

YASMIM YATHIARA GOMES ARAÚJO MORAIS

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA
DENSE DAS TERRAS BAIXAS, NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO**

RECIFE
Pernambuco – Brasil
Fevereiro - 2020

YASMIM YATHIARA GOMES ARAÚJO MORAIS

CICLAGEM DE NUTRIENTES EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA
DENSE DAS TERRAS BAIXAS, NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, Área de Concentração: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Fernando José Freire – DEPA/UFRPE

Coorientador: Dr. Rosival Barros de Andrade Lima

RECIFE
Pernambuco – Brasil
Fevereiro – 2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M827c Morais, Yasmim Yathiera Gomes Araújo
 Ciclagem de nutrientes em fragmento de floresta ombrófila densa das terras baixas,
 na zona da mata de Pernambuco / Yasmim Yathiera Gomes Araújo Morais. - 2020.
 97 f. : il.

Orientador: Fernando José Freire.
Coorientador: Rosival Barros de Andrade Lima.
Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa
de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Recife, 2020.

1. Floresta Atlântica. 2. Decomposição de serapilheira. 3. Eficiência nutricional. I.
Freire, Fernando Jose, orient. II. Lima, Rosival Barros de Andrade, coorient. III. Título

CDD 634.9

YASMIM YATHIARA GOMES ARAÚJO MORAIS

CICLAGEM DE NUTRIENTES EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA
DENSE DAS TERRAS BAIXAS, NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

Aprovado em: **20 de fevereiro de 2020**

Banca examinadora

Prof. Dr. Renato Lemos dos Santos
(Instituto Federal de Pernambuco – IFPE)

Prof.^a Dr.^a Maria da Penha Moreira Gonçalves
(Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/DCFL)

Orientador

Prof. Dr. Fernando José Freire
(Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/PPGCF)

RECIFE – PE
Fevereiro/2020

Aos meus pais, avós, irmã e Dannilo.
Gratidão pelo incentivo e torcida.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas incontáveis bênçãos e conquistas alcançadas em minha vida.

À minha família por todo alicerce, confiança, ensinamentos e vibrações positivas para que, em meio às dificuldades, eu tivesse forças para continuar e buscar meus objetivos.

A Dannilo, meu companheiro e amigo, que sempre acreditou em meu potencial, não deixando que eu fraquejasse nos momentos mais difíceis.

Aos meus tios Helena e Lula, pela hospitalidade e convívio durante esses anos. Obrigada pelo apoio durante essa caminhada.

Ao meu orientador Fernando José Freire, pelos conhecimentos, disponibilidade, contribuições, paciência e ensinamentos. Gratidão!

Ao meu coorientador Rosival Barros, gratidão pelas contribuições!

À UFRPE, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, a todos os professores, pelos conhecimentos adquiridos, e a Juliana, por toda disponibilidade e atenção.

À CAPES, pela bolsa concedida.

À Usina Trapiche S/A, por ter concedido a realização da pesquisa.

À Edilane, pela amizade, ajuda e compreensão. Você foi fundamental na construção deste trabalho.

À Amanda, Shyrlaine e Lidiana, amigas queridas que fizeram esta caminhada ser mais fácil e descontraída. Vocês foram um presente desde o primeiro dia.

À Valdirene que, mesmo distante, fez-se presente durante esses anos, dando forças e proferindo palavras amigas nos momentos em que mais precisei.

A Sr. Amaro, Pedro, Rayanne, Simone e Magda por toda ajuda, seja ela em campo ou durante as análises, sou muito grata por tudo.

À minha turma e aos amigos que conquistei durante esta jornada: obrigada pela amizade, experiências e conhecimentos.

Por fim, a todas as pessoas que não foram citadas, mas que se fizeram presentes nesta caminhada direta ou indiretamente, seja compartilhando momentos alegres ou até mesmo os mais difíceis.

Gratidão!

MORAIS, YASMIM YATHIARA GOMES ARAÚJO. **Ciclagem de nutrientes em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Zona da Mata de Pernambuco**. 2020. Orientador: Fernando José Freire. Coorientador: Rosival Barros de Andrade Lima.

RESUMO GERAL

A Mata Atlântica, considerada a segunda maior floresta pluvial do continente americano, exerce importante papel para o equilíbrio ecológico, embora as ações antrópicas ocasionem a perda e fragmentação desse bioma. Em decorrência dessas elevadas ações antrópicas, a serapilheira e o escoamento pelo tronco advindo da precipitação pluviométrica se tornaram fontes essenciais de nutrientes ao ecossistema. Diante da carência de informações sobre essa temática objetivou-se, com este trabalho, avaliar a dinâmica da ciclagem de nutrientes por meio da biomassa foliar, aporte de serapilheira e escoamento pelo tronco em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Zona da Mata de Pernambuco. A coleta dos dados foi realizada num fragmento florestal localizado em Sirinhaém, Pernambuco. Com base em levantamento fitossociológico realizado na área foram determinadas as nove espécies com maior densidade absoluta no fragmento. Foram selecionados três indivíduos de cada espécie e coletadas 25 folhas da parte intermediária da copa nos quatro pontos cardiais de cada indivíduo. A biomassa foliar de cada espécie foi determinada utilizando-se equações alométricas e os teores dos micronutrientes nas folhas foram determinados. Por fim, foi calculado o estoque de micronutrientes e a eficiência de utilização biológica das espécies florestais. A coleta da serapilheira foi realizada mensalmente durante um ano em três períodos distintos, sendo eles: úmido e frio; quente e seco; e, úmido e quente. Na serapilheira produzida foram determinados os teores e calculados os aportes dos micronutrientes. Assim, foi possível estimar a taxa de decomposição e o tempo médio de renovação dessa serapilheira. O escoamento pelo tronco foi quantificado mensalmente, no período chuvoso, subdividido em dois períodos: menos chuvoso e mais chuvoso, utilizando coletores fixados ao redor do tronco dos indivíduos arbóreos das espécies com maior densidade absoluta. As precipitações total e interna foram mensuradas utilizando pluviômetros instalados no interior e na borda do fragmento. A água do escoamento pelo tronco foi medida em mililitros; retirada uma alíquota, medido o pH e a condutividade elétrica e determinado o aporte de K, P e Na. Por meio da precipitação total e escoamento pelo tronco foi calculada a precipitação efetiva. As espécies florestais utilizaram os micronutrientes de forma distinta, favorecendo as interações interespecíficas e com o sítio que estão inclusas. As variações climáticas interferiram no aporte da serapilheira; no período seco e quente ocorreu maior deposição. A taxa de decomposição para os períodos úmidos foi em torno de 90%, indicando que nesses períodos há rápida decomposição e consequente disponibilização dos nutrientes contidos na serapilheira para o ecossistema. O escoamento pelo tronco das espécies florestais se diferenciou por espécie e teve pouca influência do período chuvoso, e mostrou-se importante via de entrada de nutrientes nos ecossistemas florestais, principalmente de K, participando efetivamente da ciclagem de nutrientes.

Palavras-chave: Decomposição de serapilheira; Eficiência nutricional; Floresta Atlântica.

MORAIS, YASMIM YATHIARA GOMES ARAÚJO. **Nutrient cycling in a fragment of the Dense Ombrophilic Forest of the Lowlands, in the Zona da Mata of Pernambuco.** 2020. Advisor: Fernando José Freire. Co-advisor: Rosival Barros de Andrade Lima.

ABSTRACT

The Atlantic Forest, considered the second largest rainforest on the American continent, exert an important role in ecological balance, although the anthropic actions cause a loss and fragmentation of this biome. As a result of these high anthropic actions, litter and outflow from the trunk accrue from rainfall, have become essential sources of nutrients for the ecosystem. In view of the lack of information on this theme, this work aimed to evaluate the dynamics of nutrient cycling through leaf biomass, litter supply and runoff through the trunk in a fragment of Dense Ombrophilic Forest of the Lowlands, in the Zona da Mata of Pernambuco. Data collection was carried out in a forest fragment located in Sirinhaém, Pernambuco. Based on a phytosociological survey carried out in the area, the nine species with the highest absolute density in the fragment were determined. Three individuals of each species were selected and 25 leaves were collected from the middle part of the crown at the four cardinal points of each individual. The leaf biomass of each species was determined using allometric equations and the levels of micronutrients in the leaves were determined. Finally, the micronutrient stock and the biological utilization efficiency of forest species were calculated. The collection of litter was realized monthly for a year in three different periods, being them: wet and cold; hot and dry; and, wet and hot. In the litter produced, the levels were determined and the micronutrient contributions were calculated. This, it was possible to estimate the decomposition rate and average renewal time of this litter. Runoff through the trunk was quantified monthly, in the rainy season, subdivided into two periods: less rainy and more rainy using collectors fixed around the trunk arboreal individuals of the species with the highest absolute density. The total and internal precipitation was measured using rain gauges installed inside and at the edge of the fragment. The water flowing through the trunk was measured in milliliters, an aliquot was taken, the pH and electrical conductivity were measured and the K, P and Na input was determined. Through total precipitation, effective precipitation and runoff, effective precipitation was calculated. Forest species used micronutrients differently, favoring interspecific interactions and with the site that are included. The forest species used the micronutrients differently, favoring the interspecific and site interactions that are included. The climatic variations interfered in the litter supply, in the dry and hot period there was a greater deposition. The decomposition rate for the wet periods was around 90%, indicating that during these periods there is rapid decomposition and, consequently, the availability of the nutrients contained in the litter for the ecosystem. Runoff through the trunk of forest species differed by species and had little influence from the rainy season, and proved to be an important pathway for nutrients to enter forest ecosystems, mainly K, effectively participating in nutrient cycling

Keywords: Litter decomposition; Nutritional efficiency; Atlantic Forest.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Mata Atlântica	16
2.2 Biomassa foliar e eficiência nutricional na Mata Atlântica.....	17
2.3 Serapilheira e ciclagem de nutrientes.....	19
2.4 Interceptação de água pelo tronco	22
REFERÊNCIAS	24
CAPÍTULO I: EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE MICRONUTRIENTES EM ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DAS TERRAS BAIXAS, NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO.....	32
1. INTRODUÇÃO.....	35
2. MATERIAL E MÉTODOS	37
2.1 Caracterização da área	37
2.2 Espécies florestais	38
2.3 Amostragem e composição química foliar das espécies florestais	39
2.4 Estimativa da biomassa foliar.....	40
2.5 Teor, estoque e eficiência da utilização biológica dos nutrientes das espécies florestais	40
2.6 Análise estatística	41
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
3.1 Teor de micronutrientes	42
3.2 Estoque de micronutrientes.....	45
3.3 Eficiência de utilização biológica de micronutrientes.....	47
4. CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS	50
CAPÍTULO II: SAZONALIDADE DO APORTE DE MICRONUTRIENTES VIA SERAPILHEIRA EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DAS TERRAS BAIXAS, NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO	54
1. INTRODUÇÃO.....	57
2. MATERIAL E MÉTODOS	59
2.1 Caracterização da área	59
2.2 Divisão e definição dos períodos climáticos	60

2.3 Serapilheira produzida	61
2.4 Serapilheira depositada, estimativa de decomposição e tempo médio de renovação	62
2.5 Análise estatística	63
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	64
3.1 Variação do aporte de serapilheira	64
3.2 Variação da decomposição da serapilheira depositada	65
3.3 Variação sazonal dos teores de micronutrientes na serapilheira produzida	67
3.4 Variação sazonal do aporte de micronutrientes na serapilheira produzida	68
4. CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS	71
CAPÍTULO III: APORTE DE NUTRIENTES E SÓDIO VIA ESCOAMENTO PELO TRONCO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DAS TERRAS BAIXAS, NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO	75
1. INTRODUÇÃO	78
2. MATERIAL E MÉTODOS	80
2.1 Caracterização da área	80
2.2 Períodos climáticos	81
2.3 Espécies florestais	81
2.4 Precipitação total e precipitação interna	82
2.5 escoamento pelo tronco e precipitação efetiva	83
2.6 Análise estatística	85
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	86
3.1 Precipitação total, precipitação interna, escoamento pelo tronco e precipitação efetiva	86
3.2 escoamento pelo tronco das espécies florestais	88
3.3 Aporte de nutrientes e sódio via escoamento pelo tronco	89
4. CONCLUSÃO	93
REFERÊNCIAS	94
CONCLUSÕES GERAIS	97

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I: EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE MICRONUTRIENTES EM ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DAS TERRAS BAIXAS, NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

Figura 1. Localização geográfica do fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, localizada no município de Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.....37

CAPÍTULO II: SAZONALIDADE DO APORTE DE MICRONUTRIENTES VIA SERAPILHEIRA EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DAS TERRAS BAIXAS, NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

Figura 1. Localização geográfica do fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, localizada no município de Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.....59

Figura 2. Precipitação pluviométrica (a) e temperatura média (b) durante o período experimental no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, localizada no município de Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.61

Figura 3. Aporte de serapilheira nos diferentes períodos climáticos anuais no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.....64

Figura 4. Taxa de decomposição e tempo de renovação da serapilheira nos diferentes períodos climáticos anuais no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil..66

CAPÍTULO III: APORTE DE NUTRIENTES E SÓDIO VIA ESCOAMENTO PELO TRONCO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DAS TERRAS BAIXAS, NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

Figura 1. Localização geográfica do fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, no município de Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.80

Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal e temperatura média durante o período experimental e definição dos períodos mais e menos chuvosos durante o inverno no município de Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.	81
Figura 3. Interceptômetro instalado para captação da precipitação total e precipitação interna no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.	83
Figura 4. Sistema coletor utilizado para captar o escoamento pelo tronco das espécies florestais no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.	84
Figura 5. Precipitação total (PT), Precipitação Interna (PI), Escoamento pelo tronco (ET) e Precipitação efetiva (PE) em diferentes períodos de precipitação pluviométrica em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.	86
Figura 6. Escoamento pelo tronco das espécies florestais nos diferentes períodos de precipitação pluviométrica em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.	88
Figura 7. Tonalidade da água proveniente do escoamento pelo tronco das espécies florestais em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.	92

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I: EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE MICRONUTRIENTES EM ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DAS TERRAS BAIXAS, NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

Tabela 1. Caracterização química do solo em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil	38
Tabela 2. Espécies de maior densidade absoluta (DA) no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil	39
Tabela 3. Biomassa foliar das espécies de maior densidade absoluta (DA) no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.....	40
Tabela 4. Teores de micronutrientes das espécies florestais de maior densidade absoluta (DA) em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.....	42
Tabela 5. Estoque por espécie (mg ind^{-1}) e por área (g ha^{-1}) dos micronutrientes nas espécies florestais de maior densidade absoluta (DA) em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil	45
Tabela 6. Eficiência de utilização biológica dos micronutrientes das espécies florestais de maior densidade absoluta (DA) em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil	47

CAPÍTULO II: SAZONALIDADE DO APORTE DE MICRONUTRIENTES VIA SERAPILHEIRA EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DAS TERRAS BAIXAS, NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

Tabela 1. Caracterização química do solo em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil	60
Tabela 2. Teores dos micronutrientes na serapilheira nos diferentes períodos climáticos anuais no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.....	67

Tabela 3. Aportes de micronutrientes na serapilheira nos diferentes períodos climáticos anuais no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.....69

CAPÍTULO III: APORTE DE NUTRIENTES E SÓDIO VIA ESCOAMENTO PELO TRONCO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DAS TERRAS BAIXAS, NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

Tabela 1. Espécies de maior densidade absoluta (DA) no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil82

Tabela 2. Aporte de nutrientes e sódio via escoamento pelo tronco, pH e condutividade elétrica da água do escoamento das diferentes espécies florestais em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.....90

1. INTRODUÇÃO GERAL

A ciclagem de nutrientes em um ecossistema florestal é a movimentação dos nutrientes entre compartimentos, bióticos e/ou abióticos, e sua transferência para a vegetação e o solo (VIEIRA et al., 2014).

