmento	4	24,5	6,1	29,6	$5,9 \times 10^{-7}$	log (y)
	<b>5-10</b>	Fragmento	4	36,1	9	42,6	$5,1 \times 10^{-8}$	log (y)
	<b>10-20</b>	Fragmento	4	32	8	12,3	0,0001	log (y)
	<b>20-30</b>	Fragmento	4	40,6	10,1	53,6	$1,05 \times 10^{-8}$	log (y)
<b>K</b>	<b>0-5</b>	Fragmento	2	5	2,5	6	0,03	log (y)
	<b>5-10</b>	Fragmento	2	$1,40 \times 10^{-7}$	7094430	25	0,002	1/(y)
	<b>10-20</b>	Fragmento	2	4308,6	2154,3	8,7	0,02	1/sqrt(y)
	<b>20-30</b>	Fragmento	2	2,9	1,4	1,2	0,4	log (y)
<b>Mg</b>	<b>0-5</b>	Fragmento	4	17	4,3	32	$3,5 \times 10^{-7}$	log (y)
	<b>5-10</b>	Fragmento	4	0,5	0,1	31,7	$3,7 \times 10^{-7}$	1/sqrt(y)
	<b>10-20</b>	Fragmento	4	12,2	3,1	8,2	0,001	sqrt(y)
	<b>20-30</b>	Fragmento	4	9,1	2,3	19,5	$8,4 \times 10^{-6}$	log (y)

**Apêndice 25** Análise de variância da concentração dos micronutrientes entre fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) para cada camada estudada. (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Camada (cm)	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	p	Transformação
Na	0-5	Fragmento	4	26,9	6,7	3,5	0,04	1/sqrt(y)
	5-10	Fragmento	4	6689	1672	4,4	0,02	1/(y)
	10-20	Fragmento	4	5,4	1,4	1,6	0,2	log (y)
	20-30	Fragmento	4	5,4	1,4	2,9	0,1	log (y)
Fe	0-5	Fragmento	4	9,8	2,4	3,5	0,03	log (y)
	5-10	Fragmento	4	9,3	2,3	3	0,05	log (y)
	10-20	Fragmento	4	0,1	0	2,5	0,1	sqrt(y)
	20-30	Fragmento	4	0,1	0	3,5	0,03	sqrt(y)
Mn	0-5	Fragmento	4	2,4	0,6	2	0,2	log(y)
	5-10	Fragmento	4	2,7	0,7	1,3	0,3	log(y)
	10-20	Fragmento	4	6,8	1,7	2,3	0,1	log(y)
	20-30	Fragmento	4	9,6	2,4	2,6	0,1	log(y)
Zn	0-5	Fragmento	4	2,1	0,5	7,2	0,002	log(y)
	5-10	Fragmento	4	2,3	0,7	4,4	0,01	log(y)
	10-20	Fragmento	4	0	$1 \times 10^{-4}$	1,9	0,2	sqrt(y)
	20-30	Fragmento	4	0	$1,3 \times 10^{-4}$	1,8	0,2	sqrt(y)
Cu	0-5	Fragmento	4	1214	304	11	0,001	1/sqrt(y)
	5-10	Fragmento	3	$5,3 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5}$	5,8	0,01	sqrt(y)
	10-20	Fragmento	3	19411317	6470439	5,8	0,01	1/(y)
	20-30	Fragmento	3	10694246	3564749	2,5	0,1	1/(y)

**Apêndice 26** Análise de variância da concentração dos micronutrientes entre fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD) para cada camada estudada. (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Camada (cm)	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	p	Transformação
<b>Mn</b>	0-5	Fragmento	4	6,2	1,6	22,6	$3,3 \times 10^{-6}$	log (y)
	5-10	Fragmento	4	0,02	0,04	41,5	$6,1 \times 10^{-8}$	sqrt (y)
	10-20	Fragmento	4	0,1	0,03	25,4	$1,6 \times 10^{-6}$	sqrt (y)
	20-30	Fragmento	4	996	249	6,9	0,002	1/(y)
<b>Na</b>	0-5	Fragmento	4	7,4	1,8	20,7	$5,7 \times 10^{-6}$	log (y)
	5-10	Fragmento	4	6,1	1,5	22,2	$3,7 \times 10^{-6}$	log(y)
	10-20	Fragmento	4	7,7	1,9	10,7	0,0003	log(y)
	20-30	Fragmento	4	4,7	1,2	13,2	$8,5 \times 10^{-5}$	log(y)
<b>Fe</b>	0-5	Fragmento	4	27,5	6,9	9,8	0,0004	log(y)
	5-10	Fragmento	4	34,6	8,7	9,8	0,0004	log(y)
	10-20	Fragmento	4	26	6,5	8,3	0,001	log(y)
	20-30	Fragmento	4	24,5	6,1	6,3	0,003	log(y)
<b>Cu</b>	0-5	Fragmento	4	6,5	1,6	7,5	0,002	log(y)
	5-10	Fragmento	4	6,5	1,6	7,5	0,002	log(y)
	10-20	Fragmento	4	5,8	1,5	5,9	0,005	log(y)
	20-30	Fragmento	4	6,2	1,5	7,9	0,001	log(y)
<b>Zn</b>	0-5	Fragmento	4	0,01	0,001	10,7	0,0003	sqrt (y)
	5-10	Fragmento	4	$1,1 \times 10^{-4}$	$2,8 \times 10^{-5}$	10,3	0,0003	-
	10-20	Fragmento	4	5,8	1,5	8,7	0,001	log(y)
	20-30	Fragmento	4	0,01	0,001	8,8	0,001	sqrt (y)



**Apêndice 27** Análise de variância da soma dos estoques dos nutrientes das quatro camadas estudadas (0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm) entre fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES), (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Camada (cm)	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	p	Transformação
P	0-30	Fragmento	4	0,05	0,01	25,63	$1,5 \times 10^{-6}$	1/sqrt
Ca	0-30	Fragmento	4	3,35	0,84	1,99	0,15	log
Mg	0-30	Fragmento	4	0,38	0,09	6,83	0	1/sqrt
K	0-30	Fragmento	4	0,51	0,13	3,81	0,02	1/sqrt
Na	0-30	Fragmento	4	0,21	0,05	1,91	0,16	sqrt
Fe	0-30	Fragmento	4	0,33	0,08	3,13	0,05	sqrt
Cu	0-30	Fragmento	4	$1,7 \times 10^{-8}$	43329965	334,14	$3,5 \times 10^{-12}$	1/(y)
Zn	0-30	Fragmento	4	2,19	0,55	3,18	0,04	log
Mn	0-30	Fragmento	4	3,9	0,97	1,78	0,19	log

**Apêndice 28** Análise de variância da soma dos estoques dos nutrientes das quatro camadas estudadas (0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm) entre fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FES), (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Camada	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	p	Transformação
P	0-30 cm	Fragmento	4	0,0	0,01	3,92	0,02	1/sqrt
Ca	0-30 cm	Fragmento	4	30,7	7,69	40,73	$6,9 \times 10^{-8}$	log
Mg	0-30 cm	Fragmento	4	0,2	0,04	27,63	$9,2 \times 10^{-7}$	1/sqrt
K	0-30 cm	Fragmento	2	13,5	6,73	6,34	0,02	log
Na	0-30 cm	Fragmento	4	1,6	0,39	14,44	$5 \times 10^{-5}$	1/sqrt
Fe	0-30 cm	Fragmento	4	27,02	6,75	8,97	0,001	log
Cu	0-30 cm	Fragmento	4	5,92	1,48	8,08	0,001	log
Zn	0-30 cm	Fragmento	4	4,25	1,06	13,01	$9,1 \times 10^{-5}$	log
Mn	0-30 cm	Fragmento	4	5,96	1,49	30,15	$5,2 \times 10^{-7}$	log

**Apêndice 29** Resultados das regressões dos macronutrientes em cada fração da necromassa e a média destas em relação ao tamanho do fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ,