Esses nutrientes que participam da ciclagem de nutrientes nos ecossistemas são classificados em dois grupos, macro e micronutrientes, que estão relacionados com as quantidades exigidas pelas plantas. Os micronutrientes são os nutrientes dos quais os vegetais necessitam em pequenas quantidades (GUPTA et al., 2008). No entanto, isto não significa que sejam menos importantes. Eles são facilmente encontrados na constituição e/ou ativação de enzimas, embora não participem das estruturas das plantas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

A produção da serapilheira é fonte biológica de nutrientes para a vegetação e microrganismos no solo (HOLANDA et al., 2015), indispensável para manutenção e equilíbrio dinâmico de qualquer bioma (BARBOSA et al., 2017).

Além de ser responsável pela dinâmica e manutenção da ciclagem de nutrientes nos diferentes ecossistemas, a serapilheira também é responsável pela melhoria dos atributos físicos e biológicos do solo. Nas diferentes tipologias florestais há fatores abióticos que influenciam no mecanismo de ciclagem, principalmente pelos diferentes aportes de serapilheira (HOLANDA et al., 2017).

A entrada de nutrientes no solo está relacionada com a distribuição do aporte de serapilheira nos ecossistemas florestais. Quanto maior o aporte, maior possibilidade de entrada de nutrientes por meio da serapilheira no solo (GIÁCOMO; PEREIRA; MACHADO, 2012).

A decomposição da serapilheira é um componente essencial no processo de ciclagem de nutrientes (DELGADO-BAQUERIZO et al., 2017), sendo responsável pela regulação da fertilidade do solo, mineralização dos nutrientes, fluxo de carbono, formação de manta orgânica, dentre outros processos nos ecossistemas florestais (FANIN; FROMIN; BERTRAND, 2016). O processo de decomposição permite que as espécies tenham acesso mais rápido aos nutrientes que serão disponibilizados nos ecossistemas florestais.

As espécies nos ecossistemas florestais apresentam diferentes concentrações de nutrientes em sua biomassa foliar, por diferentes razões. Elas podem ser mais eficientes na absorção dos nutrientes necessários para seu

desenvolvimento e metabolismo ou têm uma maior capacidade de concentrar em suas folhas esses nutrientes (ALVES et al., 2017). Uma espécie é considerada eficiente nutricionalmente quando é capaz de produzir elevada quantidade de biomassa por unidade de nutriente absorvido (FONTES et al., 2013).

Quantificar a biomassa foliar das espécies florestais fornece conhecimentos sobre o estoque e dinâmica dos nutrientes nas florestas, auxiliando na tomada de decisões sobre a gestão e restauração dessas formações (MENSAH; VELDTMAN; SEIFERT, 2016). Quanto mais biomassa foliar houver em uma tipologia florestal, maior será o aporte de serapilheira.

Espécies florestais que apresentam quantidades adequadas de nutrientes, principalmente em sua fase de desenvolvimento estão propensas a armazenarem uma maior quantidade de nutrientes em sua biomassa, garantindo que em seu período crítico de desenvolvimento tenham maior disponibilidade desses nutrientes (VARGAS et al., 2018).

Diversos estudos relacionaram a produção de biomassa e estoque de macronutrientes nos ecossistemas florestais (ESPIG et al., 2008; CALDEIRA et al., 2013; LIMA et al., 2018). No entanto, o estudo do estoque de micronutrientes na biomassa florestal, bem como seu aporte via serapilheira são escassos (ALBUQUERQUE et al., 2018; SILVA et al., 2018). A realização desses estudos visa fornecer conhecimento sobre as relações solo/planta, servindo como base para traçar estratégias de recuperação, conservação e práticas de manejo nesses fragmentos florestais.

Conhecer a dinâmica da serapilheira, englobando a produção, acúmulo e decomposição é o primeiro passo para compreender os processos que estão relacionados ao fluxo de nutrientes no solo, relacionando-os com a produtividade primária, fluxo de energia nos ecossistemas, atividades biológicas do solo e grau de perturbação no ecossistema (SILVA et al., 2017).

A interceptação de água por meio do escoamento pelo tronco, embora pouco estudada, é uma variável importante para o fluxo interno de nutrientes nos ecossistemas florestais. As diferentes interações meteorológicas, lixiviação das copas e deposições secas influenciam a composição química da água proveniente do escoamento pelo tronco, e são consideradas importante via de entrada de nutrientes para as plantas e o solo, além de atuar na manutenção do balanço hídrico

(NÁVAR; GONZALEZ; GONZALEZ, 2009; KANGHO; CHANG; ARSHAD, 2011; ZHANG et al., 2013).

Realizar estudos sobre escoamento pelo tronco é uma maneira de compreender o ciclo geoquímico dos ecossistemas florestais (VALENTE et al., 2016; LUNA-ROBLES et al., 2019), uma vez que são influenciados pelas espécies, grau de antropização, intensidade pluviométrica, dentre outros fatores.

Assim, este estudo testará as seguintes hipóteses: (i) A eficiência nutricional dos micronutrientes deve se diferenciar por espécie; (ii) O aporte de micronutrientes via serapilheira é menor no período úmido, porém a decomposição é maior, ocorrendo maior liberação de nutrientes e, conseqüentemente, maior ciclagem nesse período; (iii) A ciclagem de micronutrientes se renova mais nos períodos úmidos do que secos; (iv) A entrada de nutrientes via escoamento pelo tronco deve se diferenciar por espécie e pela diferença sazonal da quantidade de água que é precipitada no ecossistema, contribuindo significativamente para ciclagem de nutrientes.

Por fim, diante da carência de informações sobre essa temática, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a dinâmica da ciclagem de nutrientes por meio da biomassa foliar, aporte de serapilheira e escoamento pelo tronco em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Zona da Mata de Pernambuco.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mata Atlântica

A Mata Atlântica é a segunda maior floresta pluvial do continente americano. Devido a sua extensão e diversidade de espécies é considerada um dos 35 *hotspots* mundiais de biodiversidade, abrigando mais de 8.000 espécies endêmicas, incluindo espécies vegetais e animais. É um importante complexo vegetacional porque sua ecologia funcional desempenha papel primordial na manutenção do ecossistema (MYERS et al., 2000; TABARELLI et al., 2005; SCARANO, 2009; MITTERMEIER et al., 2011; LIMA et al., 2018).

Com composição heterogênea, a Mata Atlântica abrange grandes zonas climáticas e diferentes formações vegetacionais (tropicais e subtropicais) (TABARELLI et al., 2005). Estende-se por 17 estados brasileiros desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, atingindo 15% de todo território nacional (MANTOVANI, 2003).

Além da manutenção da biodiversidade no ecossistema, diversos serviços ecossistêmicos para população são prestados pela Mata Atlântica, como: fornecimento de água utilizada para consumo, produção de energia elétrica por meio de reservatórios e barragens, produção de alimentos, regulação climática, dentre outros. No entanto, em consequência da degradação, esses serviços estão cada vez mais ameaçados (JOLY; METZGER; TABARELLI, 2014).

O equilíbrio e manutenção da Mata Atlântica ocorre em função de dois fatores: a disponibilidade e demanda de nutrientes das espécies florestais. Sendo assim, a deposição da serapilheira e diversidade biológica são considerados os elementos principais para o equilíbrio e sustentabilidade desses ecossistemas (ESPIG et al., 2009).

O aumento da degradação e desmatamento da Mata Atlântica ocasionou a perda e fragmentação dos habitats, ameaçando cada vez mais o estabelecimento de muitas espécies vegetais e animais que dependem desses habitats florestais (RAGHUNATHAN et al., 2014). As alterações climáticas, como variação de temperatura e precipitação, proporcionaram à Mata Atlântica outra classificação, sendo considerada o terceiro *hotspot* de alta vulnerabilidade em decorrência das mudanças climáticas (BÉLLARD et al., 2014).

2.2 Biomassa foliar e eficiência nutricional na Mata Atlântica

Biomassa florestal, de acordo com Sanquetta (2002) é toda biomassa que existe na floresta ou apenas em uma fração arbórea dela. Silveira et al. (2008) complementam dizendo ser toda massa de origem orgânica, sendo elas vegetal e/ou animal, vivos ou mortos. A biomassa produzida varia em relação à disponibilidade de nutrientes e água nos ecossistemas (RODRÍGUEZ–SOALLEIRO et al., 2018), que influenciarão na compartimentalização de carbono, fotossíntese, produção e respiração das folhas, dentre outros (RYAN et al., 2010).

Diversos estudos sobre biomassa florestal estão sendo realizados objetivando quantificar a ciclagem de nutrientes, e outros para fins energéticos, sequestro de carbono e avaliação do crescimento florestal, que fornecerão subsídios para diferentes tomadas de decisões referentes à gestão de recursos florestais (BEHLING et al., 2014).

Os métodos para quantificar a biomassa florestal podem ser diretos ou indiretos. Métodos diretos (ou determinação) proporcionam a medição real que é realizada diretamente na biomassa, ou seja, ocorre o abate e pesagem dos indivíduos de determinada parcela para posteriormente, ser feita a extrapolação dos dados para toda área (HIGUCHI; CARVALHO JÚNIOR, 1994). Os métodos indiretos (ou estimativas) são realizados pela correlação com variáveis de fácil obtenção e que não seja necessária a destruição do material vegetal, realizando-as por meio de relações quantitativas ou matemáticas e por dados de sensoriamento remoto (HIGUCHI; CARVALHO JÚNIOR, 1994; RATUCHNE et al., 2016)

Estimativas de biomassa vegetal auxiliam na obtenção de informações sobre estoque de nutrientes (macro e micronutrientes), que estão armazenados nos indivíduos (SANTOS et al., 2004). Essas estimativas são realizadas por meio de equações alométricas. No entanto, é indicado que para cada tipo de vegetação e/ou ecossistema seja obtida uma equação específica (HIGUCHI et al., 2004).

A variação da biomassa é atribuída a alguns fatores, sendo eles: composição florística, topografia, fertilidade do solo, sazonalidade das espécies, dentre outros. A biomassa é um dos responsáveis pelo equilíbrio nutricional, ou seja, atuará como um indicador de impactos ambientais e o estado nutricional em que o ecossistema se encontra (BRUN et al., 2010).

A determinação da concentração de nutrientes na biomassa foliar auxilia a diagnosticar o estado nutricional em que a planta se encontra, em decorrência da correlação com seu crescimento (FONTES et al., 2013).

Os maiores teores de nutrientes são encontrados na biomassa foliar, pois atuam nesse órgão a maioria das células vivas responsáveis pelos processos de transpiração e fotossíntese. Isso ocorre porque os nutrientes estão concentrados em sua maioria nas partes metabólicas e fisiologicamente mais ativas nas plantas (CALDEIRA et al., 2013; ALVES et al., 2017).

A disponibilidade dos micronutrientes para as plantas é determinada pela influência de fatores edáficos e biológicos no solo, como pH, matéria orgânica, atividade microbiana, aeração e umidade (MASUNAGA; FONG, 2018).

Os micronutrientes B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn são fundamentais no desenvolvimento das plantas, na ciclagem de nutrientes e fertilidade do solo nos ecossistemas florestais. Embora sejam necessários em pequenas quantidades, os micronutrientes são de extrema importância na manutenção da diversidade arbórea na Mata Atlântica (BIANCHIN et al., 2017). Sendo assim, a limitação da disponibilidade desses nutrientes ocasiona a diminuição da produção de biomassa vegetal (SHARMA, 2006).

Eficiência nutricional é a capacidade que o indivíduo vegetal tem de absorver, distribuir e utilizar os nutrientes disponíveis no meio (GODDARD; HOLLIS, 1984). No entanto, quando presentes em locais com baixa disponibilidade de nutrientes, geralmente os indivíduos diminuem a absorção, mas os utilizam de maneira mais eficiente (FAGERIA et al., 1988).

Em relação a eficiência nutricional, indivíduos, de mesma espécie ou não, podem apresentar diferentes variações na absorção e utilização dos nutrientes disponíveis no solo, em decorrência de mudanças genótípicas ou interações entre genótipo/ambiente (SANTANA et al.; 2002; WOOD; LAWRENCE; WELLS, 2011), ou por serem mais exigentes a um determinado nutriente do que outro (SILVA et al., 2018). Esses fatores estão relacionados a mecanismos desenvolvidos pelas espécies para se estabilizarem nos ecossistemas que apresentam alta biodiversidade (RICHARDS; SCHMIDT, 2010).

A diferença dos teores de nutrientes encontradas nas espécies florestais é fundamental porque possibilita um equilíbrio na nutrição mineral. Espécies que apresentam maior capacidade de absorção tendem a acumular nutrientes para no

futuro disponibilizá-los por meio da ciclagem para as espécies que têm menor capacidade de absorção, diminuindo as perdas por lixiviação e ajudando na estabilidade do ecossistema florestal (ESPIG et al., 2008).

O conhecimento da eficiência nutricional permite identificar as espécies que mais contribuem para sustentabilidade florestal, tornando-se possível estimar a quantidade de nutrientes que são necessários para um adequado equilíbrio nutricional (SAIDELLES et al., 2010; LIMA et al., 2018), como também compreender o estabelecimento e desenvolvimento das espécies nativas, principalmente nos locais que apresentam baixa disponibilidade de nutrientes, como em solos tropicais (SOUZA et al., 2012; CARNEVALI et al., 2016).

2.3 Serapilheira e ciclagem de nutrientes

A serapilheira é a camada presente sobre a superfície do solo, constituída pelo material depositado da floresta, sendo composto por folhas, galhos, cascas, material reprodutivo (flores, frutos e sementes) e miscelânea. Esse material formará um horizonte orgânico espesso, que será responsável pelo acúmulo de altos teores de macro e micronutrientes no solo (BRUN et al., 2013).

A produção e deposição da serapilheira nos ecossistemas florestais é uma importante via no ciclo biogeoquímico, permitindo que as árvores sintetizem a matéria orgânica, para posterior absorção dos nutrientes (SCHUMACHER et al., 2004), visto que a serapilheira estoca potencialmente os nutrientes que serão liberados para o meio (CALVI; PEREIRA; ESPÍNDULA JÚNIOR, 2009).

Além de principal fonte de retorno de nutrientes, a serapilheira atua como isolante térmico e é responsável pela absorção de água, minimizando os processos erosivos e como filtro e armazenador de água da chuva no solo (CALDEIRA et al., 2013; MATEUS et al., 2013). A serapilheira também serve como abrigo, habitat e criadouro para diversas espécies de animais, incluindo vertebrados e invertebrados (PAUDEL et al., 2015; CAJAÍBA et al., 2017).

Diversos fatores ambientais influenciam a produção de serapilheira, dentre eles: temperatura, latitude, pluviosidade, características edáficas, características do solo e composição florística, que variam com o passar do tempo. Os principais responsáveis pela sazonalidade da serapilheira são a pluviosidade e radiação solar, de acordo com Zhang et al (2014). No entanto, cada ecossistema apresenta

características distintas que irão interferir diretamente nesses fatores, fazendo com que um fator possa prevalecer sobre o outro.

Os nutrientes presentes no sistema solo/planta são transferidos de forma contínua e dinâmica, ou seja, as plantas retiram os nutrientes disponíveis no solo e os utiliza em seus processos metabólicos, para que, posteriormente, esse material retorne ao solo como serapilheira (CORRÊA et al., 2006).

A maior deposição de serapilheira das espécies florestais ocorre nos períodos secos, atuando como estratégia para diminuir os efeitos ocasionados pela redução da disponibilidade de água (VILLA et al., 2016). No centro dos fragmentos há maior tendência de deposição de serapilheira diferentemente da bordadura. Esse fato acontece, porque nas áreas centrais há maior densidade de indivíduos de grande porte e ocorre menos ações antrópicas (ALVES; VIEIRA; SCHUMACHER, 2014).

A fração que predomina na serapilheira são as folhas, nas quais as variações climáticas são responsáveis pelas mudanças no estado fisiológico em que a planta se encontra, agindo diretamente na deposição desse material (TURCHETTO; FORTES, 2014). Essa fração é a principal responsável pelo retorno de nutrientes ao solo. Esses resultados são provenientes da maior quantidade de folhas depositadas no piso florestal do que aos altos teores dos nutrientes (CALDEIRA et al., 2007).

A deposição da serapilheira e ciclagem de nutrientes auxiliam no entendimento dos processos que constituem a dinâmica nutricional nos ecossistemas, porque a deposição desse material é considerada a forma mais importante e efetiva de transferência de nutrientes entre a vegetação e o solo (GOLLEY, 1978; LONGHI et al., 2011). Nos ecossistemas florestais, a ciclagem de nutrientes auxilia na estabilidade das florestas, uma vez que os nutrientes retornam ao solo e boa parte às plantas, por meio da deposição da serapilheira, decomposição e liberação desses nutrientes (SCHUMACHER et al., 2018).

A decomposição da serapilheira é de suma importância na ciclagem biogeoquímica e funcionamento dos ecossistemas (PEGADO et al., 2008), por ser um processo dinâmico em que há interação de diversas atividades simultaneamente (HEAL et al., 1997). Seu estudo possibilita determinar a velocidade em que os nutrientes retornam ao solo e são reaproveitados pelas plantas (CORRÊA et al., 2006).

Com a decomposição da serapilheira ocorre a ciclagem dos nutrientes e de carbono, que auxiliam nos serviços ecossistêmicos, sendo eles: formação dos solos,

disponibilidade de nutrientes, crescimento da vegetação e estrutura das comunidades, dentre outros. Esse mecanismo é de extrema importância em solos tropicais, pois estes apresentam baixa capacidade de armazenamento e alta troca e captação de nutrientes (HÄTTENSCHWILER et al., 2011).

A ciclagem de nutriente é algo recorrente em todos os ecossistemas florestais. No entanto, cada ecossistema apresenta a quantidade de serapilheira produzida e sua taxa de decomposição distinta (CARVALHO et al., 2019). Com isso, a liberação de nutrientes pela decomposição da serapilheira depende da qualidade do material, de variáveis macro e microclimáticas, atividades bióticas, características físico-químicas do solo, dentre outros (VIEIRA et al., 2013). Fatores climáticos como temperatura e umidade do solo são os que mais influenciam no processo de decomposição (CAMPOS et al., 2004).

O aumento da umidade no solo é responsável pela maior decomposição da serapilheira. Isto ocorre porque os organismos decompositores (macro e mesofauna) terão melhores condições para desempenhar suas atividades (TERROR; SOUSA; KOSOVITS, 2011; PEDRO et al., 2019). Com a decomposição há liberação de nutrientes que são absorvidos pelo sistema radicular das plantas para sua nutrição (CALDEIRA et al., 2013).

A decomposição ocorrerá rapidamente no material lábil e, posteriormente, de forma mais lenta nos materiais que oferecem maior resistência (SANCHES et al., 2009). Os teores de compostos orgânicos e inorgânicos são fatores determinantes para qualidade da serapilheira, influenciando nas interações da fauna do solo e, conseqüentemente, na taxa de decomposição (SWIFT et al., 1979; BEARE et al., 1992). A serapilheira e o solo formam um compartimento responsável pela ocorrência da decomposição e ciclagem de nutrientes. No entanto, não significa que vários fenômenos desse processo ocorram exclusivamente nessa pequena parte do ambiente; porém, é nesse local que está concentrado os organismos que são responsáveis pela fragmentação das cadeias carbônicas, que outros organismos autotróficos elaboraram (CORREIA; ANDRADE, 1999).

Na Mata Atlântica, a deposição e a taxa de decomposição são de extrema importância, em decorrência do alto índice de antropização. Estudos sobre essa temática proporcionarão informações que serão importantes para o conhecimento do bioma, além de funcionar como ferramenta para o planejamento de manejo e

conservação daquelas áreas (GARAY; KINDEL, 2001; PEREIRA; MENEZES; SCHULTZ, 2008).

Por fim, a deposição e decomposição da serapilheira são as principais etapas durante a ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais, pois fornecerá nutrientes que ajudarão a manter a estabilidade, manutenção e funcionamento nutricional dos ecossistemas que dependem desse material a longo prazo (SAYER et al., 2012; HOLANDA et al., 2015).

2.4 Intercepção de água pelo tronco

As florestas apresentam intensa relação com o ciclo hidrológico, distribuindo a água da chuva nos compartimentos florestais. Por esse motivo, são consideradas a ocupação do solo que mais beneficia os recursos hídricos, sendo responsáveis pela regulação do fluxo de água (ARCOVA; CICCIO; ROCHA, 2003; LORENZON; DIAS; LEITE, 2013), porque retardam a movimentação da água da chuva em direção aos aquíferos, que ocorrem por meio de processos como: intercepção, absorção, transpiração e percolação (CASTRO et al., 1983).

Nos ecossistemas florestais grande fração da água da chuva que atinge o piso florestal é proveniente do escoamento pelo tronco. Mesmo correspondendo a um pequeno percentual da precipitação incidente no dossel das árvores, apresenta papel fundamental para diversas espécies da flora e o ambiente (LORENZON; DIAS; TONELLO, 2015).

O escoamento pelo tronco corresponde a uma fração da água da chuva retida de forma temporária pela copa, escoando pelos galhos e tronco em direção ao solo. Esse processo ocorre após a saturação da copa, ou seja, a mesma atinge sua máxima capacidade de retenção de água e, conforme os eventos chuvosos continuam, inicia-se o escoamento pelo tronco (OLIVEIRA JÚNIOR; DIAS, 2005; SHINZATO et al., 2011; TONELLO et al., 2014). Esse fato corresponde em até 15% do total precipitado (TUCCI, 2001). A vegetação desempenha grande influência no recebimento e redistribuição da água das chuvas. A copa das árvores participa ativamente na redistribuição, pois são responsáveis por amortecer e direcionar as gotas de chuva, para que cheguem à superfície do solo de maneira mais suave, causando menos impacto e, conseqüentemente, favorecendo a infiltração (TONELLO et al., 2014).

Diversos fatores podem ser responsáveis pela interferência do escoamento pelo tronco, sendo eles: duração das chuvas, tamanho e idade da árvore, rugosidade da casca, ângulo, inclinação e tortuosidade dos ramos, densidade foliar e a relação com as árvores no entorno, que contribuirão com a quantidade de água escoada pelos troncos (TERRA et al., 2018; BESSI; DIAS; TONELLO, 2018).

O fluxo de água que escoar pelos troncos das árvores nos fragmentos florestais é responsável pelo aumento da umidade do solo ao redor e na base dos indivíduos, isto porque algumas espécies se adaptaram morfológicamente para que pudessem captar o máximo de água possível, para servir como reservatório, aumentando a disponibilidade de água próximo as raízes, para utilizá-la nos períodos com maior escassez de água (LORENZON; DIAS; TONELLO, 2015; SCHOOLING; CARLYLE-MOSES, 2015).

A ciclagem de nutrientes pela precipitação ocorre pela entrada de elementos que estão presentes na atmosfera. A vegetação reterá nas folhas partículas que são trazidas pelo vento. Com a ocorrência dos eventos chuvosos, essas partículas são lixiviadas pela água da chuva e infiltradas no solo (DINIZ et al., 2013).

A água da chuva é constituída por elementos orgânicos e minerais que estão disponíveis na atmosfera. Quando essa água entra em contato com o dossel florestal há absorção dos nutrientes, tornando-a uma rica fonte de nutrientes para o ecossistema (VALENTE et al., 2016). A fácil absorção se dá, pois esses nutrientes na água da chuva estão prontamente disponíveis, ao contrário da serapilheira, que precisaria ser decomposta para que houvesse a liberação, mostrando o quão importante é esse meio nutricional (SCHEER, 2009). São escassos os estudos que foquem efetivamente a quantidade de nutrientes no escoamento pelo tronco. No entanto, Perez-Marin e Menezes (2008) constataram que a concentração de nutrientes provenientes do escoamento pelo tronco chegou a ser 300% e 600% superior nas concentrações de P e K, respectivamente, quando estes eram comparados aos nutrientes adicionados via precipitação incidente, corroborando os resultados encontrados por Balieiro et al. (2007).

Embora seja uma variável pouco estudada, é no escoamento pelo tronco que são encontradas consideráveis quantidades de nutrientes, em muitos casos, sendo superiores a quantidade encontrada na precipitação incidente, o que mostra o quão importante é o estudo dessa variável.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. S. et al. Efficiency of biological utilization of micronutrients by forests species in Hypoxerophytic Caatinga. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 25, n. 4, p. 1 – 10, 2018.
- ALVES, M. P.; VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V. Efeito da fragmentação florestal sobre o acúmulo de serapilheira em Floresta Estacional Decidual. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria – RS, v. 2, n. 3, p. 63 – 71, 2014.
- ALVES, A. R. et al. Conteúdo de nutrientes na biomassa e eficiência nutricional de espécies da Caatinga. **Ciência Florestal**, Santa Maria - RS, v.27, n. 2, p. 377-390, 2017.
- ALVES, A. R. et al. Nutrientes na biomassa aérea e na serrapilheira em áreas de caatinga em Floresta, PE. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo – PR, v. 347, n. 92, p. 413 – 420, 2017.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em microbacia experimental em Cunha – São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 27, n. 2, p. 257 – 262, 2003.
- BALIEIRO, F. C. et al. Evaluation of the throughfall and stemflow nutrient contents in mixed and pure plantations of *Acacia mangium*, *Pseudosamanea guachapele* and *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 31, n. 2, p. 339 – 346, 2007.
- BARBOSA, V. et al. Biomassa, carbono e nitrogênio na serapilheira acumulada de florestas plantadas e nativa. **Floresta e Ambiente**, Seropédica-RJ, v.24, n.1, p.1-9, 2017.
- BEARE, M. H. et al. Microbial and faunal interactions and effects on litter nitrogen and decomposition agroecosystems. **Ecological Monographs**, Washington, v. 62, n. 4, p. 569 – 591, 1992.
- BEHLING, A. et al. Teores de carbono orgânico de três espécies arbóreas em diferentes espaçamentos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo – PR, v. 34, n. 77, p. 13 – 19, 2014.
- BÉLLARD, C. et al. Vulnerability of biodiversity hotspots to global change. **Global Ecology and Biogeography**, Oxford, v. 23, n. 12, p. 1376 – 1386, 2014.
- BESSI, D.; DIAS, H. C. T.; TONELLO, K. C. Rainfall partitioning in fragments of Cerrado vegetation at different stages of conduction of natural regeneration. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 42, n. 2, p. 1 – 11, 2018.
- BIANCHIN, J. E. et al. Micronutrientes na serapilheira depositada em florestas secundárias no litoral do Paraná. **Nativa**, Sinop – MT, v. 5, n. 6, p. 446 – 455, 2017.

BRUN, E. J. et al. Dinâmica de micronutrientes na biomassa florestal em estágios sucessionais de Floresta Estacional Decidual, RS, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba – SP, v. 38, n. 86, p. 307 – 318, 2010.

BRUN, E. J. et al. Crescimento e acúmulo de serapilheira em plantios homogêneos de *Luehea divaricata* Mart. e *Parapiptadenia rígida* (Benth.) Brenan ao Sudoeste do Paraná. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria- RS, v.1, n.3, p.125-132, 2013.

CAJAÍBA, R. L. et al. Does the composition of Scarabaeidae (Coleoptera) communities reflect the extent of land use changes in the Brazilian Amazon? **Ecological Indicators**, Amsterdã, v. 74, n. 1, p. 285 – 294, 2017.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Quantificação de serapilheira e de nutrientes – Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. **Revista Acadêmica**, Curitiba – PR, v. 5, n. 2, p. 101 – 116, 2007.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus-PI, v.4, n.2, p.111-119, 2013.

CALVI, G. P.; PEREIRA, M. G.; ESPÍNDULA JÚNIOR, A. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes em áreas de floresta atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 19, n. 2, p. 131 – 138, 2009.

CAMPOS, M. L. et al. **Ciclagem de nutrientes em floretas e pastagens**. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2004. (Boletim Agropecuário, n. 64).

CARNEVALI, N. H. S. et al. Eficiência nutricional de mudas de *Stryphnodendron polyphyllum* em função de nitrogênio e fósforo. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 26, n. 2, p. 449 – 461, 2016.

CARVALHO, F. F. et al. Litterfall and litter decomposition in *Pinus* and Native Forest. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 26, n. 3, p. 1 – 10, 2019.

CASTRO, P. S. et al. Interceptação da chuva por mata natural secundária na região de Viçosa – MG. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 7, n. 1, p. 76 – 89, 1983.

CORRÊA, F. L. O. et al. Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no estado de Rondônia, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras – MG, v. 30, n. 6, p. 1099 – 1105, 2006.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 197 – 225.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. 432 p.

DELGADO-BAQUERIZO, M. et al. Microbial richness and composition independently drive soil multifunctionality. **Functional Ecology**, Nova Jersey, v. 31, n. 12, p. 2330 – 2343, 2017.

DINIZ, A. R. et al. Precipitação e aporte de nutrientes em diferentes estádios sucessionais de Floresta Atlântica, Pinheiral – RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 23, n. 3, p. 389 – 399, 2013.

ESPIG, S. A. et al. Composição e eficiência da utilização biológica de nutrientes em fragmento de Mata Atlântica em Pernambuco. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 18, n. 3, p. 307 – 314, 2008.

ESPIG, S. A. et al. Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serapilheira em fragmento de Mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.5, p.949-956, 2009.

FAGERIA, N. K. et al. Response of rice cultivars to phosphorus supply on a oxisol. **Fertilizer research**, [S.l.], v. 16, n. 3, p. 195 – 206, 1988.

FANIN, N.; FROMIN, N.; BERTRAND, I. Functional breadth and home-field advantage generate functional differences among soil microbial decomposers. **Ecology**, Washington, v. 97, n. 4, p. 1023 – 1037, 2016.

FONTES, A. G. et al. Eficiência nutricional de espécies arbóreas em função da fertilização fosfatada. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo – PR, v. 33, n. 73, p. 9 – 18, 2013.

GARAY, I. E.; KINDEL, A. Diversidade funcional em fragmentos de floresta atlântica: valor indicador das formas de húmus florestais. In: GARAY, I. E.; DIAS, B. (Eds.). **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: Avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento**. Ed. Vozes, Petrópolis. 2001. 430 p.

GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; MACHADO, D. L. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de cerradão e mata mesofítica na estação ecológica de Pirapitinga – MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v.22, n. 4, p. 669 – 680, 2012.

GODDARD, R. E.; HOLLIS, C. A. The genetic basics of forest tree nutrition. In: BOWEN, G. D.; NAMBIER, E. K. S. (Eds.). **Nutrition of plantation forest**. London: Academic Press, 1984, 516 p.

GOLLEY, F. B. et al. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1978. 256 p.

GUPTA, U. C. et al. Micronutrients in soils, crops and livestock. **Earth Science Frontiers**, Lausanne, v. 15, n. 5, p. 110 – 125, 2008.