<b>Nutriente</b>	<b>Tipo Florestal</b>	<b>Frações</b>	<b>p</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Transformação</b>
<b>P</b>	FES	Folha	0,7	0,25	log(x)
	FOD	Folha	0,2	0,31	log(x)
	FES	Galho	0,8	0,30	log(x)
	FOD	Galho	0,2	0,20	log(x)
	FES	Resto	0,5	0,10	log(x)
	FOD	Resto	0,2	0,40	log(x)
	FES	Média	0,7	0,30	log(x)
	FOD	Média	0,2	0,40	log(x)
<b>Ca</b>	FES	Folha	0,02	0,82	log(x)
	FOD	Folha	0,5	0,15	log(x), log(y)
	FES	Galho	0,4	0,01	log(x)
	FOD	Galho	0,7	0,27	log(x)
	FES	Resto	0,1	0,65	log(x)
	FOD	Resto	0,5	0,15	log(x)
	FES	Média	0,1	0,58	log(x)
	FOD	Média	0,6	0,19	log(x)
<b>K</b>	FES	Folha	0,1	0,43	log(x)
	FOD	Folha	0,3	0,33	log(x)
	FES	Galho	0,6	0,20	log(x)
	FOD	Galho	0,8	0,04	log(x)
	FES	Resto	0,1	0,63	log(x)
	FOD	Resto	0,6	0,09	log(x); sqrt(y)
	FES	Média	0,02	0,87	log(x)
	FOD	Média	0,6	0,09	log(x)
<b>Mg</b>	FES	Folha	0,1	0,60	log(x)
	FOD	Folha	0,1	0,57	log(x)
	FES	Galho	0,2	0,45	log(x)
	FOD	Galho	0,2	0,52	log(x)
	FES	Resto	0,9	0,01	log(x)
	FOD	Resto	0,6	0,08	log(x)
	FES	Média	0,3	0,34	log(x)
	FOD	Média	0,2	0,43	log(x)

**Apêndice 30** Resultados das regressões dos macronutrientes em cada fração da necromassa e a média destas em relação ao tamanho do fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ.

Nutriente	Tipo Florestal	Frações	p	R <sup>2</sup>	Transformação
Na	FES	Folha	0,2	0,50	log(x)
	FOD	Folha	0,02	0,98	-
	FES	Galho	0,4	0,29	log(x)
	FOD	Galho	0,02	0,98	-
	FES	Resto	0,9	0,01	log(x)
	FOD	Resto	0,05	0,95	log(x)
	FES	Média	0,2	0,47	log(x)
	FOD	Média	0,01	0,99	-
Fe	FES	Folha	0,9	0,01	log(x)
	FOD	Folha	0,1	0,67	log(x)
	FES	Galho	0,4	0,28	log(x)
	FOD	Galho	0,2	0,49	log(x)
	FES	Resto	0,7	0,04	log(x)
	FOD	Resto	0,5	0,15	log(x)
	FES	Média	0,4	0,27	log(x)
	FOD	Média	0,4	0,20	log(x)
Cu	FES	Folha	0,1	0,70	log(x)
	FOD	Folha	0,9	0,01	log(x)
	FES	Galho	0,4	0,20	log(x)
	FOD	Galho	0,2	0,52	log(x)
	FES	Resto	0,3	0,36	log(x)
	FOD	Resto	0,8	0,03	log(x)
	FES	Média	0,1	0,59	log(x)
	FOD	Média	0,6	0,10	log(x)
Zn	FES	Folha	0,1	0,74	log(x); sqrt(y)
	FOD	Folha	0,3	0,31	log(x)
	FES	Galho	0,1	0,60	log(x); 1/sqrt(y)
	FOD	Galho	0,1	0,71	log(x)
	FES	Resto	0,1	0,76	log(x); 1/sqrt(y)
	FOD	Resto	0,1	0,61	log(x); 1/(y)
	FES	Média	0,04	0,79	log(x)
	FOD	Média	0,2	0,53	log(x); log(y)
Mn	FES	Folha	1,0	0,001	log(x)
	FOD	Folha	0,5	0,20	log(x)
	FES	Galho	0,3	0,31	log(x)
	FOD	Galho	0,4	0,23	log(x); sqrt(y)
	FES	Resto	0,6	0,08	log(x); log(y)
	FOD	Resto	0,9	0,005	log(x); sqrt(y)
	FES	Média	1,0	0,0002	log(x)
	FOD	Média	0,6	0,10	log(x); sqrt(y)

**Apêndice 31** Análise de variância da concentração (mg/g) dos nutrientes de cada fração da necromassa entre fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES), Mata Atlântica, RJ. (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Nutriente	Frações	Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	p	Transformação
P	Folha	Fragmento	4	0,07	0,02	6,03	0,004	-
	Galho	Fragmento	4	0,28	0,07	6,31	0,003	log(y)
	Resto	Fragmento	4	0,03	0,01	0,64	0,64	-
	Média	Fragmento	4	0,10	0,03	3,66	0,03	1/sqrt(y)
Ca	Folha	Fragmento	4	172,71	43,18	9,61	0,0005	-
	Galho	Fragmento	4	0,21	0,05	3,40	0,04	log(y)
	Resto	Fragmento	4	54,80	13,70	1,92	0,16	-
	Média	Fragmento	4	0,001	$2,3 \times 10^{-4}$	6,54	0,003	1/(y)
Mg	Folha	Fragmento	4	0,33	0,08	2,90	0,06	log(y)
	Galho	Fragmento	4	0,15	0,04	11,32	0,0002	1/(y)
	Resto	Fragmento	4	1,30	0,33	1,42	0,28	-
	Média	Fragmento	4	0,13	0,03	4,20	0,02	1/(log)
K	Folha	Fragmento	4	0,16	0,04	3,49	0,03	1/sqrt(y)
	Galho	Fragmento	4	4,02	1,01	13,63	$7 \times 10^{-5}$	-
	Resto	Fragmento	4	0,99	0,25	5,24	0,01	log(y)
	Média	Fragmento	4	0,10	0,02	7,49	0,002	1/sqrt(y)
Na	Folha	Fragmento	4	49,84	12,46	4,74	0,01	1/(y)
	Galho	Fragmento	4	1,41	0,35	2,45	0,09	1/sqrt(y)
	Resto	Fragmento	4	1,28	0,32	0,77	0,56	log(y)
	Média	Fragmento	4	27,85	6,96	2,14	0,13	1/(y)
Fe	Folha	Fragmento	4	1,76	0,44	7,24	0,002	1/sqrt(y)
	Galho	Fragmento	4	0,11	0,03	12,91	0,0001	-
	Resto	Fragmento	4	7,42	1,85	9,01	0,001	log(y)
	Média	Fragmento	4	1,82	0,45	5,56	0,01	1/sqrt(y)
Cu	Folha	Fragmento	4	19130	4782,4	5,64	0,01	1/(y)
	Galho	Fragmento	4	$1,6 \times 10^{-5}$	$3,9 \times 10^{-6}$	4,17	0,02	-
	Resto	Fragmento	4	$3,6 \times 10^{-5}$	$9,1 \times 10^{-6}$	2,24	0,11	-
	Média	Fragmento	4	$2,2 \times 10^{-5}$	$5,5 \times 10^{-6}$	3,23	0,04	-
Zn	Folha	Fragmento	4	0,0002	$4,1 \times 10^{-5}$	4,41	0,01	-
	Galho	Fragmento	4	$2,6 \times 10^{-6}$	$6,4 \times 10^{-7}$	0,08	0,99	-
	Resto	Fragmento	4	0,0003	$8,1 \times 10^{-5}$	2,80	0,06	-
	Média	Fragmento	4	$9,6 \times 10^{-5}$	$2,4 \times 10^{-5}$	3,14	0,05	-
Mn	Folha	Fragmento	4	1,03	0,26	2,62	0,08	1/sqrt(y)
	Galho	Fragmento	4	1,83	0,46	2,44	0,09	1/sqrt(y)
	Resto	Fragmento	4	1,27	0,32	0,99	0,44	log(y)
	Média	Fragmento	4	1,16	0,29	1,99	0,15	log(y)