HÄTTENSCHWILER, S. et al. Leaf traits and decomposition in tropical rainforests: revisiting some commonly held views and towards a new hypothesis. **New Phytologist**, Oxford, v. 189, n. 4, p. 950 – 965, 2011.

HEAL, O. W. et al. Plant litter quality and decomposition: an historical overview. P 3-30. In: CADISH, G.; GILLER, K. E. (Eds.). **Driven by Nature: plant litter quality and decomposition**. Walingford: CAB International, 1997. 409 p.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JÚNIOR, J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: SEMINÁRIO DE EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO₂: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil; 1994; Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD; 1994. p. 125 – 145.

HIGUCHI, N. et al. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária a Amazônia Central. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 34, n. 3, p. 295 – 304, 2004.

HOLANDA, A. C. et al. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de caatinga na Paraíba. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 39, n. 2, p. 245 – 254, 2015.

HOLANDA, A. C. et al. Aporte de serapilheira e nutrientes em uma área de caatinga. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 27, n. 2, p. 621 – 633, 2017.

JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, Oxford, v. 204, n. 3, p. 459 – 473, 2014.

KANGHO, J.; CHANG, S. X.; ARSHAD, M. A. Effects of canopy deposition interaction on H⁺ supply to soils in *Pinus banksiana* and *Populus tremuloides* ecosystems in the Athabasca oil sands region in Alberta, Canada. **Environmental Pollution**, [S.l.], v. 159, n. 5, p. 1327 – 1333, 2011.

LIMA, M. S. et al. Solos florestais em fragmento de floresta urbana na mata de dois irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 28, n. 2, p. 542 – 553, 2018.

LIMA, R. B. de A. et al. Nutritional efficiency of plants as an indicator of forest species for the restoration of forests, Brazil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba – SP, v. 46, n. 119, p. 415 – 426, 2018.

LONGHI, R. V. et al. Produção de serapilheira e retorno de macronutrientes em três grupos florísticos de uma Floresta Ombrófila Mista, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 21, n. 4, p. 699 – 710, 2011.

LORENZON, A. S.; DIAS, H. C. T.; LEITE, H. G. Precipitação efetiva e interceptação da chuva em um fragmento florestal com diferentes estágios de regeneração. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 37, n. 4, p. 619 – 627, 2013.

LORENZON, A. S.; DIAS, H. C. T.; TONELLO, K. C. Escoamento da água da chuva pelo tronco das árvores em uma Floresta Estacional Semidecidual. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 39, n. 3, p. 423 – 430, 2015.

LUNA-ROBLES, E. O. et al. Nutrient input via gross rainfall, throughfall and stemflow in scrubland species in northeastern Mexico. **Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente**, Chapingo, v. 25, n. 2, p. 235 – 251, 2019.

MANTOVANI, W. A degradação dos biomas brasileiros. In: RIBEIRO, W. C. (Ed.). **Patrimônio ambiental brasileiro**. Editora Universidade de São Paulo: São Paulo, 2003. p. 367 – 439.

MASUNAGA, T.; FONG, J. D. M. Strategies for increasing micronutrient availability in soil for plant uptake. In: HOSSAIN, M. A.; KAMIYA, T.; BURRITT, D. J.; TRAN, L-S. P.; FUJIWARA, T. (Eds.). **Plant Micronutrient use efficiency**. 2018. p. 195 – 208.

MATEUS, F. A. et al. Estoque e capacidade de retenção hídrica da serrapilheira acumulada na restauração florestal de áreas perturbadas na Mata Atlântica. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 20, n. 3, p. 336 – 343, 2013.

MENSAH, S.; VELDTMAN, R.; SEIFERT, T. Allometric models for height and aboveground biomass of dominant tree species in South African Mistbelt. **Southern Forests: Journal of Forest Science**, v. 79, n. 1, p. 19 – 30, 2016.

MITTERMEIER, R. A. et al. Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots. In: **Biodiversity Hotspots**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, p. 3 – 22, 2011.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, [S.l.], v. 403, n. 1, p. 853 – 845, 2000.

NÁVAR, J. GONZALEZ, J. M.; GONZALEZ, H. Gross precipitation and throughfall chemistry in legume species planted in Northeastern Mexico. **Plant Soil**, [S.l.], v. 318, n. 1, p. 15 – 26, 2009.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.9-15, 2005.

PAUDEL, E. et al. Litterfall and nutrient return along a disturbance gradient in a tropical montane forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 353, n. 1, p. 97 – 106, 2015.

PEDRO, C. M. et al. Supplying and decomposition of burlap in a fragment of Cerrado Sensu Stricto. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 49, n. 2, p. 237 – 246, 2019.

PEGADO, C. M. A. et al. Decomposição superficial e subsuperficial de folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região do Brejo da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró – RN, v. 21, n. 1, p. 218 – 223, 2008.

PEREIRA, M. G.; MENEZES, L. F. T.; SCHULTZ, N. Aporte e decomposição da serrapilheira na floresta atlântica, Ilha da Marambaia, Mangaratiba, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 18, n. 4, p. 443 – 454, 2008.

PEREZ-MARIN, A. M.; MENEZES, R. S. C. Ciclagem de nutrientes via precipitação pluvial total, interna e escoamento pelo tronco em sistema agroflorestal com *Gliricidia sepium*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v. 32, n. 6, p. 2573 – 2579, 2008.

RAGHUNATHAN, N. et al. Modelling the distribution of key tree species used by lion tamarins in the Brazilian Atlantic forest under a scenario of future climate change. **Regional Environmental Change**, [S.l.], v. 15, n.1, p. 683 – 693, 2014.

RATUCHNE, L. C. et al. Estado da arte na quantificação de biomassa em raízes de formações florestais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 23, n. 3, p. 450 – 462, 2016.

RICHARDS, A. E.; SCHMIDT, S. Complementary resource use by tree species in a rain forest tree plantation. **Ecological Applications**, Washington, v. 20, n. 5, p. 1237 – 1254, 2010.

RODRÍGUEZ–SOALLEIRO, R. et al. Exploring the factors affecting carbon and nutrient concentrations in tree biomass components in natural forests, forest plantations and short rotation forestry. **Forest Ecosystems**, [S.l.], v.5, n.1, p.5-35, 2018.

RYAN, M. G. et al. Factors controlling Eucalyptus productivity: How water availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 259, n. 9, p. 1695 – 1703, 2010.

SAIDELLES, F. L. F. et al. Determinação do ponto de amostragem para a quantificação de macronutrientes em *Acacia mearnsii* de Wild. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 40, n. 1, p. 49 – 62, 2010.

SANCHES, L. et al. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serapilheira em floresta tropical de transição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 13, n. 2, p. 183 – 189, 2009.

SANQUETTA, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L.F.; BALBINOT, R. (Eds.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR; 2002.

SANTANA, R. C. et al. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do estado de São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 26, n. 4, p. 447 – 457, 2002.

SANTOS, S. R. M. et al. Estimativa de biomassa de sistemas agroflorestais das várzeas do Rio Juba, Cametá, Pará. **Acta Amazônica**, Manaus, v.34, n.1, p.1-8, 2004.

SAYER, E. J. et al. Variable responses of lowland tropical forest nutrient status to fertilization and litter manipulation. **Ecosystems**, [S.l.], v. 15, p. 387 – 400, 2012.

SCARANO, F. R. Plant communities at the periphery of the Atlantic rain forest: rare-species bias and its risks for conservation. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, n. 6, p. 1201 – 1208, 2009.

SCHEER, M. B. Fluxo de nutrientes pela precipitação pluviométrica em dois trechos de Floresta Ombrófila Densa em Guaraquecaba, Paraná. Curitiba, PR, **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 39, n. 1, p. 117 – 130, 2009.

SCHOOLING, J.; CARLYLE-MOSES, D. E. The influence of rainfall depth class and deciduous tree traits on stemflow production in an urban park. **Urban Ecosystems**, [S.l.], v. 18, n. 4, p. 1261 – 1284, 2015.

SCHUMACHER, M. V. et al. Produção de serrapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande – RS. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 28, n. 1, p. 29 – 37, 2004.

SCHUMACHER, M. V. et al. Aporte de serrapilheira e nutrientes em uma floresta estacional decidual, na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 28, n. 2, p. 532 – 541, 2018.

SHARMA, C. P. **Plant micronutrients: roles, responses, and amelioration of deficiencies**. Science Publishers: Nova Hampshire. 2006. 278 p.

SHINZATO, E. T. et al. Escoamento pelo tronco em diferentes povoamentos florestais na Floresta Nacional de Ipanema em Iperó, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba – SP, v. 39, n. 92, p. 395 – 402, 2011.

SILVA, L. B. et al. Serrapilheira e efluxo de CO₂ do solo em floresta sazonalmente alagável no pantanal brasileiro. **Ensaio e Ciência**, Campo Grande – MS, v. 21, n. 3, p. 178 – 182, 2017.

SILVA, A. C. F. da. et al. Distribution of Rainwater by species of caatinga vegetation. **African Journal of Agricultural Research**, Addis Ababa, v. 13, n. 41, p. 2239 – 2248, 2018.

SILVA, R. K. S. et al. Nutritional efficiency of forest species in natural regeneration of Tropical Forest in Brazil. **Sustainable Agriculture Research**, Ontario, v. 7, n. 3, p. 81 – 92, 2018.

SILVEIRA, P. et al. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**, Curitiba – PR, v. 38, n. 1, p. 185 – 206, 2008.

SOUZA, N. H. et al. Estudo nutricional da canafístula (II): eficiência nutricional em função da adubação com nitrogênio e fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 36, n. 5, p. 803 – 8012, 2012.

SWIFT, M. J. et al. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Berkeley: University of California Press, 1979. 372 p.

- TABARELLI, M. et al. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, Belo Horizonte – MG, v. 1, n. 1, p. 132 – 138, 2005.
- TERRA, M. C. N. S. et al. Stemflow in a neotropical forest remnant: vegetative determinants, spatial distribution and correlation with soil moisture. **Trees**, Santa Monica, v. 32, n. 1, p. 323 – 335, 2018.
- TERROR, V. L.; SOUSA, H. C.; KOSOVITS, A. R. Produção, decomposição e qualidade nutricional da serapilheira foliar em uma floresta paludosa de altitude. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo – SP, v. 25, n. 1, p. 113 – 121, 2011.
- TONELLO, K. C. et al. Precipitação efetiva em diferentes formações florestais na Floresta Nacional de Ipanema. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.2, p.383-390, 2014.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001.
- TURCHETTO, F.; FORTES, F. O. Aporte e decomposição de serapilheira em Floresta Estacional Decidual na região do Alto Uruguai, RS. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo – PR, v. 34, n. 80, p. 391 – 397, 2014.
- VALENTE, M. L. et al. Quantificação de nutrientes na precipitação em um plantio de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* subsp. *maidenii*, Eldorado do Sul, RS. **Scientia Forestalis**, Piracicaba – SP, v. 44, n. 109, p. 249 – 259, 2016.
- VARGAS, G. R. et al. Ciclagem de biomassa e nutrientes em plantios florestais. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava-PR, v.11, n.2, p.111-123, 2018.
- VIEIRA, M. et al. Dinâmica de decomposição e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* no Sul do Brasil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 20, n. 3, p. 351 – 360, 2013.
- VIEIRA, M. et al. Deposição de serapilheira e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 21, n. 3, p. 327 – 338, 2014.
- VILLA, E. B. et al. Aporte de serrapilheira e nutrientes em área de restauração florestal com diferentes espaçamentos de plantio. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 23, n. 1, p. 90 – 99, 2016.
- WOOD, T. E.; LAWRENCE, D.; WELLS, J. A. Inter-specific Variation in Foliar Nutrients and Resorption of Nine Canopy-tree Species in a Secondary Neotropical Rain Forest. **Biotropica**, Saint Paul, v. 43, n. 5, p. 544 – 551, 2011.
- ZHANG, Y. F. et al. Stemflow in two xerophytic shrubs and its significance to soil water and nutrient enrichment. **Ecological Research**, Milton, v. 28, n. 4, p. 567 – 579, 2013.
- ZHANG, H. et al. Seasonal patterns of litterfall in forest ecosystem worldwide. **Ecological Complexity**, Leicester, v. 20, n. 1, p. 240 – 247, 2014.

CAPÍTULO I

EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE MICRONUTRIENTES EM ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA Densa DAS TERRAS BAIXAS, NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

MORAIS, YASMIM YATHIARA GOMES ARAÚJO. **Eficiência nutricional de micronutrientes em espécies arbóreas nativas em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Zona da Mata de Pernambuco.** 2020. Orientador: Fernando José Freire. Coorientador: Rosival Barros de Andrade Lima.

RESUMO

A eficiência nutricional de utilização dos nutrientes está relacionada com a produção de biomassa e a alocação desses nutrientes nas espécies florestais. Aliar a eficiência nutricional das espécies com a disponibilidade dos nutrientes no sítio florestal pode fornecer informações sobre a distribuição das espécies que apresentam similaridade de nutrição. Sendo assim, este estudo objetivou determinar a eficiência nutricional e verificar a contribuição das espécies arbóreas nativas para ciclagem de micronutrientes em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Zona da Mata de Pernambuco. A partir de levantamento fitossociológico foi determinada nove espécies com maior densidade absoluta no fragmento. Selecionou-se três indivíduos de cada espécie e coletaram-se 25 folhas da parte intermediária da copa nos quatro pontos cardeais de cada indivíduo. Foram determinados os teores dos micronutrientes nas folhas e a biomassa foliar foi estimada utilizando-se equações alométricas. O estoque de nutrientes foi obtido pela multiplicação do teor do micronutriente pela biomassa foliar de cada espécie por área e a eficiência de utilização biológica das espécies para cada micronutriente foi calculada pela razão entre a biomassa foliar da espécie e o estoque do micronutriente armazenado naquela biomassa. As espécies que apresentaram maior biomassa foliar foram: *Tapirira guianensis*; *Protium heptaphyllum* e *Schefflera morototoni*. O estoque dos micronutrientes obedeceu a seguinte ordem decrescente: Fe>Mn>Cu>Zn>Mo. A eficiência de utilização biológica das espécies apresentou ordem decrescente inversa: Mo>Zn>Cu>Mn>Fe, ou seja, quanto maior o estoque do micronutriente, menor a eficiência de utilização pela espécie. O estoque e eficiência de utilização dos micronutrientes mostraram que as espécies florestais os utilizam de forma distinta, o que irá favorecer interações interespecíficas e com o sítio em que essas espécies estão inclusas. Espécies como *Brosimum rubescens* são indicadas para ambientes que apresentem baixa disponibilidade de Fe e Cu; *Casearia javitensis* e *Helicostylis tomentosa* para ambientes com restrição a disponibilidade de Zn; e *Thyrsodium spruceanum* para ambientes restritivos a Mn e Mo, pois elas conseguem ter melhor aproveitamento e desempenho na utilização desses nutrientes.

Palavras-chave: Biomassa foliar; Estoque de micronutrientes; Mata Atlântica; Nutrição Florestal.

MORAIS, YASMIM YATHIARA GOMES ARAÚJO. **Nutritional efficiency of micronutrients in native tree species in fragment of the Dense Ombrophilic Forest of the Lowlands, in the Zona da Mata of Pernambuco.** 2020. Advisor: Fernando José Freire. Co-advisor: Rosival Barros de Andrade Lima.