**Apêndice 32** Análise de variância da concentração (mg/g) dos nutrientes de cada fração da necromassa entre fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Nutriente	Frações	Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	p	Transformação
P	Folha	Fragmento	4	1,07	0,27	23,10	$2,89 \times 10^{-6}$	1/sqrt(y)
	Galho	Fragmento	4	0,30	0,07	24,25	$2,12 \times 10^{-6}$	-
	Resto	Fragmento	4	0,57	0,14	11,09	0,0002	-
	Média	Fragmento	4	1,57	0,39	32,14	$3,39 \times 10^{-7}$	log(y)
Ca	Folha	Fragmento	4	4,28	1,07	23,96	$2,3 \times 10^{-6}$	log(y)
	Galho	Fragmento	4	2205,79	551,45	12,66	0,0001	-
	Resto	Fragmento	4	4,84	1,21	29,70	$5,7 \times 10^{-7}$	log(y)
	Média	Fragmento	4	271,87	67,97	26,67	$1,15 \times 10^{-6}$	-
Mg	Folha	Fragmento	4	6,15	1,54	5,41	0,01	-
	Galho	Fragmento	4	2,00	0,50	3,72	0,03	-
	Resto	Fragmento	4	3,54	0,88	2,61	0,08	-
	Média	Fragmento	4	3,06	0,77	4,03	0,02	-
K	Folha	Fragmento	4	1,72	0,43	5,67	0,01	log(y)
	Galho	Fragmento	4	3,88	0,97	5,68	0,01	log(y)
	Resto	Fragmento	4	21,74	5,43	15,19	$3,7 \times 10^{-5}$	-
	Média	Fragmento	4	9,90	2,48	8,38	0,001	-
Na	Folha	Fragmento	4	3,06	0,77	8,97	0,001	log(y)
	Galho	Fragmento	4	0,04	0,01	1,53	0,24	-
	Resto	Fragmento	4	0,03	0,01	3,58	0,03	-
	Média	Fragmento	4	0,09	0,02	5,27	0,01	-
Fe	Folha	Fragmento	4	11,95	2,99	13,70	$6,75 \times 10^{-5}$	log(y)
	Galho	Fragmento	4	2,26	0,57	1,89	0,16	log(y)
	Resto	Fragmento	4	21,99	5,50	26,93	$1,08 \times 10^{-6}$	log(y)
	Média	Fragmento	4	6,32	1,58	22,98	$2,98 \times 10^{-6}$	sqrt(y)
Cu	Folha	Fragmento	4	3,63	0,91	0,66	0,63	1/sqrt(y)
	Galho	Fragmento	4	4717,80	1179,46	5,09	0,01	1/(y)
	Resto	Fragmento	4	$1,66 \times 10^{-4}$	$4,2 \times 10^{-5}$	7,83	0,001	-
	Média	Fragmento	4	4465,40	1116,34	5,69	0,01	1/(y)
Zn	Folha	Fragmento	4	1,50	0,38	3,92	0,02	log(y)
	Galho	Fragmento	4	7,63	1,91	6,35	0,003	1/sqrt(y)
	Resto	Fragmento	4	3,23	0,81	12,88	$9,6 \times 10^{-5}$	log(y)
	Média	Fragmento	4	1,64	0,41	9,25	0,001	log(y)
Mn	Folha	Fragmento	4	0,37	0,09	3,57	0,03	-
	Galho	Fragmento	4	1,56	0,39	1,75	0,19	log(y)
	Resto	Fragmento	4	2,64	0,66	5,02	0,01	log(y)
	Média	Fragmento	4	0,23	0,06	3,44	0,03	-

**Apêndice 33** Estoque dos nutrientes (kg/ha) em cada fração da necromassa e na soma destas para cada fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (FES), Letras diferentes representam a diferença entre fragmentos para cada fração da necromassa (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ). F=Fragmentos.

F (ha)	P	Ca	Mg	K	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
<b>Folha</b>									
17	1,58±0,35 <sup>ab</sup>	53,8±9,09 <sup>a</sup>	8,98±1,29 <sup>a</sup>	16,48±6,64 <sup>a</sup>	2,75±2,04 <sup>a</sup>	1,39±0,40 <sup>ab</sup>	0,022±0,004 <sup>a</sup>	0,56±0,11 <sup>a</sup>	0,94±0,23 <sup>ab</sup>
36	2,12±0,45 <sup>a</sup>	63,42±15,70 <sup>a</sup>	10,76±4,25 <sup>a</sup>	11,14±3,65 <sup>ab</sup>	1,08±0,22 <sup>a</sup>	1,38±0,49 <sup>b</sup>	0,019±0,003 <sup>a</sup>	0,76±0,12 <sup>a</sup>	1,30±0,47 <sup>ab</sup>
55	1,50±0,19 <sup>ab</sup>	53,45±4,02 <sup>a</sup>	8,06±0,93 <sup>a</sup>	7,44±1,10 <sup>ab</sup>	0,83±0,007 <sup>a</sup>	2,78±0,74 <sup>ab</sup>	0,026±0,003 <sup>a</sup>	0,58±0,10 <sup>a</sup>	1,82±0,54 <sup>a</sup>
58	1,42±0,59 <sup>ab</sup>	52,08±13,36 <sup>a</sup>	7,64±2,71 <sup>a</sup>	11,33±6,27 <sup>ab</sup>	1,64±1,10 <sup>a</sup>	4,24±2,19 <sup>a</sup>	0,027±0,011 <sup>a</sup>	0,63±0,25 <sup>a</sup>	1,12±0,74 <sup>ab</sup>
1182	0,89±0,35 <sup>b</sup>	43,15±24,91 <sup>a</sup>	3,04±0,96 <sup>b</sup>	3,40±2,96 <sup>b</sup>	0,23±0,11 <sup>b</sup>	0,65±2,09 <sup>c</sup>	0,018±0,016 <sup>a</sup>	0,42±0,26 <sup>a</sup>	0,51±0,24 <sup>b</sup>
<b>Galho</b>									
17	1,08±0,41 <sup>a</sup>	65,27±23,05 <sup>a</sup>	6,52±1,55 <sup>a</sup>	6,86±1,25 <sup>a</sup>	1,22±0,62 <sup>a</sup>	0,83±0,29 <sup>ab</sup>	0,017±0,004 <sup>a</sup>	0,07±0,03 <sup>a</sup>	0,48±0,34 <sup>a</sup>
36	0,94±0,41 <sup>a</sup>	50,71±16,71 <sup>a</sup>	5,74±3,50 <sup>a</sup>	6,71±4,09 <sup>ab</sup>	0,51±0,21 <sup>a</sup>	0,52±0,11 <sup>bc</sup>	0,017±0,008 <sup>a</sup>	0,05±0,02 <sup>a</sup>	0,35±0,16 <sup>a</sup>
55	0,82±0,25 <sup>a</sup>	50,03±14,59 <sup>a</sup>	5,07±1,62 <sup>a</sup>	5,31±1,45 <sup>ab</sup>	0,47±0,19 <sup>a</sup>	1,04±0,42 <sup>a</sup>	0,020±0,005 <sup>a</sup>	0,06±0,02 <sup>a</sup>	0,53±0,19 <sup>a</sup>
58	0,78±0,22 <sup>a</sup>	51,66±20,74 <sup>a</sup>	4,79±1,43 <sup>a</sup>	3,22±0,72 <sup>b</sup>	1,07±0,65 <sup>a</sup>	0,60±0,12 <sup>abc</sup>	0,019±0,004 <sup>a</sup>	0,07±0,01 <sup>a</sup>	0,38±0,09 <sup>a</sup>
1182	0,77±0,12 <sup>a</sup>	52,78±18,38 <sup>a</sup>	3,68±0,61 <sup>a</sup>	3,96±0,86 <sup>ab</sup>	0,48±0,12 <sup>a</sup>	0,49±0,11 <sup>c</sup>	0,016±0,003 <sup>a</sup>	0,05±0,01 <sup>a</sup>	0,26±0,07 <sup>a</sup>
<b>Resto</b>									
17	0,17±0,007 <sup>a</sup>	4,67±2,16 <sup>ab</sup>	0,42±0,34 <sup>a</sup>	0,89±0,34 <sup>a</sup>	0,09±0,01 <sup>a</sup>	0,32±0,07 <sup>a</sup>	0,002±0,001 <sup>a</sup>	0,005±0,002 <sup>b</sup>	0,07±0,03 <sup>a</sup>
36	0,12±0,06 <sup>a</sup>	3,53±1,77 <sup>b</sup>	0,40±0,37 <sup>a</sup>	0,70±0,59 <sup>a</sup>	0,05±0,03 <sup>a</sup>	0,15±0,10 <sup>a</sup>	0,002±0,001 <sup>a</sup>	0,004±0,002 <sup>b</sup>	0,06±0,03 <sup>a</sup>
55	0,11±0,06 <sup>a</sup>	3,07±1,78 <sup>b</sup>	0,17±0,15 <sup>a</sup>	0,54±0,26 <sup>a</sup>	0,03±0,02 <sup>a</sup>	0,61±0,48 <sup>a</sup>	0,002±0,001 <sup>a</sup>	0,003±0,002 <sup>b</sup>	0,09±0,06 <sup>a</sup>
58	0,12±0,05 <sup>a</sup>	3,42±1,73 <sup>b</sup>	0,19±0,03 <sup>a</sup>	0,63±0,25 <sup>a</sup>	0,05±0,04 <sup>a</sup>	0,68±0,47 <sup>a</sup>	0,001±0,0002 <sup>a</sup>	0,004±0,001 <sup>b</sup>	0,06±0,04 <sup>a</sup>
1182	0,28±0,10 <sup>a</sup>	9,47±4,04 <sup>a</sup>	0,66±0,37 <sup>a</sup>	0,76±0,25 <sup>a</sup>	0,07±0,02 <sup>a</sup>	0,34±0,12 <sup>a</sup>	0,004±0,002 <sup>a</sup>	0,013±0,004 <sup>a</sup>	0,15±0,09 <sup>a</sup>
<b>Soma</b>									
17	2,83±0,48 <sup>a</sup>	123,78±11,29 <sup>a</sup>	15,92±1,04 <sup>a</sup>	24,23±6,12 <sup>a</sup>	4,06±2,68 <sup>a</sup>	2,53±0,44 <sup>ab</sup>	0,041±0,005 <sup>a</sup>	0,64±0,12 <sup>a</sup>	1,49±0,45 <sup>ab</sup>
36	3,18±0,41 <sup>a</sup>	117,67±19,70 <sup>a</sup>	16,9±7,46 <sup>a</sup>	18,55±6,82 <sup>a</sup>	1,64±0,34 <sup>ab</sup>	2,06±0,49 <sup>bc</sup>	0,037±0,010 <sup>a</sup>	0,82±0,10 <sup>a</sup>	1,72±0,54 <sup>ab</sup>
55	2,44±0,84 <sup>a</sup>	106,56±30,27 <sup>a</sup>	13,3±4,27 <sup>a</sup>	13,29±4,31 <sup>ab</sup>	1,33±0,39 <sup>ab</sup>	4,43±1,62 <sup>a</sup>	0,048±0,013 <sup>a</sup>	0,64±0,16 <sup>a</sup>	2,44±0,56 <sup>a</sup>
58	2,32±0,63 <sup>a</sup>	107,15±24,82 <sup>a</sup>	12,61±3,47 <sup>a</sup>	15,18±6,78 <sup>ab</sup>	2,77±1,79 <sup>a</sup>	5,52±2,19 <sup>a</sup>	0,047±0,014 <sup>a</sup>	0,70±0,24 <sup>a</sup>	1,56±0,82 <sup>ab</sup>
1182	1,93±0,46 <sup>a</sup>	105,39±33,75 <sup>a</sup>	7,39±1,30 <sup>b</sup>	8,11±3,57 <sup>b</sup>	0,78±0,18 <sup>b</sup>	1,47±0,14 <sup>c</sup>	0,038±0,017 <sup>a</sup>	0,49±0,27 <sup>a</sup>	0,92±0,32 <sup>b</sup>

**Apêndice 34** Análise de variância do estoque (kg/ha) dos nutrientes de cada fração da necromassa entre fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES).

Variáveis	Fração	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	p	Transformação
<b>P</b>	Folha	Fragmento	4	1,74	0,44	3,92	0,02	log(y)
	Galho	Fragmento	4	0,28	0,07	1,13	0,38	-
	Resto	Fragmento	4	2,64	0,66	2,33	0,10	log(y)
	Soma	Fragmento	4	0,63	0,16	2,89	0,06	log(y)
<b>Ca</b>	Folha	Fragmento	4	829,30	207,31	0,71	0,60	-
	Galho	Fragmento	4	642,20	160,54	0,59	0,68	-
	Resto	Fragmento	4	4,77	1,19	4,17	0,02	sqrt(y)
	Soma	Fragmento	4	2,78	0,70	0,48	0,75	sqrt(y)
<b>Mg</b>	Folha	Fragmento	4	3,86	0,96	9,25	0,001	log(y)
	Galho	Fragmento	4	0,04	0,01	1,67	0,21	1/sqrt(y)
	Resto	Fragmento	4	5,66	1,42	2,74	0,07	log(y)
	Soma	Fragmento	4	0,04	0,01	6,84	0,002	1/sqrt(y)
<b>K</b>	Folha	Fragmento	4	11,62	2,90	5,25	0,01	sqrt(y)
	Galho	Fragmento	4	0,09	0,02	3,96	0,02	1/sqrt(y)
	Resto	Fragmento	4	0,60	0,15	0,50	0,74	log(y)
	Soma	Fragmento	4	2,87	0,72	5,49	0,01	log(y)
<b>Na</b>	Folha	Fragmento	4	5,25	1,31	13,82	6,4x10 <sup>-5</sup>	1/sqrt(y)
	Galho	Fragmento	4	0,98	0,25	2,56	0,08	1/sqrt(y)
	Resto	Fragmento	4	0,01	0,002	2,02	0,14	-
	Soma	Fragmento	4	0,74	0,18	5,39	0,01	1/sqrt(y)
<b>Fe</b>	Folha	Fragmento	4	1,27	0,32	12,02	0,0001	1/sqrt(y)
	Galho	Fragmento	4	0,55	0,14	5,45	0,01	1/sqrt(y)
	Resto	Fragmento	4	4,51	1,13	1,98	0,15	log(y)
	Soma	Fragmento	4	0,61	0,15	18,01	1,3x10 <sup>-5</sup>	1/(y)
<b>Cu</b>	Folha	Fragmento	4	15,90	3,98	1,83	0,18	1/sqrt(y)
	Galho	Fragmento	4	0,0001	1,2x10 <sup>-5</sup>	0,48	0,75	-
	Resto	Fragmento	4	3,52	0,88	2,60	0,08	log(y)
	Soma	Fragmento	4	1,62	0,40	0,84	0,52	1/sqrt(y)
<b>Zn</b>	Folha	Fragmento	4	0,24	0,06	1,68	0,21	-
	Galho	Fragmento	4	0,001	0,0003	1,84	0,17	-
	Resto	Fragmento	4	0,01	0,002	6,56	0,003	sqrt(y)
	Soma	Fragmento	4	0,10	0,03	1,89	0,17	sqrt(y)
<b>Mn</b>	Folha	Fragmento	4	0,90	0,23	4,99	0,01	sqrt(y)
	Galho	Fragmento	4	1,28	0,32	2,58	0,08	log(y)
	Resto	Fragmento	4	0,05	0,01	1,30	0,32	sqrt(y)
	Soma	Fragmento	4	0,76	0,19	3,85	0,02	sqrt(y)

**Apêndice 35** Estoque dos nutrientes (kg/ha) em cada fração da necromassa e na média destas para cada fragmento de Floresta Ombrófila Densa (FOD). Letras diferentes representam a diferença entre fragmentos para cada fração da necromassa (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ). F=Fragmentos.