ABSTRACT

The nutritional efficiency of nutrient use is related to the production of biomass and the allocation of these nutrients in forest species. Combining the nutritional efficiency of species with the availability of nutrients at the forest site can provide information on the distribution of species that have similar nutrition. Therefore, this study aimed determine nutritional efficiency and verify the contribution of native tree species to micronutrient cycling in fragment of the Dense Ombrophilic Forest of the Lowlands, in the Zona da Mata of Pernambuco. From phytosociological survey, nine species with the highest absolute density in the fragment were determined. Three individuals of each species were selected and 25 leaves were collected from the middle part of the crown at the four cardinal points of each individual. Leaf micronutrient contents were determined and leaf biomass was estimated using allometric equations. The nutrient stock was obtained by multiplying the micronutrient content by the leaf biomass of each species by area and the efficiency of biological use of the species for each micronutrient was calculated by the ratio between the leaf biomass of the species and the micronutrient stock stored in that biomass. The species with the highest leaf biomass were: *Tapirira guianensis*; *Protium heptaphyllum* e *Schefflera morototoni*. The micronutrient stock followed the following decreasing order: Fe>Mn>Cu>Zn>Mo. The efficiency of biological use of the species presented an inverse decreasing order: Mo>Zn>Cu>Mn>Fe, that is, the larger the micronutrient stock, the lower the efficiency of use by the species. The stock and efficiency of use of micronutrients showed that forest species use them differently, which will favor interspecific interactions and with the site where these species are included. Species such as *Brosimum rubescens* are indicated for environments with low Fe and Cu availability; *Casearia javitensis* and *Helicostylis tomentosa* for environment with restricted availability of Zn; and *Thyrsodium spruceanum* for environments restrictive to Mn and Mo, as they manage to have better use and performance in the use of these nutrients.

Keywords: Leaf biomass; Stock of micronutrients; Atlantic Forest; Forest Nutrition.

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é considerada um ambiente com alta biodiversidade, embora submetida a altos índices de antropização desde a colonização do Brasil. Com o aumento populacional ocorreu uma maior pressão na utilização desses recursos, em que a vegetação foi perdendo espaço para culturas agrícolas, pecuária e a expansão urbana (LIRA et al., 2012; SCARANO; CEOTTO, 2015).

A baixa cobertura vegetal em que se impôs à Mata Atlântica pela antropização atua de forma negativa no ciclo biogeoquímico, refletindo em alterações no abastecimento de água, aumento na emissão de gases de efeito estufa para atmosfera, alteração da biomassa florestal (COUTINHO et al., 2010) e alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (BODDEY et al., 2003).

A biomassa florestal é toda biomassa existente na floresta ou apenas em uma fração da mesma (SANQUETTA; BALBINOT, 2004). Sua estimativa é uma importante ferramenta na avaliação e uso dos recursos florestais em ambientes naturais e/ou plantados (LIMA et al., 2016).

A mensuração da biomassa florestal auxilia no processo de exploração racional dos ecossistemas em que a análise da produtividade, estoques de carbono e elementos minerais, conversão de energia e ciclagem de nutrientes servirão como ferramentas indicadoras dos impactos ambientais para permanência das árvores e exploração florestal dos nutrientes do sítio (SILVEIRA et al., 2008; ALVES et al., 2017).

As folhas são os órgãos vegetais mais indicados para realização da análise nutricional das plantas por serem fisiologicamente mais ativas, responsáveis pela produção de assimilados, além de serem responsáveis por outras atividades fisiológicas (CANTARUTTI et al., 2007). Por esses motivos, torna-se primordial avaliar os teores nutricionais nesses órgãos nas diferentes espécies, proporcionando melhor entendimento no comportamento dos nutrientes (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

A utilização da análise foliar para avaliar o estado nutricional das plantas, baseia-se na existência de correlação positiva entre o suprimento de nutrientes e suas concentrações na planta, que interferem diretamente no aumento ou decréscimo da taxa de crescimento e/ou produção (EVENHUIS; WAAR, 1980).

Eficiência nutricional é a capacidade de absorção que os indivíduos desempenham para extrair nutrientes do solo, além da capacidade de distribuição e assimilação desses nutrientes (NUNES et al. 2013). Segundo Gerloff; Gabelman (1983) a eficiência nutricional é a capacidade de redistribuição e reutilização dos elementos minerais de órgãos senescentes das plantas, caracterizado pela eficiência de uso no metabolismo durante o processo de crescimento.

A eficiência nutricional de utilização dos nutrientes está relacionada com a produção de biomassa e alocação desses nutrientes nas espécies florestais. Por exemplo, algumas espécies visando a uma maior captação de luz aumentam sua biomassa e área foliar, enquanto outras investem nas raízes para aumentar a absorção de água e nutrientes do solo em ambientes de baixa disponibilidade (BASTIEN-HENRI et al., 2010).

Portanto, a eficiência de utilização de nutrientes incluirá processos em que os indivíduos absorvem, translocam, acumulam e utilizam de forma eficaz os nutrientes na produção de matéria seca e/ou sementes, estando em locais que dispõem de condições normais ou adversas (POZZA, 2004).

Aliar a eficiência nutricional com a disponibilidade dos nutrientes no solo pode fornecer informações sobre a distribuição das espécies que apresentam similaridade de nutrição, sendo possível um melhor entendimento sobre a utilização e interação dos nutrientes no sistema solo/planta (TAVARES et al., 2019).

Estudos sobre a eficiência nutricional de espécies florestais envolvendo micronutrientes são escassos ou praticamente inexistentes (ALBUQUERQUE et al., 2018). No entanto, a realização desses estudos pode fornecer informações importantes sobre o desenvolvimento das espécies florestais nos diferentes ambientes. De acordo com Souza et al. (2012), conhecer os aspectos nutricionais das espécies florestais é uma importante ferramenta para compreensão do estabelecimento de espécies, principalmente nos locais em que o solo tem baixa disponibilidade nutricional. Adicionalmente, acredita-se que a eficiência nutricional dos micronutrientes deve se diferenciar por espécie.

Partindo desse pressuposto, objetivou-se com este estudo, determinar a eficiência nutricional e verificar a contribuição das espécies arbóreas nativas para ciclagem de micronutrientes em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Zona da Mata de Pernambuco.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área

O estudo foi realizado em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (IBGE, 2012), e com base nos parâmetros contidos na Resolução CONAMA nº 31, de 07/12/1994, a área é caracterizada em estágio sucessional médio. Possui 42 ha, situado entre as coordenadas geográficas (UTM 25L) 263220.263849, 263544 e 263967 de latitude, e 9054184, 9054442, 9053691 e 9053725 de longitude, pertencente a Usina Trapiche S/A, localizada no município de Sirinhaém, na região da Mata Sul em Pernambuco (Figura 1).

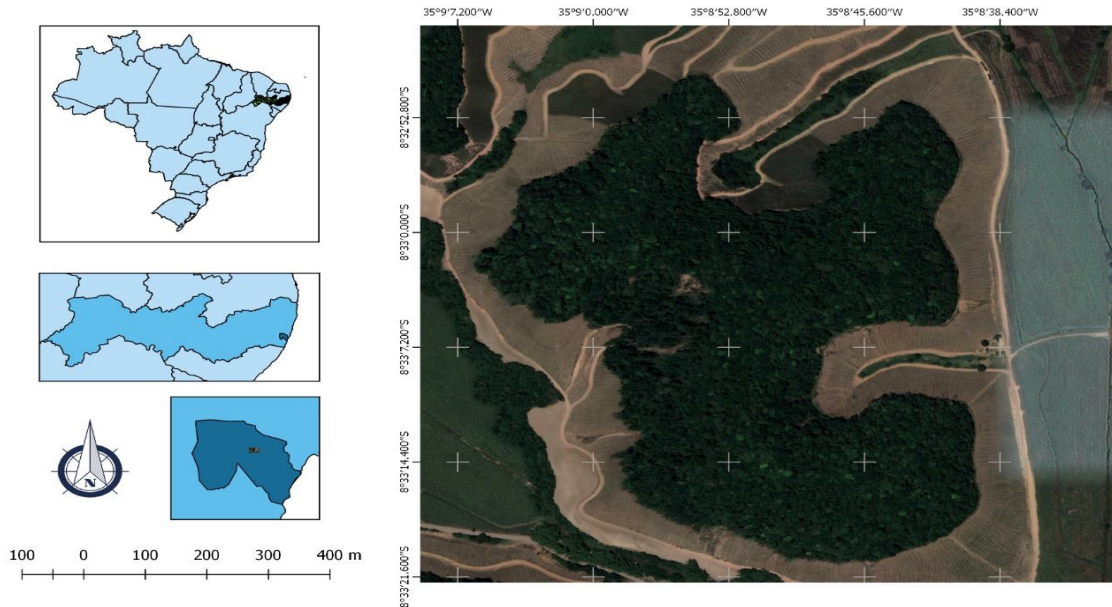


Figura 1. Localização geográfica do fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, localizada no município de Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.

A região, segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014), apresenta clima de monção do tipo Am, com temperatura média anual em torno de 25,6 °C. O período chuvoso estende-se de abril a setembro e durante o período de coleta de folhas a precipitação pluviométrica acumulada foi de 1.449,2 mm (APAC, 2016).

A altitude média é de 60 m e os solos que predominam na área são do tipo: Latossolo Amarelo; Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-Amarelo; Argissolo

Acinzentado; Gleissolo; Cambissolo; e Neossolos Flúvicos (SILVA et al., 2001; EMBRAPA, 2013).

O solo foi caracterizado quimicamente e as amostras foram coletadas em três profundidades (0,0 – 0,05 m; 0,05 – 0,20 m; 0,20 – 0,40 m) (Tabela 1). A amostragem se constituiu na coleta de três amostras simples para formar uma amostra composta nas parcelas demarcadas para o estudo fitossociológico da área, conforme Lima (2017).

Tabela 1. Caracterização química do solo em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil

Atributos	Profundidade (m)		
	0,0 – 0,05	0,05 – 0,20	0,20 – 0,40
pH (H ₂ O)	3,88	4,10	4,53
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,30	0,12	0,05
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,83	0,46	0,40
K ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,06	0,05	0,04
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	1,69	1,37	1,02
(H+Al) (cmol _c dm ⁻³)	8,94	7,00	5,47
P (mg dm ⁻³)	1,37	1,30	1,10
SB (cmol _c dm ⁻³) ¹	1,19	0,63	0,49
Fe (mg dm ⁻³)	155,61	135,24	139,27
Cu (mg dm ⁻³)	1,82	1,81	1,87
Zn (mg dm ⁻³)	5,14	4,41	6,09
Mn (mg dm ⁻³)	9,92	8,79	9,39
Ni (mg dm ⁻³)	1,09	0,32	0,0
CTC potencial (cmol _c dm ⁻³) ²	10,13	7,63	5,96
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³) ³	2,88	2,00	1,51
V (%) ⁴	11,75	8,26	8,22
m (%) ⁵	58,86	68,50	67,55

¹Soma de bases; ²Capacidade de troca de cátions potencial; ³Capacidade de troca de cátions efetiva;

⁴Saturação por bases; ⁵Saturação por alumínio.

Fonte: Lima (2017).

2.2 Espécies florestais

Com base no levantamento fitossociológico realizado por Lima (2017) foram determinadas nove espécies que apresentaram maiores densidades absolutas (DA) no fragmento (Tabela 2).

Tabela 2. Espécies de maior densidade absoluta (DA) no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil

Espécies	Família	DA¹ (Ind. ha⁻¹)	GE²
<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	Anacardiaceae	246	Si ³
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Burseraceae	134	Si
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	68	Si
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Mart. ex Miers	Lecythidaceae	52	Si
<i>Myrcia sylvatica</i> (G.Mey.) DC.	Myrtaceae	43	Si
<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Moraceae	39	Si
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) Rusby	Moraceae	36	Si
<i>Casearia javitensis</i> Kunth	Salicaceae	35	St ⁴
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	Araliaceae	33	Si

¹Densidade absoluta; ²Gurpo ecológico; ³Secundária inicial; ⁴Secundária tardia.
Fonte: Lima (2017).

2.3 Amostragem e composição química foliar das espécies florestais

A amostragem foi realizada aleatoriamente a partir da coleta de 25 folhas da parte intermediária da copa nos quatro pontos cardeais (Norte – Sul – Leste – Oeste) em cada uma das nove espécies que apresentaram maior densidade absoluta (DA), originando uma amostra composta (YOUNG; CARPENTER, 1976). Foram selecionados três indivíduos de cada espécie que apresentaram diâmetro à altura do peito (DAP) semelhante à média do DAP de todos os indivíduos daquela espécie. O critério para escolha foi a semelhança do porte, desenvolvimento vegetativo e o estado fitossanitário das espécies amostradas.

As folhas coletadas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com ventilação forçada de ar à temperatura de 65 °C, para secagem do material até peso constante. Posteriormente, o material foi moído, homogeneizado e acondicionado em frascos previamente limpos e secos, para análises posteriores.

Os nutrientes avaliados foram: Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn. A mineralização de Cu, Fe, Zn, Mn, Mo e Ni foi por meio de digestão nitro-perclórica. A determinação de Cu, Fe, Mn, Ni e Zn foi por meio de espectrofotometria de absorção atômica. Mo foi determinado por colorimetria (EMBRAPA, 2009).

2.4 Estimativa da biomassa foliar

Para estimar a biomassa foliar foi utilizada a equação de Chave et al. (2014) para cada espécie, em que foram considerados 5% da biomassa aérea total para estimar a biomassa foliar. A média da biomassa do componente foliar foi estimada para cada espécie (kg indivíduo^{-1}) e por área (kg ha^{-1}) (Tabela 3).

A biomassa foliar das espécies quantificada por área em kg ha^{-1} foi obtida pelo somatório da biomassa de todos os indivíduos das espécies (ESPIG et al., 2008). A mensuração dos indivíduos ocorreu em 40 parcelas de dimensões de 10 m x 25 m (250 m^2) totalizando 10.000 m^2 (LIMA, 2017).

Tabela 3. Biomassa foliar das espécies de maior densidade absoluta (DA) no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil

ESPÉCIE	DA ¹ (ind ha ⁻¹)	Altura média (m)	DAP ² (cm)	DBM ³ (g cm ⁻³)	Biomassa total (kg ha ⁻¹)	Biomassa foliar	
						(kg ind ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
<i>Thyrsodium spruceanum</i>	246	8,17	10,82	0,59	12.349,20	2,51	617,46
<i>Protium heptaphyllum</i>	134	8,90	13,88	0,91	21.413,20	7,99	1.070,66
<i>Tapirira guianensis</i>	68	11,77	21,87	0,36	10.907,20	8,02	545,36
<i>Eschweilera ovata</i>	52	7,00	9,62	0,87	2.683,20	2,58	134,16
<i>Myrcia sylvatica</i>	43	6,72	7,02	0,84	816,87	0,95	40,85
<i>Brosimum rubescens</i>	39	5,97	7,40	0,82	1.131,00	1,45	56,55
<i>Helicostylis tomentosa</i>	36	8,34	9,53	0,64	1.742,76	2,42	87,12
<i>Casearia javitensis</i>	35	6,37	7,49	0,75	630,00	0,90	31,50
<i>Schefflera morototoni</i>	33	11,15	15,96	0,48	4.811,40	7,29	240,57
Total					56.484,83		2.824,23

¹Densidade absoluta; ²Diâmetro à altura do peito; ³Densidade básica da madeira (RABELO et al., 2015).

2.5 Teor, estoque e eficiência da utilização biológica dos nutrientes das espécies florestais

O teor dos micronutrientes foram expressos em mg kg^{-1} . O estoque foi obtido por meio da multiplicação do teor do micronutriente (mg kg^{-1}) pela biomassa foliar de cada espécie (kg ha^{-1}) no fragmento.

A eficiência de utilização biológica da espécie foi calculada para cada nutriente pela razão entre a biomassa foliar da espécie (kg ha^{-1}) e o estoque do nutriente (g ha^{-1}) armazenado na biomassa (ESPIG et al., 2008).