F (ha)	P	Ca	Mg	K	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
<b>Folha</b>									
<b>23,3</b>	2,33±0,49 <sup>a</sup>	34,27±6,72 <sup>a</sup>	6,52±0,44 <sup>a</sup>	8,79±2,05 <sup>a</sup>	1,15±0,33 <sup>a</sup>	0,39±0,15 <sup>c</sup>	0,027±0,007 <sup>a</sup>	0,09±0,03 <sup>a</sup>	0,76±0,29 <sup>a</sup>
<b>25,5</b>	1,40±0,25 <sup>bc</sup>	13,02±2,72 <sup>b</sup>	5,69±1,57 <sup>a</sup>	4,85±0,81 <sup>b</sup>	1,08±0,26 <sup>a</sup>	0,57±0,29 <sup>c</sup>	0,021±0,003 <sup>a</sup>	0,07±0,03 <sup>a</sup>	1,36±0,34 <sup>a</sup>
<b>33,5</b>	1,44±0,57 <sup>bc</sup>	14,49±7,14 <sup>b</sup>	4,71±1,90 <sup>a</sup>	4,82±1,61 <sup>b</sup>	1,45±0,60 <sup>a</sup>	2,10±0,87 <sup>ab</sup>	0,024±0,012 <sup>a</sup>	0,06±0,02 <sup>a</sup>	1,06±0,53 <sup>a</sup>
<b>155</b>	1,93±0,06 <sup>ab</sup>	38,37±4,72 <sup>a</sup>	4,74±0,552 <sup>a</sup>	6,20±0,80 <sup>ab</sup>	0,49±0,12 <sup>b</sup>	0,72±0,11 <sup>bc</sup>	0,028±0,005 <sup>a</sup>	0,10±0,01 <sup>a</sup>	1,19±0,20 <sup>a</sup>
<b>2300</b>	0,97±0,31 <sup>c</sup>	18,63±9,59 <sup>b</sup>	4,90±4,60 <sup>a</sup>	4,35±1,08 <sup>b</sup>	1,44±0,93 <sup>a</sup>	3,99±3 <sup>a</sup>	0,030±0,010 <sup>a</sup>	0,06±0,03 <sup>a</sup>	1,68±0,64 <sup>a</sup>
<b>Galho</b>									
<b>23,3</b>	0,73±0,30 <sup>a</sup>	14,86±8,17 <sup>ab</sup>	3,05±1,63 <sup>a</sup>	2,61±0,57 <sup>ab</sup>	0,24±0,07 <sup>a</sup>	0,17±0,08 <sup>b</sup>	0,014±0,007 <sup>a</sup>	0,05±0,03 <sup>a</sup>	0,56±0,57 <sup>a</sup>
<b>25,5</b>	0,69±0,17 <sup>a</sup>	8,63±2,95 <sup>b</sup>	3,79±1,09 <sup>a</sup>	3,20±1,32 <sup>a</sup>	0,35±0,16 <sup>a</sup>	0,29±0,15 <sup>ab</sup>	0,016±0,005 <sup>a</sup>	0,07±0,02 <sup>a</sup>	0,77±0,28 <sup>a</sup>
<b>33,5</b>	0,55±0,19 <sup>a</sup>	7,09±2,43 <sup>b</sup>	2,96±0,93 <sup>a</sup>	1,27±0,79 <sup>b</sup>	0,42±0,23 <sup>a</sup>	0,49±0,23 <sup>ab</sup>	0,015±0,005 <sup>a</sup>	0,06±0,02 <sup>a</sup>	0,48±0,15 <sup>a</sup>
<b>155</b>	0,89±0,24 <sup>a</sup>	31,81±16,23 <sup>a</sup>	3,59±0,55 <sup>a</sup>	3,76±1,09 <sup>a</sup>	0,18±0,08 <sup>a</sup>	0,29±0,09 <sup>ab</sup>	0,022±0,006 <sup>a</sup>	0,08±0,02 <sup>a</sup>	0,54±0,16 <sup>a</sup>
<b>2300</b>	0,42±0,14 <sup>a</sup>	10,99±4,60 <sup>b</sup>	3,62±3,03 <sup>a</sup>	3,67±0,38 <sup>a</sup>	0,33±0,07 <sup>a</sup>	0,55±0,25 <sup>a</sup>	0,024±0,005 <sup>a</sup>	0,05±0,02 <sup>a</sup>	0,95±0,39 <sup>a</sup>
<b>Resto</b>									
<b>23,3</b>	0,23±0,15 <sup>ab</sup>	2,84±2 <sup>a</sup>	0,64±0,42 <sup>a</sup>	0,90±0,61 <sup>a</sup>	0,06±0,04 <sup>ab</sup>	0,96±0,69 <sup>bc</sup>	0,004±0,003 <sup>a</sup>	0,013±0,010 <sup>a</sup>	0,09±0,07 <sup>a</sup>
<b>25,5</b>	0,13±0,07 <sup>b</sup>	1,44±0,66 <sup>a</sup>	0,39±0,32 <sup>a</sup>	0,36±0,13 <sup>a</sup>	0,05±0,03 <sup>b</sup>	0,14±0,09 <sup>c</sup>	0,002±0,001 <sup>a</sup>	0,007±0,004 <sup>a</sup>	0,15±0,12 <sup>a</sup>
<b>33,5</b>	0,61±0,24 <sup>a</sup>	2,54±1,11 <sup>a</sup>	1,09±0,52 <sup>a</sup>	1,16±0,58 <sup>a</sup>	0,18±0,08 <sup>a</sup>	7,96±3,98 <sup>a</sup>	0,005±0,002 <sup>a</sup>	0,018±0,009 <sup>a</sup>	0,17±0,12 <sup>a</sup>
<b>155</b>	0,26±0,12 <sup>ab</sup>	4,55±2,98 <sup>a</sup>	0,63±0,27 <sup>a</sup>	1,18±0,33 <sup>a</sup>	0,07±0,02 <sup>ab</sup>	1,31±0,94 <sup>b</sup>	0,005±0,003 <sup>a</sup>	0,014±0,008 <sup>a</sup>	0,16±0,07 <sup>a</sup>
<b>2300</b>	0,21±0,08 <sup>ab</sup>	2,35±1,40 <sup>a</sup>	0,74±0,652 <sup>a</sup>	0,61±0,32 <sup>a</sup>	0,14±0,06 <sup>ab</sup>	4,16±2,43 <sup>ab</sup>	0,005±0,002 <sup>a</sup>	0,007±0,004 <sup>a</sup>	0,17±0,11 <sup>a</sup>
<b>Soma</b>									
<b>23,3</b>	3,29±0,73 <sup>a</sup>	51,97±13,62 <sup>ab</sup>	10,21±1,72 <sup>a</sup>	12,29±2,82 <sup>a</sup>	1,46±0,38 <sup>a</sup>	1,52±0,79 <sup>b</sup>	0,045±0,014 <sup>a</sup>	0,16±0,07 <sup>a</sup>	1,41±0,79 <sup>a</sup>
<b>25,5</b>	2,22±0,23 <sup>bc</sup>	23,09±2,48 <sup>c</sup>	9,87±2,02 <sup>a</sup>	8,41±1,29 <sup>bc</sup>	1,48±0,31 <sup>a</sup>	1±0,46 <sup>b</sup>	0,039±0,001 <sup>a</sup>	0,15±0,02 <sup>a</sup>	2,27±0,56 <sup>a</sup>
<b>33,5</b>	2,6±0,39 <sup>ab</sup>	24,12±6,30 <sup>c</sup>	8,77±1,18 <sup>a</sup>	7,24±1,36 <sup>c</sup>	2,05±0,76 <sup>a</sup>	10,56±3,25 <sup>a</sup>	0,045±0,009 <sup>a</sup>	0,14±0,01 <sup>a</sup>	1,72±0,45 <sup>a</sup>
<b>155</b>	3,07±0,30 <sup>ab</sup>	74,73±23,63 <sup>a</sup>	8,95±0,79 <sup>a</sup>	11,14±1,09 <sup>ab</sup>	0,75±0,19 <sup>b</sup>	2,31±0,99 <sup>bc</sup>	0,055±0,011 <sup>a</sup>	0,20±0,03 <sup>a</sup>	1,89±0,29 <sup>a</sup>
<b>2300</b>	1,6±0,35 <sup>c</sup>	31,97±13,76 <sup>bc</sup>	9,27±8,19 <sup>a</sup>	8,64±0,62 <sup>abc</sup>	1,91±0,95 <sup>a</sup>	8,70±1,83 <sup>a</sup>	0,058±0,010 <sup>a</sup>	0,11±0,05 <sup>a</sup>	2,80±0,88 <sup>a</sup>



**Apêndice 36** Análise de variância do estoque (kg/ha) dos nutrientes de cada fração da necromassa entre fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ. (ANOVA One Way,  $p < 0,05$ ).

Variáveis	Fração	Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	p	Transformação
P	Folha	Fragmento	4	4,40	1,10	7,55	0,002	-
	Galho	Fragmento	4	0,51	0,13	2,71	0,07	-
	Resto	Fragmento	4	5,21	1,30	4,60	0,01	log(y)
	Soma	Fragmento	4	1,35	0,34	12,32	0,0001	log(y)
Ca	Folha	Fragmento	4	2205,79	551,45	12,66	0,0001	-
	Galho	Fragmento	4	5,25	1,31	6,37	0,003	log(y)
	Resto	Fragmento	4	2,59	0,65	1,78	0,19	log(y)
	Soma	Fragmento	4	0,03	0,01	13,62	$7,3 \times 10^{-5}$	1/sqrt(y)
Mg	Folha	Fragmento	4	0,73	0,18	0,99	0,45	log(y)
	Galho	Fragmento	4	0,30	0,08	0,32	0,86	log(y)
	Resto	Fragmento	4	0,38	0,09	1,31	0,31	sqrt(y)
	Soma	Fragmento	4	0,01	0,003	0,92	0,48	1/sqrt(y)
K	Folha	Fragmento	4	52,27	13,07	7,06	0,002	-
	Galho	Fragmento	4	1,89	0,47	6,50	0,003	sqrt(y)
	Resto	Fragmento	4	3,79	0,95	3,02	0,05	log(y)
	Soma	Fragmento	4	0,75	0,19	7,34	0,002	log(y)
Na	Folha	Fragmento	4	0,91	0,23	7,24	0,002	1/sqrt(y)
	Galho	Fragmento	4	1,61	0,40	2,38	0,10	log(y)
	Resto	Fragmento	4	5,00	1,25	4,53	0,01	log(y)
	Soma	Fragmento	4	0,52	0,13	7,20	0,002	1/sqrt(y)
Fe	Folha	Fragmento	4	13,79	3,45	13,33	$7,9 \times 10^{-5}$	log(y)
	Galho	Fragmento	4	0,28	0,07	3,59	0,03	sqrt(y)
	Resto	Fragmento	4	39	9,75	14,37	$5,1 \times 10^{-5}$	log(y)
	Soma	Fragmento	4	17,22	4,31	33,25	$2,7 \times 10^{-7}$	sqrt(y)
Cu	Folha	Fragmento	4	0,31	0,08	0,81	0,54	log(y)
	Galho	Fragmento	4	0,0003	$7,3 \times 10^{-5}$	2,16	0,12	-
	Resto	Fragmento	4	0,002	0,001	1,84	0,17	sqrt(y)
	Soma	Fragmento	4	189,33	47,33	3,04	0,05	1/(y)
Zn	Folha	Fragmento	4	0,01	0,001	2,02	0,14	-
	Galho	Fragmento	4	0,003	0,001	1,30	0,32	-
	Resto	Fragmento	4	0,01	0,002	1,87	0,17	sqrt(y)
	Soma	Fragmento	4	0,76	0,19	2,55	0,08	log(y)
Mn	Folha	Fragmento	4	1,47	0,37	2,82	0,06	log(y)
	Galho	Fragmento	4	0,25	0,06	1,26	0,33	sqrt(y)
	Resto	Fragmento	4	1,39	0,35	0,57	0,59	log(y)
	Soma	Fragmento	4	0,59	0,15	2,88	0,06	sqrt(y)

**Apêndice 37** Matriz de correlação (Spearman) da concentração de nutrientes do solo e da necromassa da Floresta Estacional Semidecidual (FES). No triângulo superior estão os valores do coeficiente de correlação e no triângulo inferior o valor de p dessas relações.

	P solo	P nec	Ca solo	Ca nec	Mg solo	Mg nec	K solo	K nec	Na solo	Na nec	Fe solo	Fe nec	Cu solo	Cu nec	Zn solo	Zn nec	Mn solo	Mn nec
<b>P solo</b>	1	-0,20	0,39	0,09	0,07	<b>-0,49</b>	0,37	-0,39	0,07	-0,24	-0,02	-	<b>-0,50</b>	-0,12	-0,41	0,34	-0,40	<b>-0,48</b>
<b>P nec</b>	0,39	1	-0,23	<b>0,65</b>	0,12	<b>0,52</b>	<b>-0,51</b>	-0,10	0,02	-0,18	-0,16	0,30	-0,41	0,38	-0,29	<b>0,64</b>	-0,03	<b>0,54</b>
<b>Ca solo</b>	0,09	0,33	1	-0,10	0,26	-0,32	<b>0,74</b>	0,08	0,16	-0,09	-0,21	0,20	0,18	0,00	-0,03	-0,21	-0,18	0,03
<b>Ca nec</b>	0,72	<b>0,002</b>	0,69	1	-0,08	-0,02	-0,39	-0,30	-0,04	-0,42	0,08	0,26	<b>-0,52</b>	0,32	<b>-0,46</b>	<b>0,55</b>	-0,20	0,20
<b>Mg solo</b>	0,77	0,63	0,28	0,75	1	0,23	0,26	-0,02	<b>0,80</b>	-0,29	-0,60	0,04	0,02	0,04	0,27	0,09	0,26	0,12
<b>Mg nec</b>	<b>0,03</b>	<b>0,02</b>	0,17	0,93	0,32	1	-0,35	<b>0,48</b>	0,16	0,29	-0,17	0,37	0,01	0,12	-0,15	0,04	0,04	0,34
<b>K solo</b>	0,11	<b>0,02</b>	<b>0,0002</b>	0,09	0,26	0,14	1	0,13	0,22	0,08	-0,14	0,37	0,45	-0,25	0,23	-0,39	-0,11	-0,04
<b>K nec</b>	0,09	0,66	0,75	0,20	0,95	<b>0,03</b>	0,57	1	0,02	<b>0,78</b>	0,05	0,13	0,41	-0,35	0,09	<b>-0,62</b>	-0,14	-0,15
<b>Na solo</b>	0,77	0,92	0,49	0,87	<b>0,00002</b>	0,49	0,34	0,95	1	-0,22	0,00	0,17	0,05	-0,18	0,43	-0,04	0,27	0,06
<b>Na nec</b>	0,31	0,45	0,70	0,07	0,21	0,21	0,73	<b>0,00005</b>	0,36	1	0,20	0,12	0,37	-0,35	0,13	-0,44	-0,29	-0,19
<b>Fe solo</b>	0,92	0,49	0,37	0,75	0,01	0,47	0,56	0,85	1,00	0,39	1	0,16	0,02	-0,30	0,12	-0,19	-0,08	-0,12
<b>Fe nec</b>	0,36	0,20	0,40	0,26	0,87	0,11	0,11	0,59	0,47	0,63	0,49	1	<b>0,59</b>	-0,17	0,33	-0,29	0,27	0,25
<b>Cu solo</b>	<b>0,03</b>	0,08	0,44	<b>0,02</b>	0,92	0,95	0,05	0,08	0,85	0,11	0,92	<b>0,01</b>	1	-0,08	<b>0,59</b>	<b>-0,57</b>	0,18	0,31
<b>Cu nec</b>	0,63	0,10	0,98	0,17	0,87	0,61	0,29	0,12	0,45	0,12	0,19	0,48	0,74	1	-0,25	<b>0,60</b>	-0,12	0,46
<b>Zn solo</b>	0,07	0,21	0,89	<b>0,04</b>	0,25	0,54	0,34	0,71	0,06	0,60	0,63	0,15	<b>0,01</b>	0,29	1	-0,43	<b>0,64</b>	0,23
<b>Zn nec</b>	0,14	<b>0,003</b>	0,37	<b>0,01</b>	0,72	0,86	0,09	<b>0,003</b>	0,87	0,05	0,41	0,21	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	0,06	1	-0,23	0,25
<b>Mn solo</b>	0,08	0,90	0,44	0,40	0,26	0,87	0,65	0,55	0,25	0,21	0,75	0,25	0,46	0,62	<b>0,002</b>	0,33	1	0,36
<b>Mn nec</b>	<b>0,03</b>	<b>0,01</b>	0,90	0,41	0,60	0,15	0,86	0,52	0,79	0,42	0,60	0,30	0,18	0,04	0,33	0,30	0,12	1

**Apêndice 38** Matriz de correlação (Spearman) da concentração de nutrientes do solo e da necromassa da Floresta Ombrófila Densa (FOD). No triângulo superior estão os valores do coeficiente de correlação e no triângulo inferior o valor de p dessas relações.