2.6 Análise estatística

O procedimento estatístico utilizado para estudo dos dados referentes aos teores, estoques e eficiência de utilização de Cu, Fe, Mn, Mo e Zn foi a análise de variância (ANOVA), considerando o teste F ao nível de 5% de probabilidade. Quando observadas significâncias entre os efeitos, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Utilizou-se o SAEG para realização das análises estatísticas (EUCLYDES, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Teor de micronutrientes

Os teores dos micronutrientes nas folhas das espécies florestais variaram de acordo com as espécies, obedecendo a seguinte ordem decrescente: Fe>Mn>Cu>Zn>Mo (Tabela 4). Ni não foi detectado nos extratos de folha das espécies.

Tabela 4. Teores de micronutrientes das espécies florestais de maior densidade absoluta (DA) em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil

ESPÉCIES	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	Ni ¹
	----- mg kg ⁻¹ -----					
<i>Thyrsodium spruceanum</i>	542,42 b	18,74 d	4,96 d	5,92 c	0,77 c	–
<i>Protium heptaphyllum</i>	337,42 c	24,06 d	7,90 c	4,45 c	1,98 a	–
<i>Tapirira guianensis</i>	316,83 c	83,90 d	4,59 d	5,63 c	1,28 b	–
<i>Eschweilera ovata</i>	422,08 c	189,50 c	6,95 c	10,68 a	1,16 b	–
<i>Myrcia sylvatica</i>	682,50 a	48,71 d	4,59 d	7,57 b	1,77 a	–
<i>Brosimum rubescens</i>	154,90 d	59,42 d	2,97 d	5,68 c	1,53 b	–
<i>Helicostylis tomentosa</i>	309,45 c	572,00 a	4,34 d	3,17 c	1,25 b	–
<i>Casearia javitensis</i>	431,58 c	389,50 b	17,33 a	3,31 c	1,40 b	–
<i>Schefflera morototoni</i>	367,12 c	54,72 d	12,75 b	4,40 c	0,61 c	–
Média	396,03	160,06	7,37	5,64	1,30	–
F _{calculado}	13,27***	28,75***	32,64***	5,51**	6,47***	–
CV (%)	18,09	39,15	19,42	30,55	22,80	–

¹Não foi detectado Ni nos extratos de folha das espécies. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ** e *** significativo ao nível de 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

O Fe foi o micronutriente que apresentou maior teor entre as espécies, com um valor médio de 396,03 mg kg⁻¹ (Tabela 4), a *Myrcia sylvatica* apresentou maior teor com 682,50 mg kg⁻¹, indicando que as plantas podem ter absorvido mais Fe do que os demais micronutrientes, condizente com as maiores disponibilidades de Fe do solo (Tabela 1). No entanto, maior concentração nas folhas não significa necessariamente maior absorção do nutriente. O teor do nutriente é muito dependente da biomassa, podendo ser relacionado a efeitos de diluição e concentração, os quais estão relacionados a fatores que interferem, por exemplo, no

crescimento e absorção dos nutrientes nas diferentes espécies. Por isso ocorrerá diferenciação no teor dos micronutrientes na biomassa (FONTES, 2001).

Foi possível observar que embora a *Tapirira guianensis*, *Protium heptaphyllum* e *Schefflera morototoni* apresentassem os maiores valores de biomassa foliar individual (Tabela 3) não significou que tivessem os teores de Fe maior do que a *Myrcia sylvatica* (Tabela 4). Isto pode ser explicado por essas espécies absorverem pouco Fe ou pelo mecanismo de concentração e diluição dos nutrientes.

Em relação ao Mn, ocorreu uma maior diferenciação desse nutriente em relação aos teores de Fe, Cu, Mo e Zn, variando de 572 mg kg⁻¹ para *Helicostylis tomentosa* a 18,74 mg kg⁻¹ para *Thyrsodium spruceanum*. Esses resultados podem ser explicados em decorrência da demanda nutricional diferenciada desse nutriente para cada espécie (Tabela 4).

O Cu apresentou valor médio de 7,37 mg kg⁻¹ e foi diferente entre as espécies, *Casearia javitensis* foi a espécie que apresentou maior teor com 17,33 mg kg⁻¹, em contrapartida, a *Brosimum rubescence* apresentou menor teor desse elemento com 2,97 mg kg⁻¹ (Tabela 4).

Os teores de Zn e Mo foram os menores teores médios em relação aos outros nutrientes, com 5,64 e 1,30 mg kg⁻¹, respectivamente (Tabela 4). Espécies como *Eschweilera ovata* e *Myrcia sylvatica* apresentaram maior teor de Zn, com 10,68 e 7,57 mg kg⁻¹, respectivamente (Tabela 4). No entanto, para o Mo, as espécies que apresentaram maior teor foram a *Protium heptaphyllum* com 1,98 mg kg⁻¹ e *Myrcia sylvatica* com 1,77 mg kg⁻¹ (Tabela 4).

Myrcia sylvatica apresentou a seguinte ordem decrescente de teor dos micronutrientes: Fe>Mn>Zn>Cu>Mo, enquanto a *Helicostylis tomentosa* a ordem decrescente foi: Mn>Fe>Cu>Zn>Mo. A maior concentração de Fe apresentada pela *Myrcia sylvatica* foi 2,2 vezes maior que a concentração desse elemento na *Helicostylis tomentosa*. Para Mn, a concentração encontrada para *Helicostylis tomentosa* foi 11,7 vezes maior que na *Myrcia sylvatica*, mostrando a elevada variação interespecífica entre as espécies. Vale salientar que essas espécies estavam sob mesmas condições de disponibilidade no solo de Fe e Mn (Tabela 1). Essa diferença na absorção desses nutrientes também pode estar relacionada a essas espécies serem de famílias botânicas diferentes (Tabela 2).

O crescimento das espécies florestais, principalmente da parte aérea, demanda uma maior quantidade de nutrientes. De acordo com Gonçalves e Valeri (2001), os teores do micronutrientes são mais elevados nas partes metabolicamente ativas das plantas, ou seja, nas folhas por exemplo: Cu e Mn são responsáveis pelo transporte de elétrons na fotossíntese; Zn é um ativador enzimático de diversas reações (TAIZ; ZEIGER, 2013); Fe está presente na formação da clorofila, transporte de substâncias na fotossíntese e fixação de N₂ (LARCHER, 2000); e o Mo participa do metabolismo do N como cofator das enzimas nitrogenase e redutase do nitrito, além, de ser responsável pela redução do nitrato em nitrito no citoplasma 510celular (POSSENTI, VILLELA, 2010).

Conforme Alves et al. (2017), os diferentes teores de nutrientes foliares encontrados nas espécies florestais podem ser em decorrência de dois fatores: (i) por serem mais eficazes na absorção de determinado nutriente que é requerido em maior quantidade em seu metabolismo ou (ii) por concentrar nos tecidos foliares uma maior quantidade de nutriente, pois algumas espécies produzem mais biomassa que outras ocorrendo uma maior concentração.

Portanto, pode-se deduzir que a espécie *Myrcia sylvatica* absorveu maior quantidade de Fe e Mo, a *Helicostylis tomentosa* de Mn, a *Casearia javitensis* de Cu, a *Protium heptaphyllum* de Mo e a *Eschweilera ovata* de Zn. Sendo assim, ambientes que apresentam deficiência nesses nutrientes podem comprometer a absorção desses nutrientes e, conseqüentemente, o crescimento e desenvolvimento dessas espécies conforme suas exigências nutricionais.

O pH do solo no sítio de estabelecimento das espécies é ácido (Tabela 1) e, são nos solos ácidos em que os micronutrientes catiônicos estão mais disponíveis às plantas. Nesse solo foram encontrados valores elevados para os micronutrientes, quando comparados com Alvarez et al. (1999), podendo se tornar prejudiciais para as espécies florestais, por seus efeitos tóxicos. Portanto, espécies com maior capacidade de absorção podem ter absorvido mais micronutriente do que sua necessidade e isso ter prejudicado sua produção de biomassa.

Embora as espécies florestais estivessem alocadas no mesmo sítio foi possível perceber uma variação interespecífica nos teores dos nutrientes, mostrando a diferente forma de utilização desses nutrientes a partir de uma mesma fonte. A variação interespecífica dos micronutrientes nas estruturas foliares indica que essas

diferenças são decorrentes da capacidade de cada espécie em utilizá-los (BÜNDCHEN et al., 2013).

3.2 Estoque de micronutrientes

O estoque dos micronutrientes das espécies obedeceram a seguinte ordem decrescente: Fe>Mn>Cu>Zn>Mo com valores médios de 1.374,90; 407,46; 28,66; 20,14; 4,85 mg ind⁻¹, respectivamente (Tabela 5). O Fe foi o micronutriente que apresentou maior estoque por espécie, variando de 224,60 a 2.695,96 mg ind⁻¹ e com média de 1.374,90 mg ind⁻¹ dentre as espécies (Tabela 5).

Tabela 5. Estoque por espécie (mg ind⁻¹) e por área (g ha⁻¹) dos micronutrientes nas espécies florestais de maior densidade absoluta (DA) em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil

ESPÉCIES	mg ind ⁻¹				
	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo
<i>Thyrsoodium spruceanum</i>	1.361,47 b	47,03 c	12,44 d	14,85 c	1,93 c
<i>Protium heptaphyllum</i>	2.695,96 a	192,23 c	63,10 b	35,56 b	15,85 a
<i>Tapirira guianensis</i>	2.541,00 a	672,89 b	36,81 c	45,18 a	10,28 b
<i>Eschweilera ovata</i>	1.088,98 b	488,91 b	17,92 d	27,55 b	2,99 c
<i>Myrcia sylvatica</i>	648,38 c	46,27 c	4,36 d	7,19 c	1,68 c
<i>Brosimum rubescens</i>	224,60 c	86,16 c	4,31 d	8,23 c	2,21 c
<i>Helicostylis tomentosa</i>	748,87 c	1.384,24 a	10,49 d	7,66 c	3,01 c
<i>Casearia javitensis</i>	388,43 c	350,55 b	15,59 d	2,98 c	1,26 c
<i>Schefflera morototoni</i>	2.676,34 a	398,88 b	92,95 a	32,08 b	4,46 c
Média	1.374,90	407,46	28,66	20,14	4,85
F _{calculado}	23,41***	20,51***	56,39***	40,98***	32,97***
CV (%)	26,20	39,88	24,55	20,43	30,77
	g ha ⁻¹				
<i>Thyrsoodium spruceanum</i>	334,39 a	11,53 c	3,06 b	3,65 b	0,47 b
<i>Protium heptaphyllum</i>	361,03 a	25,74 b	8,13 a	4,76 a	2,12 a
<i>Tapirira guianensis</i>	172,82 b	45,77 a	2,39 b	3,07 b	0,70 b
<i>Eschweilera ovata</i>	56,63 c	25,42 b	0,93 c	1,43 c	0,16 c
<i>Myrcia sylvatica</i>	27,87 c	1,99 c	0,19 c	0,31 c	0,07 c
<i>Brosimum rubescens</i>	8,79 c	3,37 c	0,17 c	0,32 c	0,09 c
<i>Helicostylis tomentosa</i>	26,96 c	49,84 a	0,38 c	0,28 c	0,11 c
<i>Casearia javitensis</i>	13,59 c	12,27 c	0,55 c	0,10 c	0,04 c
<i>Schefflera morototoni</i>	88,37 c	13,17 c	3,07 b	1,06 c	0,15 c
Média	121,16	21,01	2,10	1,67	0,43
F _{calculado}	34,12***	18,37***	23,31***	21,27***	50,29***
CV (%)	33,81	33,22	43,83	39,01	37,68

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *** significativo ao nível de 0,1% de probabilidade pelo teste F.

Para os estoques dos micronutrientes por área foram constatados os seguintes valores médios: 121,16; 21,01; 2,10; 1,67; 0,43 g ha⁻¹, respectivamente para Fe, Mn, Cu, Zn e Mo, e obedeceram a seguinte ordem decrescente: Fe>Mn>Cu>Zn>Mo (Tabela 5).

As espécies que apresentaram maior estoque dos micronutrientes por área no fragmento foram: *Protium heptaphyllum* com 8,13 g ha⁻¹ para Cu, 4,76 g ha⁻¹ para Zn e 2,12 g ha⁻¹ para Mo (Tabela 5). *Thyrsodium spruceanum* e o *Protium heptaphyllum*, com 334,39 g ha⁻¹ e 361,03 g ha⁻¹, respectivamente para Fe (Tabela 5). *Helicostylis tomentosa* e a *Tapirira guianensis* com 49,84 g ha⁻¹ e 45,77 g ha⁻¹, respectivamente para Mn (Tabela 5). A elevada biomassa foliar apresentada por essas espécies (Tabela 3) relacionadas com seu teor nutricional (Tabela 4), influenciaram o estoque de micronutrientes quando comparados com as outras espécies.

É possível perceber a importância do *Protium heptaphyllum* para o equilíbrio desse fragmento, pois sem sua presença ocorreria um comprometimento na ciclagem de Fe, Cu, Mo e Zn. Quanto maior o estoque do nutriente na biomassa foliar, maior a probabilidade de retorno desse nutriente por meio da serapilheira. Com isso, qualquer alteração no fragmento que possa ocasionar a supressão dessa espécie pode comprometer a ciclagem de Fe, Cu, Mo e Zn na área, visto que essa espécie desempenha papel fundamental para toda comunidade.

As diferenças nutricionais identificadas nas espécies evidencia como a comunidade florestal no fragmento se organiza, ou seja, cada espécie seria responsável por uma função nutricional diferenciada, quanto mais estabelecida a comunidade florestal, maior será seu equilíbrio nutricional e a ciclagem dos nutrientes (LIMA et al., 2018).

Outro aspecto relevante relacionado a maiores estoques de nutrientes, é a capacidade que algumas espécies têm de absorver mais nutrientes do que outras em sítios florestais com elevadas disponibilidades de nutrientes e isso ser prejudicial a sua capacidade de produção de biomassa, por possíveis efeitos tóxicos desses nutrientes, principalmente de micronutrientes, porque a demanda nutricional é menor.

Os elevados teores de Mn encontrados nesse solo conforme Alvarez et al. (1999) podem ter sido tóxicos para as espécies florestais (Tabela 1). Essa toxicidade pode ter provocado em espécies como a *Casearia javitensis* que apresentou alto

teor de Mn (Tabela 4), uma menor transformação desse Mn em biomassa (Tabela 5).

3.3 Eficiência de utilização biológica de micronutrientes

A eficiência de utilização biológica das espécies florestais apresentou a seguinte ordem decrescente: Mo>Zn>Cu>Mn>Fe (Tabela 6), ordem inversa ao que foi observado em relação ao estoque desses nutrientes (Tabela 5). Os valores observados diferiram entre as espécies, mostrando que quanto maior o estoque de nutriente menor a eficiência de utilização daquele nutriente pela espécie.

Segundo Albuquerque et al. (2018), a eficiência de utilização biológica é um critério de maior ou menor exigência nutricional apresentada pelas espécies florestais em relação aos diferentes nutrientes existentes.