	P solo	P nec	Ca solo	Ca nec	Mg solo	Mg nec	K solo	K nec	Na solo	Na nec	Fe solo	Fe nec	Cu solo	Cu nec	Zn solo	Zn nec	Mn solo	Mn nec
<b>P solo</b>	1	<b>0,63</b>	0,32	<b>0,47</b>	<b>-0,56</b>	0,30	<b>-0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,54</b>	-0,12	0,35	<b>0,53</b>	<b>0,48</b>	0,28	-0,26	<b>0,51</b>	0,25	-0,14
<b>P nec</b>	<b>0,003</b>	1	0,27	<b>0,66</b>	<b>-0,75</b>	<b>0,52</b>	<b>-0,79</b>	<b>0,80</b>	<b>0,68</b>	-0,14	0,55	0,40	0,56	0,28	-0,09	<b>0,84</b>	<b>0,50</b>	-0,26
<b>Ca solo</b>	0,17	0,26	1	0,42	-0,31	0,17	-0,17	<b>0,56</b>	<b>0,62</b>	-0,19	<b>0,52</b>	0,31	<b>0,58</b>	<b>0,48</b>	<b>0,50</b>	0,13	0,27	0,17
<b>Ca nec</b>	<b>0,04</b>	<b>0,002</b>	0,06	1	<b>-0,77</b>	<b>0,48</b>	<b>-0,59</b>	<b>0,71</b>	<b>0,65</b>	-0,25	<b>0,78</b>	0,38	<b>0,52</b>	<b>0,58</b>	0,25	<b>0,68</b>	0,27	-0,01
<b>Mg solo</b>	<b>0,01</b>	<b>0,0001</b>	0,19	<b>0,0001</b>	1	-0,28	<b>0,78</b>	<b>-0,67</b>	<b>-0,68</b>	0,49	<b>-0,72</b>	<b>0,46</b>	<b>-0,52</b>	0,32	0,11	<b>-0,73</b>	-0,26	0,20
<b>Mg nec</b>	0,20	<b>0,02</b>	0,46	<b>0,03</b>	0,23	1	-0,39	0,43	0,35	0,17	0,32	0,45	<b>0,54</b>	0,12	0,20	<b>0,55</b>	<b>0,59</b>	-0,06
<b>K solo</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00004</b>	0,46	<b>0,01</b>	<b>0,0001</b>	0,09	1	<b>-0,51</b>	<b>-0,54</b>	0,40	-0,38	0,20	-0,34	0,09	0,36	<b>-0,58</b>	-0,39	0,43
<b>K nec</b>	<b>0,03</b>	<b>0,00003</b>	<b>0,01</b>	<b>0,0004</b>	<b>0,001</b>	0,06	<b>0,02</b>	1	<b>0,71</b>	-0,14	<b>0,65</b>	0,46	<b>0,62</b>	<b>0,61</b>	0,29	<b>0,77</b>	0,38	0,07
<b>Na solo</b>	<b>0,01</b>	<b>0,0009</b>	<b>0,003</b>	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>	0,12	<b>0,01</b>	<b>0,0004</b>	1	-0,24	<b>0,70</b>	0,17	<b>0,84</b>	0,48	0,10	<b>0,48</b>	<b>0,68</b>	-0,14
<b>Na nec</b>	0,60	0,55	0,42	0,29	<b>0,03</b>	0,48	0,08	0,55	0,31	1	<b>-0,49</b>	0,14	-0,07	0,08	0,02	-0,12	0,05	-0,22
<b>Fe solo</b>	0,13	0,01	<b>0,02</b>	<b>0,00004</b>	<b>0,0003</b>	0,16	0,10	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>	<b>0,03</b>	1	<b>0,47</b>	<b>0,66</b>	<b>0,45</b>	0,37	<b>0,54</b>	0,22	0,31
<b>Fe nec</b>	<b>0,02</b>	0,08	0,18	0,10	<b>0,04</b>	0,05	0,39	<b>0,04</b>	0,47	0,54	<b>0,04</b>	1	-0,36	0,08	-0,23	<b>-0,60</b>	0,06	-0,29
<b>Cu solo</b>	<b>0,03</b>	0,01	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	0,14	<b>0,004</b>	<b>0,000004</b>	0,77	<b>0,001</b>	0,11	1	0,31	0,22	0,48	0,65	0,01
<b>Cu nec</b>	0,24	0,23	<b>0,03</b>	<b>0,01</b>	0,17	0,61	0,71	<b>0,004</b>	<b>0,03</b>	0,75	0,05	0,73	0,18	1	0,26	0,27	0,10	0,26
<b>Zn solo</b>	0,28	0,69	<b>0,03</b>	0,29	0,65	0,40	0,12	0,22	0,68	0,94	0,11	0,34	0,34	0,26	1	0,10	-0,07	0,44
<b>Zn nec</b>	<b>0,02</b>	<b>0,000004</b>	0,60	<b>0,001</b>	<b>0,0003</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,03</b>	0,62	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	0,24	0,66	1	0,28	-0,08
<b>Mn solo</b>	0,29	<b>0,03</b>	0,25	0,25	0,28	<b>0,01</b>	0,09	0,10	<b>0,001</b>	0,85	0,36	0,81	<b>0,002</b>	0,67	0,78	0,24	1	-0,35
<b>Mn nec</b>	0,54	0,27	0,48	0,97	0,40	0,79	0,06	0,77	0,57	0,35	0,19	0,22	0,98	0,27	0,05	0,73	0,13	1

**Apêndice 39** Regressões das concentrações de nutrientes do solo em relação à granulometria e ao pH nos solos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Floresta Ombrófila Densa (FOD), Mata Atlântica, RJ.

Nutrientes	Tipo Florestal	Variáveis Predictoras			
		Areia	Argila	Silte	pH
P	FOD	-	-	$\log(Y) = 1,9 + 0,7x - 11,2x^2$ <b>R<sup>2</sup>=0,32; p=0,01</b>	$\log(Y) = -0,8 + 0,6x$ R <sup>2</sup> =0,2; p=0,03
Ca	FES	-	-	$\log(Y) = 0,5 + 28,4x$ <b>R<sup>2</sup>=0,19; p=0,03</b>	$\log(Y) = -2,2 + 0,7x$ <b>R<sup>2</sup>=0,2; p=0,04</b>
	FOD	-	-	$\sqrt{Y} = 1,6 + 0,6x - 2x^2$ <b>R<sup>2</sup>=0,35; p=0,009</b>	$\sqrt{Y} = -3,8 + 1,2x$ <b>R<sup>2</sup>=0,42; p=0,001</b>
K	FES	$Y = 1,5 - 0,4x$ <b>R<sup>2</sup>=0,23; p=0,02</b>	$Y = 1,1 + 0,4x$ <b>R<sup>2</sup>=0,21; p=0,02</b>	$Y = 1 + 3x$ <b>R<sup>2</sup>=0,2; p=0,03</b>	-
	FOD	-	-	-	$Y = 1 - 0,0008x$ <b>R<sup>2</sup>=0,17; p=0,04</b>
Mg	FOD	-	$\log(Y) = 0,2 + 4,4x$ <b>R<sup>2</sup>=0,18; p=0,03</b>	-	$\log(Y) = 8,8 - 1,6x$ <b>R<sup>2</sup>=0,43; p=0,001</b>
Na	FOD	$1/\sqrt{Y} = 0,8 + 0,2x - 2x^2$ <b>R<sup>2</sup>=0,25; p=0,04</b>	-	$1/\sqrt{Y} = 0,8 - 0,04x + 0,3x^2$ <b>R<sup>2</sup>=0,65; p=5,5 x 10<sup>-5</sup></b>	$Y = -2,4 + 0,9x$ <b>R<sup>2</sup>=0,65; p=1,2 x 10<sup>-5</sup></b>
	FES	$\log(Y) = 0,3 - 0,4x$ <b>R<sup>2</sup>=0,52; p=0,0002</b>	$1/\sqrt{Y} = 1 - 0,2x$ <b>R<sup>2</sup>=0,57; p=7,3x10<sup>-5</sup></b>	-	$Y = 1 - 0,2x + 0,1x^2$ <b>R<sup>2</sup>=0,85; p=2,8 x 10<sup>-8</sup></b>
Fe	FOD	-	-	-	$\sqrt{Y} = -2,2 + 0,9x$ <b>R<sup>2</sup>=0,31; p=0,006</b>
	FOD	$1/(Y) = 0,3 + 0,6x$ <b>R<sup>2</sup>=0,22; p=0,02</b>	-	$1/\sqrt{Y} = 0,8 - 0,07x + 0,3x^2$ <b>R<sup>2</sup>=0,51; p=0,0009</b>	$1/\sqrt{Y} = 0,8 - 0,3x - 0,09x^2$ <b>R<sup>2</sup>=0,55; p=0,0004</b>
Zn	FES	$Y = 1 - 0,005x$ <b>R<sup>2</sup>=0,17; p=0,04</b>	$Y = 1 + 0,005x$ <b>R<sup>2</sup>=0,17; p=0,04</b>	-	-