Tabela 6. Eficiência de utilização biológica dos micronutrientes das espécies florestais de maior densidade absoluta (DA) em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil

ESPÉCIES	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo
	----- kg g ⁻¹ -----				
<i>Thyrsodium spruceanum</i>	1,93 c	55,63 a	253,38 a	198,28 b	1.319,37 a
<i>Protium heptaphyllum</i>	3,00 b	41,57 b	139,61 b	224,89 b	518,50 b
<i>Tapirira guianensis</i>	3,41 b	12,45 c	244,07 a	177,75 b	833,65 b
<i>Eschweilera ovata</i>	2,37 c	5,34 d	147,86 b	100,81 b	985,90 b
<i>Myrcia sylvatica</i>	1,47 c	21,82 c	223,72 a	142,12 b	584,33 b
<i>Brosimum rubescens</i>	6,46 a	16,83 c	372,48 a	176,87 b	654,93 b
<i>Helicostylis tomentosa</i>	3,41 b	1,87 d	245,38 a	318,60 a	821,46 b
<i>Casearia javitensis</i>	2,32 c	2,58 d	58,06 b	321,62 a	743,09 b
<i>Schefflera morototoni</i>	2,73 c	18,44 c	78,90 b	227,45 b	1.639,39 a
Média	3,01	19,62	195,94	209,82	900,07
F _{calculado}	17,87***	35,86***	4,25**	7,12***	10,92***
CV (%)	19,68	26,85	42,41	22,84	21,30

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ** e *** significativo ao nível de 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

A eficiência de utilização do Fe pelas espécies variou de 1,47 a 6,46 kg g⁻¹. As espécies menos eficientes foram *Schefflera morototoni*, *Eschweilera ovata*, *Casearia javitensis*, *Myrcia sylvatica* e o *Thyrsodium spruceanum*, com 2,73; 2,37; 2,32; 1,47 e 1,93 kg g⁻¹, respectivamente (Tabela 6). Embora essas espécies tenham sido muito exigentes em Fe (Tabela 4), elas não conseguiram converter toda essa

exigência em biomassa e apresentaram-se pouco eficientes na utilização desse nutriente. Embora o Fe tenha sido muito estocado pelas espécies (Tabela 5), foi o nutriente com menor eficiência comparativamente ao Mo, porque as espécies produziram mais biomassa utilizando pouca quantidade de Mo, o que pode estar relacionado com a demanda nutricional dessas espécies em relação a esse nutriente (Tabela 6).

A espécie *Brosimum rubescens* apresentou maior eficiência na utilização de Fe e Cu com 372,48 e 6,46 kg g⁻¹, respectivamente. A *Casearia javitensis* e *Helicostylis tomentosa* para Zn, com 321,62 e 318,60 kg g⁻¹, respectivamente (Tabela 6). Embora elas não tenham sido espécies exigentes nesses nutrientes (Tabela 4). Mostrando que essas espécies podem ser utilizadas em ambientes que apresentem baixa disponibilidade de Fe, Cu e Zn, em decorrência de sua capacidade de produção de biomassa utilizando quantidades reduzidas desses nutrientes.

A eficiência de utilização do Mn e Mo foi a que mais variou entre as espécies. O *Thyrsodium spruceanum* foi a espécie mais eficiente na utilização desses nutrientes, com 55,63 kg g⁻¹ para Mn e 1.319,37 kg g⁻¹ para Mo (Tabela 6). Outra espécie que apresentou maior eficiência para o Mo foi a *Schefflera morototoni* com 1.639,39 kg g⁻¹. Embora *Helicostylis tomentosa* tenha sido muito exigente em Mn e Mo (Tabela 4), ela não conseguiu converter sua exigência em biomassa foliar, constatando que em ambientes que ofereçam baixa disponibilidade de Mn e Mo não é recomendada a sua utilização.

As diferenças interespecíficas na utilização de nutrientes das espécies que estão no mesmo sítio e dispõem dos mesmos recursos de fertilidade do solo é uma importante ferramenta para seleção e/ou utilização de técnicas de restauração e manejo florestal (EWEL; MAZZARINO, 2008).

Nos ambientes que estão equilibrados algumas espécies individualmente ou em pequenos grupos tendem a ser responsáveis pela ciclagem dos nutrientes (LIMA et al., 2018). Portanto, nesse sítio os teores, estoques e eficiência nutricional se discriminaram por espécie ou em pequeno grupo de espécies, mostrando equilíbrio nutricional. Segundo Santana, Barros e Neves (2002), espécies eficientes na utilização de nutrientes e com um ciclo de crescimento longo, são capazes de obter maior eficiência na ciclagem dos nutrientes, ocorrendo a maior conservação dos ecossistemas florestais.

4. CONCLUSÕES

As espécies florestais utilizaram os micronutrientes de forma distinta, favorecendo as interações interespecíficas e com o sítio em que estão inclusas.

A eficiência de utilização biológica variou entre as espécies e constatou-se que quanto maior o estoque de nutrientes, menor a eficiência de utilização pelas espécies.

Espécies como *Brosimum rubescens* são indicadas para ambientes que apresentem baixa disponibilidade de Fe e Cu; *Casearia javitensis* e *Helicostylis tomentosa* para ambientes com restrição a disponibilidade de Zn; e *Thyrsodium spruceanum* para ambientes restritivos a Mn e Mo, pois elas conseguem ter um melhor aproveitamento e desempenho na utilização desses nutrientes nesses ambientes.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. S. et al. Efficiency of biological utilization of micronutrients by forests species in Hypoxerophytic Caatinga. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 25, n. 4, p. 1 – 10, 2018.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711 – 728, 2014.
- ALVAREZ V, V. H. et al. Interpretação dos resultados das analyses de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa – MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25 – 32.
- ALVES, A. R. et al. Conteúdo de nutrientes na biomassa e eficiência nutricional de espécies da Caatinga. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 27, n. 2, p. 377 – 390, 2017.
- APAC – AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Boletim do clima: síntese climática**. 2016. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>. Acesso em: 05 set. 2018.
- BASTIEN-HENRI, S. et al. Biomass distribution among tropical tree species grown under differing regional climates. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 260, n. 3, p. 403 – 410. 2010.
- BODDEY, R. M. et al. Brazilian agriculture: the transition to sustainability. **Journal of Crop Production**, Londres, v. 9, n. 1 – 2, p. 593 – 621, 2003.
- BÜNDCHEN, M. et al. Status nutricional e eficiência no uso de nutrientes em espécies arbóreas da floresta subtropical no sul do Brasil. **Scientia Florestalis**, Piracicaba – SP, v. 41, n. 98, p. 227 – 236, 2013.
- CANTARUTTI, R. B. et al. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do Solo**, Viçosa – MG: SBCS, p. 769 – 850, 2007.
- CHAVE, J. et al. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology**, New York, v. 20, n. 10, p. 3177 – 3190, 2014.
- COUTINHO, R. P. et al. Estoque de carbono e nitrogênio e emissão de N₂O em diferentes usos do solo na Mata Atlântica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília – DF, v. 45, n. 2, p. 195 – 203, 2010.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas em solos, plantas e fertilizantes**. Editor técnico: Fábio César da Silva, 2ª ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação – SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

ESPIG, S. A. et al. Composição e eficiência da utilização biológica de nutrientes em fragmento de Mata Atlântica em Pernambuco. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 18, n. 3, p. 307 – 314, 2008.

EUCLYDES, R. F. **SAEG – Sistema para Análises Estatísticas**. Versão 9.1. Viçosa, Fundação Arthur Bernardes, 2007.

EVENHUIS, B.; WAAR, P. W. **Principles and practices in plant analysis**. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Soils. Rome, 1980. p. 152 – 163 (Bulletin, 38/1).

EWEL, J. J.; MAZZARINO, M. J. Competition from below for light and nutrients shifts productivity among tropical species. **Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, New York, v. 105, n. 48, p. 18836 – 18841, 2008.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa – MG: UFV. 2001. 122 p.

GERLOFF, G. C.; GABELMAN, W. H. Genetic basis of inorganic plant nutrition. In: LAÜCHLI, A.; BIELESKI, R. L. (Eds.). **Inorganic plant nutrition**. Encyclopedia of Plant Physiology. Berlin, New York, Tokio: Springer-Verlag, v. 15B, p. 453 – 486, 1983.

GONÇALVES, J. L. M.; VALERI, S. V. Adubos e adubações: eucalipto e pinus. In: FERREIRA, M. E. et al. (Eds.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal – SP: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2011. p. 393 – 423.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: CDDI/IBGE, 2012. 271 p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 1). Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2018.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: Rima, 2000. 531 p.

LIMA, M. C. D. et al. Biomass and carbon stock from *Pinus caribaea* var. *hondurensis* under homogenous stands in southwest Bahia, Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v. 46, n. 6, p. 957 – 962, 2016.

LIMA, R. B. A. **Estrutura, regeneração natural e ciclagem de nutrientes em Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Zona da Mata de Pernambuco**. 2017. 150 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2017.

LIMA, R. B. de A. et al. Nutritional efficiency of plants as an indicator of forest species for the restoration of forests, Brazil. **Scientia Florestalis**, Piracicaba – SP, v. 46, n. 119, p. 415 – 426, 2018.

LIRA, P. K. et al. Land-use and land-cover change in Atlantic Forest landscapes. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 278, n. 1, p. 80 – 89, 2012.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

NUNES, E. N. et al. Eficiência de translocação de nutrientes em plantas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró – RN, v. 8, n. 5, p. 90 – 95, 2013.

POSSENTI, J. C.; VILLELA, F. A. Efeito do molibdênio aplicado via foliar e via sementes sobre o potencial fisiológico e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina – PR, v. 32, n. 4, p. 143 – 150, 2010.

POZZA, A. A. A. **Silício em mudas de caféiro: efeito na nutrição mineral e na suscetibilidade à cercosporiose em três variedades**. 2004. 89 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, 2004.

RABELO, F. R. C. et al. Dinâmica da vegetação em um fragmento de Mata Atlântica no Nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 25, n. 1, p. 23 – 36, 2015.

SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Eds.). **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: [s. n.], 2004. p. 47 – 63.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do estado de São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 26, n. 4, p. 447 – 457, 2002.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, Londres, v. 24, n. 9, p. 2319 – 2331, 2015.

SILVA, F. B. R. et al. **Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco– Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária. 2001. 1 CD-ROM. (Documentos, n. 35).

SILVEIRA, P. et al. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 38, n. 1, p. 185 – 206, 2008.

SOUZA, N. H. et al. Estudo nutricional da canafístula (II): eficiência nutricional em função da adubação com nitrogênio e fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 36, n. 5, p. 803 – 812, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TAVARES, L. de S. et al. Análise multivariada de espécies florestais nativas em relação aos atributos químicos e texturais do solo na região de Cotriguaçu – MT. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 29, n. 1, p. 281 – 291, 2019.

YOUNG, H. E.; CARPENTER, P. N. Sampling variation of nutrient element content within and between trees of the same species. In: **Oslo Biomass Studies**, 1976, Oslo. **Proceedings...** Oslo: IUFRO, 1976, p. 75 – 99.

CAPÍTULO II

SAZONALIDADE DO APORTE DE MICRONUTRIENTES VIA SERAPILHEIRA EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DAS TERRAS BAIXAS, NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

MORAIS, YASMIM YATHIARA GOMES ARAÚJO. **Sazonalidade do aporte de micronutrientes via serapilheira em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Zona da Mata de Pernambuco**. 2020. Orientador: Fernando José Freire. Coorientador: Rosival Barros de Andrade Lima.

RESUMO

A serapilheira é uma das principais vias de entrada e saída de nutrientes nos ecossistemas florestais. A deposição desse material orgânico é influenciada pelas variações climáticas. A decomposição da serapilheira é a responsável pela liberação dos nutrientes para que sejam reabsorvidos pelo sistema radicular das plantas. Portanto, esse estudo objetivou avaliar a sazonalidade do aporte de micronutrientes via serapilheira em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Zona da Mata de Pernambuco. A coleta da serapilheira foi realizada mensalmente durante um ano em três períodos distintos, sendo eles: úmido e frio; quente e seco; e úmido e quente, por meio de coletores instalados em 15 parcelas centrais do fragmento. Na serapilheira produzida foram determinados os teores e calculados os aportes dos micronutrientes Fe, Cu, Zn, Mn, Mo e Ni. Para estudar a decomposição da serapilheira acumulada, o material vegetal disposto na superfície do solo foi coletado com o auxílio de um gabarito. Com os dados de serapilheira produzida e acumulada foi estimada a taxa de decomposição e o tempo médio de renovação da serapilheira. As variações climáticas interferiram no aporte da serapilheira. No período seco e quente ocorreu maior deposição. Nesse estudo foram aportados 14.017,24 g ha⁻¹ ano⁻¹ de micronutrientes. Os micronutrientes Cu, Mn, Mo e Zn foram mais aportados nos períodos úmidos e no período seco os mais aportados foram Fe e Ni. A taxa de decomposição para os períodos úmidos foi em torno de 90% indicando que nesses períodos há rápida decomposição e consequente disponibilização dos nutrientes contidos na serapilheira para o ecossistema.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes em Floresta Atlântica; Nutrição Florestal; Taxa de decomposição de serapilheira.

MORAIS, YASMIM YATHIARA GOMES ARAÚJO. **Seasonality of the supply of micronutrients via litter in fragment of the Dense Ombrophilic Forest of the Lowlands, in the Zona da Mata of Pernambuco.** 2020. Advisor: Fernando José Freire. Co-advisor: Rosival Barros de Andrade Lima.

ABSTRACT

Litter is one of the main pathways for nutrients to enter and exit in forest ecosystems. The deposition of this organic material is influenced by climatic variations. The decomposition of litter is responsible for the release of nutrients to be reabsorbed by the root system of plants. Therefore, this study aimed to evaluate the seasonality of micronutrient input via litter in fragment of the Dense Ombrophilic Forest of the Lowlands, in the Zona da Mata of Pernambuco. The collection of litter was carried out monthly for a year in three different periods, being them: wet and cold; hot and dry; and wet and hot, through collectors installed in 15 central plots of the fragment. In the litter produced, the contents were determined and the contributions of the micronutrients Fe, Cu, Zn, Mn, Mo and Ni were calculated. To study the decomposition of the accumulated litter, the plant material disposed on the soil surface was collected with the aid of a template. With the data produced and accumulated litter, the decomposition rate and the average litter renewal time were estimated. The climatic variations interfered in the litter supply, in the dry and hot period there was a greater deposition. In this study 14,017.24 g ha⁻¹ year⁻¹ of micronutrients were added. The micronutrients Cu, Mn, Mo and Zn were higher in the wet periods and in the dry period the most contributed were Fe and Ni. The decomposition rate for the wet periods was around 90%, indicating that during these periods there is rapid decomposition and, consequently, the availability of the nutrients contained in the litter for the ecosystem.

Keywords: Nutrient cycling in the Atlantic Forest; Forest Nutrition; Litter decomposition rate.

1. INTRODUÇÃO

Nos ecossistemas florestais, a serapilheira disposta na superfície dos solos é a principal fonte de entrada de nutrientes que serão utilizados na manutenção da vegetação (MOURA et al., 2016). Esse material é composto por folhas, galhos, ramos, material reprodutivo, restos de animais, fragmentos não identificáveis, dentre outros (COSTA et al., 2010).

A deposição e produção da serapilheira é influenciada por diversos fatores bióticos e/ou abióticos, dentre eles: tipo de vegetação, altitude, latitude, variáveis climáticas, características do solo, dentre outros (PINTO et al., 2008).

Quando a serapilheira está disposta na superfície do solo forma-se uma camada orgânica que será responsável pela regulação da temperatura do solo, proteção contra os impactos das gotas de chuvas, processos erosivos, atenuação dos processos de lixiviação de nutrientes e compactação do solo, além de servir como abrigo para fauna e proteção do banco de sementes (COSTA et al., 2007; LIMA; FERRAZ; FERRAZ, 2013).