**Apêndice 40** Valores referentes à Densidade aparente do solo (g/cm<sup>3</sup>), pH, C:N, concentrações de C e N (g/kg) e estoques de C e N (Mg/ha) das camadas entre 0-30 cm do solo de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) do Rio de Janeiro. Dados coletados por Pessanha (2019).

FES (ha)	Densidade aparente do solo (g/cm <sup>3</sup> )	pH	C/N	C (g/Kg)	N (g/kg)	Estoque de Carbono (Mg/ha)	Estoque de Nitrogênio (Mg/ha)
0 - 5 cm							
17	1,10±0,09	5,29±0,06	13,07±0,51	18,08±2,95	1,59±0,24	9,90±1,40	0,87±0,13
35	1,16±0,19	5,42±0,37	14,46±0,93	12,57±3,01	1,00±0,19	7,31±1,99	0,58±0,15
55	0,94±0,08	5,34±0,60	12,54±0,65	28,04±4,36	2,62±0,51	13,19±1,65	1,23±0,21
58	1,05±0,13	4,86±0,45	14,20±0,80	24,45±4,79	2,00±0,34	12,68±1,02	1,04±0,06
1182	1,04±0,11	5,39±0,59	13,88±0,39	24,81±4,87	2,08±0,38	12,94±2,62	1,08±0,20
5 - 10 cm							
17	1,24±0,06	5,07±0,19	12,48±0,66	13,64±3,27	1,28±0,36	8,41±1,69	0,79±0,18
35	1,35±0,11	5,34±0,40	14,34±0,69	8,24±0,76	0,66±0,04	5,58±0,91	0,45±0,06
55	1,16±0,16	4,97±0,72	12,69±0,61	19,08±4,53	1,76±0,46	10,95±1,65	1,01±0,18
58	1,11±0,14	4,69±0,37	14,39±0,80	19,03±2,53	1,53±0,13	10,50±1,01	0,85±0,08
1182	1,09±0,10	5,24±0,80	13,81±0,28	17,19±1,81	1,45±0,13	9,37±0,43	0,77±0,23
10 - 20 cm							
17	1,30±0,07	4,81±0,34	12,33±0,59	10,98±2,52	1,04±0,25	14,20±2,77	1,34±0,28
35	1,44±0,11	5,19±0,37	13,45±1,33	6,15±1,71	0,52±0,10	8,76±2,00	0,75±0,10
55	1,26±0,15	4,91±0,63	12,77±0,49	14,58±3,57	1,33±0,31	18,11±3,26	1,65±0,29
58	1,23±0,18	4,44±0,43	13,20±3,91	13,85±2,12	1,29±0,36	16,78±0,72	1,62±0,64
1182	1,45±0,03	4,73±0,49	13,88±0,56	12,44±1,94	1,04±0,16	18,09±2,73	1,52±0,23
20 - 30 cm							
17	1,41±0,10	4,62±0,29	12,83±0,97	9,77±1,28	0,88±0,10	13,82±1,82	1,25±0,16
35	1,39±0,15	5,29±0,41	13,84±0,95	7,84±2,69	0,65±0,21	8,86±1,28	0,75±0,10
55	1,22±0,24	5,02±0,64	12,87±0,80	18,29±7,70	1,68±0,77	17,65±4,26	1,49±0,39
58	1,17±0,15	4,50±0,40	14,17±2,20	16,91±5,66	1,40±0,44	15,33±2,03	1,23±0,15
1182	1,43±0,10	4,62±0,39	14,89±0,39	10,15±1,80	0,79±0,14	14,67±3,51	1,15±0,28

**Apêndice 41** Valores referentes à Densidade aparente do solo ( $\text{g/cm}^3$ ), pH, C:N, concentrações de C e N ( $\text{g/kg}$ ) e estoques de C e N ( $\text{Mg/ha}$ ) das camadas entre 0-30 cm do solo de fragmentos de Floresta Ombrófila Densa (FOD) do Rio de Janeiro. Dados coletados por Cyrino (2021).

FOD (ha)	Densidade aparente do solo ( $\text{g/cm}^3$ )	pH	C/N	C ( $\text{g/Kg}$ )	N ( $\text{g/kg}$ )	Estoque de Carbono ( $\text{Mg/ha}$ )	Estoque de Nitrogênio ( $\text{Mg/ha}$ )
0-5 cm							
23,5	0,95±0,15	4,29±0,35	13,03±0,79	30,54±6,34	2,75±0,67	14,36±2,43	1,28±0,22
25,5	0,78±0,12	4,29±0,36	10,12±3,29	35,52±8,01	4,76±2,87	13,65±1,10	1,77±0,83
33,5	0,88±0,04	4,29±0,37	14,76±0,88	27,14±4,61	2,15±0,40	12,13±2,73	0,96±0,23
155	1,10±0,16	4,29±0,38	13,85±0,77	25,26±11,74	2,11±0,90	13,41±4,37	1,12±0,32
2300	0,93±0,10	4,29±0,39	15,60±0,93	27,15±7,98	2,05±0,66	12,55±3,39	0,94±0,27
5-10 cm							
23,5	1,06±0,16	4,24±0,18	12,95±0,64	19,43±4,71	1,76±0,47	10,17±2,17	0,92±0,22
25,5	0,90±0,10	4,85±0,18	10,97±0,32	24,47±5,98	2,61±0,69	11,16±3,50	1,19±0,40
33,5	1,00±0,09	4,26±0,21	14,36±0,56	20,34±3,16	1,66±0,30	10,27±1,98	0,83±0,18
155	1,10±0,18	4,63±0,39	13,50±2,50	19,51±10,83	1,61±0,53	10,37±4,80	0,86±0,23
2300	1,01±0,21	4,22±0,10	14,80±0,38	21,45±7,50	1,69±0,61	10,48±2,86	0,82±0,22
10-20 cm							
23,5	1,10±0,14	4,28±0,20	13,41±0,87	16,57±2,62	1,43±0,16	19,23±4,67	1,65±0,30
25,5	1,00±0,19	4,71±0,07	11,02±0,46	15,965,12	1,70±0,59	15,29±2,88	1,62±0,36
33,5	1,09±0,22	4,38±0,19	14,45±0,40	17,34±1,95	1,40±0,15	19,05±3,96	1,54±0,33
155	1,13±0,07	4,70±0,48	12,58±1,27	11,14±2,25	1,03±0,15	12,51±1,95	1,15±0,10
2300	1,02±0,24	4,24±0,11	14,53±0,70	17,24±4,61	1,38±0,34	16,89±2,63	1,35±0,23
20-30 cm							
23,5	1,15±0,18	4,34±0,20	13,46±0,38	14,18±2,35	1,23±0,22	16,05±2,40	1,40±0,21
25,5	1,23±0,25	4,78±0,07	10,54±0,89	10,53±1,50	1,13±0,4	12,24±4,88	1,35±0,45
33,5	1,13±0,07	4,43±0,14	13,88±0,11	12,99±1,03	1,09±0,08	14,75±1,82	1,24±0,15
155	1,27±0,16	4,65±0,38	12,25±0,54	8,80±1,22	0,62±0,35	11,15±1,21	0,78±0,43
2300	1,03±0,21	4,30±0,07	14,99±1,21	16,14±1,84	1,25±0,10	16,50±3,23	1,28±0,19