As diferentes variações de temperatura e precipitação pluviométrica que ocorrem no decorrer do ano interferem diretamente na deposição do material vegetal na superfície dos solos. Geralmente nos períodos quentes os indivíduos arbóreos tendem a perder sua folhagem em decorrência de mudanças em seu metabolismo aumentando a deposição da serapilheira. No entanto, nos períodos frios ocorre a renovação da folhagem e, conseqüentemente, a diminuição da deposição de serapilheira (MORAIS et al., 2019).

As espécies florestais que compõem as florestas úmidas não são caducifólias, geralmente elas substituem suas estruturas vegetativas e reprodutivas em decorrência das variações climáticas que ocorrem nos ecossistemas em que estão inseridas (PEDRO et al., 2019). Portanto, coletar material senescente na superfície dos solos é uma forma não destrutiva de estimar a produtividade e decomposição da serapilheira nos diferentes ecossistemas.

As florestas tropicais por serem ecossistemas que apresentam alta diversidade, a decomposição da serapilheira é uma importante fonte de entrada de nutrientes no solo nesses fragmentos. Essa decomposição liberará nutrientes que serão disponibilizados às plantas para serem reabsorvidos pelo sistema radicular, além de contribuir na redução da lixiviação (BRUN et al., 2013).

A ciclagem de nutrientes nas florestas tropicais é uma importante via de transferência de energia e nutrientes para todos os compartimentos florestais através da serapilheira (CARVALHO et al., 2019a). Embora a deposição da serapilheira seja um processo que exista nos diferentes ecossistemas florestais, a quantidade e qualidade do material produzido e sua taxa de decomposição varia conforme as características de cada ambiente (CARVALHO et al., 2019b).

É comum estudos com enfoque no aporte de serapilheira e estoque de macronutrientes nos ecossistemas florestais (ESPIG et al., 2009; LONGHI et al., 2011; LIMA et al., 2019). No entanto, a quantificação do estoque de micronutrientes é escasso na literatura (ALBUQUERQUE, 2017). A realização de estudos que englobem essa temática auxilia no entendimento sobre a ciclagem de micronutrientes nos diferentes ecossistemas florestais.

Portanto, esse estudo pretende responder aos seguintes questionamentos: (i) O aporte de micronutrientes via serapilheira é menor no período úmido, porém a decomposição é maior, ocorrendo maior liberação de nutrientes e, conseqüentemente, maior ciclagem nesse período? (ii) A ciclagem de micronutrientes se renova mais nos períodos úmidos do que secos?

Assim, esse estudo teve como objetivo avaliar a sazonalidade do aporte de micronutrientes via serapilheira em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Zona da Mata de Pernambuco.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área

O estudo foi realizado em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (IBGE, 2012), e com base nos parâmetros contidos na Resolução CONAMA nº 31, de 07/12/1994, a área é caracterizada em estágio sucessional médio. Possui 42 ha, situados entre as coordenadas geográficas (UTM 25L) 263220.263849, 263544 e 263967 de latitude, e 9054184, 9054442, 9053691 e 9053725 de longitude, pertencente a Usina Trapiche S/A, localizada no município de Sirinhaém, na região da Mata Sul em Pernambuco (Figura 1).

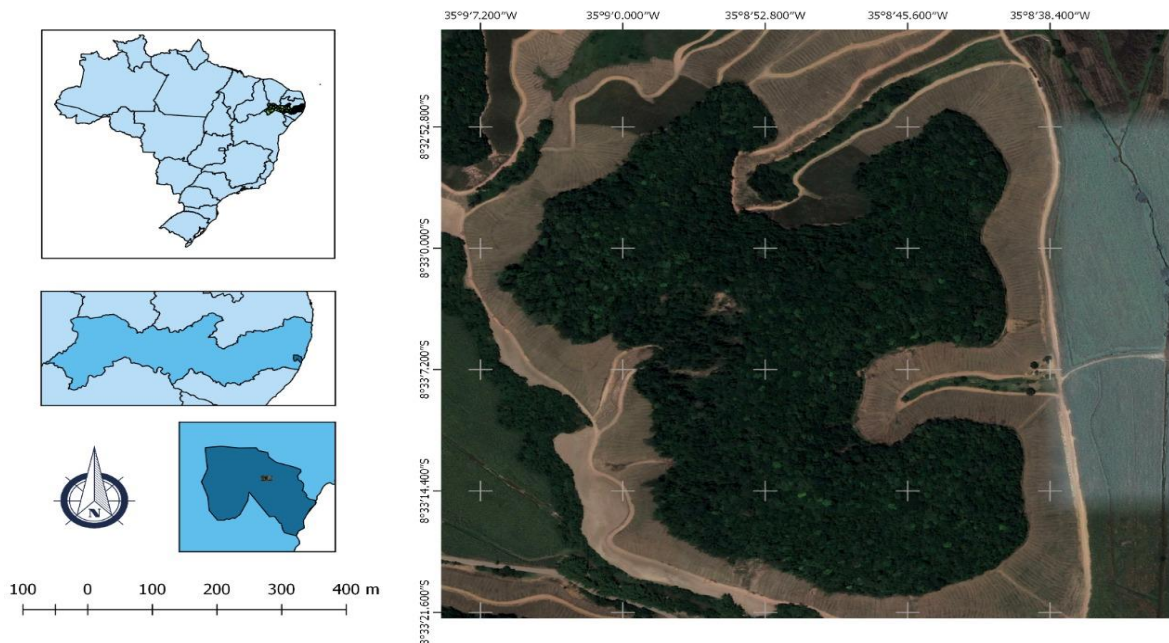


Figura 1. Localização geográfica do fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, localizada no município de Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.

A região, segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014), apresenta clima de monção do tipo Am, com temperatura média anual em torno de 25,6 °C. O período chuvoso estende-se de abril a setembro, e durante o período de coleta da serapilheira a precipitação pluviométrica acumulada foi de 1.449,2 mm (APAC, 2016).

A altitude média é de 60 m e os solos que predominam na área são do tipo: Latossolo Amarelo; Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-Amarelo; Argissolo

Acinzentado; Gleissolo; Cambissolo e Neossolos Flúvicos (SILVA et al., 2001; EMBRAPA, 2013).

O solo foi caracterizado quimicamente e as amostras foram coletadas em três profundidades (0,0 – 0,05 m; 0,05 – 0,20 m; 0,20 – 0,40 m) (Tabela 1). A amostragem constituiu na coleta de três amostras simples para formar uma amostra composta nas parcelas demarcadas para o estudo fitossociológico da área, conforme Lima (2017).

Tabela 1. Caracterização química do solo em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil

Atributos	Profundidade (m)		
	0,0 – 0,05	0,05 – 0,20	0,20 – 0,40
pH (H ₂ O)	3,88	4,10	4,53
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,30	0,12	0,05
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,83	0,46	0,40
K ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,06	0,05	0,04
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	1,69	1,37	1,02
(H+Al) (cmol _c dm ⁻³)	8,94	7,00	5,47
P (mg dm ⁻³)	1,37	1,30	1,10
SB (cmol _c dm ⁻³) ¹	1,19	0,63	0,49
Fe (mg dm ⁻³)	155,61	135,24	139,27
Cu (mg dm ⁻³)	1,82	1,81	1,87
Zn (mg dm ⁻³)	5,14	4,41	6,09
Mn (mg dm ⁻³)	9,92	8,79	9,39
Ni (mg dm ⁻³)	1,09	0,32	0,0
CTC potencial (cmol _c dm ⁻³) ²	10,13	7,63	5,96
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³) ³	2,88	2,00	1,51
V (%) ⁴	11,75	8,26	8,22
m (%) ⁵	58,86	68,50	67,55

¹Soma de bases; ²Capacidade de troca de cátions potencial; ³Capacidade de troca de cátions efetiva;

⁴Saturação por bases; ⁵Saturação por alumínio.

Fonte: Lima (2017).

2.2 Divisão e definição dos períodos climáticos

Os dados de temperatura média foram obtidos no Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e estimados em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude (CAVALCANTI; SILVA; SOUSA, 2006). Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos por meio da

APAC (2016). Os dados de pluviosidade e temperatura média anual em que se realizou o estudo foi dividido em três períodos, sendo eles: úmido e frio (junho/2014 a outubro/2014), quente e seco (novembro/2014 a fevereiro/2015) e úmido e quente (março/2015 a maio/2015) (Figura 2).

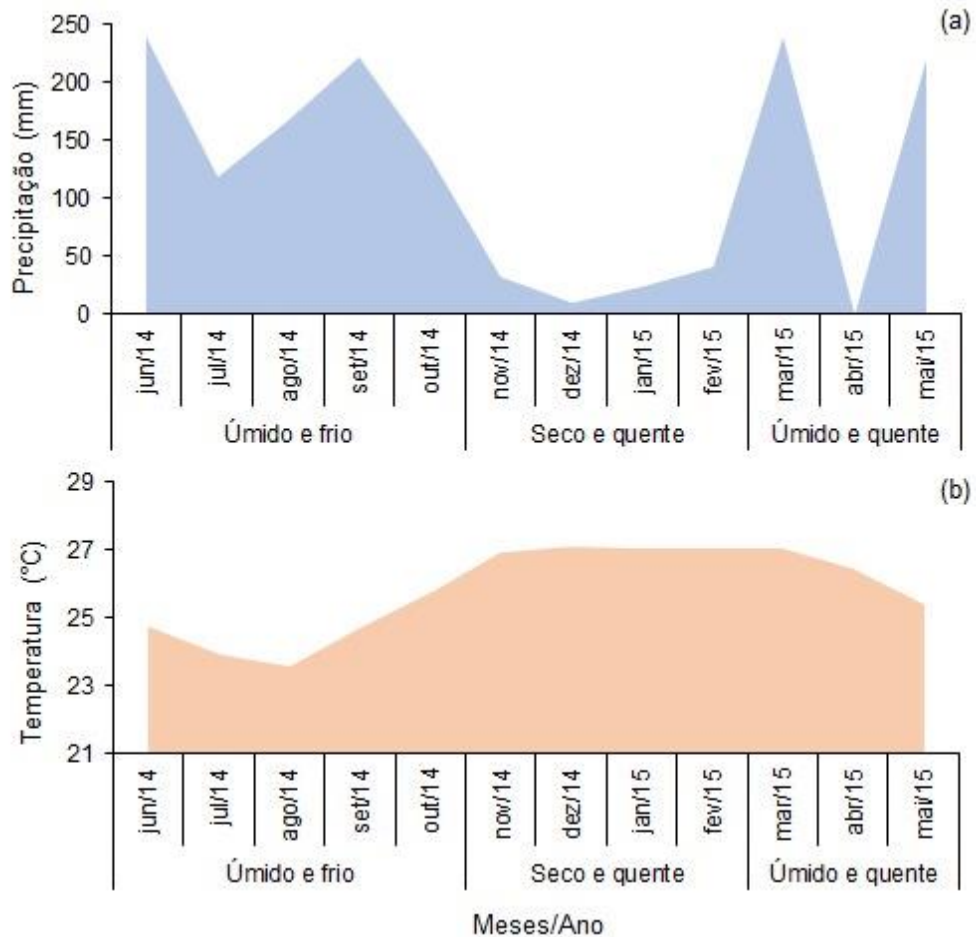


Figura 2. Precipitação pluviométrica (a) e temperatura média (b) durante o período experimental no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, localizada no município de Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.

2.3 Serapilheira produzida

Para coleta de material vegetal foram confeccionados coletores em tela de nylon com malha de um milímetro e paredes de 0,25 m de altura com dimensões de 1 m x 1 m (1 m² de área). Os coletores foram instalados centralizados dentro de cada parcela de maneira suspensa a cerca de 0,50 m do solo. Das 40 parcelas demarcadas para o estudo fitossociológico previamente realizado por Lima (2017), utilizaram-se apenas as 15 parcelas centrais para coleta de dados desse estudo. A

serapilheira produzida foi coletada durante cinco meses no período úmido e frio, quatro meses no período seco e quente e três meses no período úmido e quente. Os diferentes intervalos de tempo dos períodos foram baseados nos dados climáticos de precipitação pluviométrica e temperatura.

Foi considerado como serapilheira todo material depositado dentro dos coletores sem fracionamento. A produção foi quantificada utilizando a equação de Lopes et al. (2002):

$$PS = (\sum PMS \times 10.000) / Ac \quad (1)$$

Em que: PS é a produção de serapilheira por período ($\text{kg ha}^{-1} \text{ período}^{-1}$); PMS é o somatório da produção de massa de serapilheira no período (kg ha^{-1}); 10.000 é um fator de transformação de m^2 para hectare; Ac é a área do coletor (m^2).

A serapilheira produzida foi acondicionada em sacos de papel etiquetados e colocados em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de $65 \text{ }^\circ\text{C}$, até peso constante. Posteriormente, o material foi pesado para determinar o peso seco, moído, homogeneizado e acondicionado em frascos para posterior análise dos micronutrientes.

Os micronutrientes avaliados foram Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn. A extração de Cu, Fe, Zn, Mn, Mo e Ni foi por meio de digestão nitro-perclórica. A dosagem de Cu, Fe, Mn, Ni e Zn foi por meio de espectrofotometria de absorção atômica. O Mo foi dosado por colorimetria (EMBRAPA, 2009).

Para cálculo do aporte dos micronutrientes foram utilizados os dados de deposição da serapilheira de Lima (2017). Com base nesses resultados, estimou-se o aporte médio por período dos micronutrientes da serapilheira do fragmento.

2.4 Serapilheira depositada, estimativa de decomposição e tempo médio de renovação

A coleta da serapilheira depositada foi realizada utilizando-se um gabarito (moldura de madeira) de $0,30 \text{ m} \times 0,30 \text{ m}$. A amostragem dentro das parcelas foi realizada de forma diagonal em três pontos distintos. Das 40 parcelas demarcadas para o estudo fitossociológico previamente realizado só foram computados dados das 15 parcelas centrais (LIMA, 2017). A serapilheira depositada foi coletada no período úmido e frio (julho/setembro de 2014). Baseados em alguns trabalhos na literatura (FERNANDES et al., 2006; GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES;

BRITO, 2007; ESPIG et al. 2009), estimou-se que a média da serapilheira acumulada no período seco e quente foi 50% maior e no período úmido e quente foi 40% menor do que no período úmido e frio.

A taxa de decomposição da serapilheira foi estimada pela equação proposta por Olson (1963):

$$K = L/X_{ss} \quad (2)$$

Em que: K = Taxa de decomposição instantânea; L = Produção de serapilheira do período (kg ha⁻¹); X_{ss} = Média da serapilheira acumulada sobre o solo no período (kg ha⁻¹).

O valor K ou taxa de decomposição instantânea é a relação massa de serapilheira produzida/massa de serapilheira acumulada. (ANDERSON; INGRAM, 1989). A partir do valor de K foi calculado o tempo médio de renovação estimado por 1/K e os tempos necessários para que ocorra decomposição de 50% (t_{0,5}) e 95% (t_{0,05}) da serapilheira, estimados pela equação de Shanks e Olson (1961):

$$t_{0,5} = 0,693 / K \quad (3)$$

$$t_{0,05} = 3 / K \quad (4)$$

Em que: t_{0,5} = Tempo para que 50% da serapilheira seja decomposta, definido como tempo de meia-vida (anos); t_{0,05} = Tempo para que 95% da serapilheira seja decomposta (anos); K = Taxa de decomposição instantânea (kg ha⁻¹/ kg ha⁻¹).

2.5 Análise estatística

Os dados da deposição e decomposição de serapilheira, teores e aporte de Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn foram tratados estatisticamente, submetidos a análise de variância (ANOVA), considerando o teste F ao nível de 5% de probabilidade. Quando os efeitos apresentarem significância, realizou-se comparação entre médias pelo Tukey a 5% de probabilidade. Utilizou-se o SAEG para realização das análises estatísticas (EUCLYDES, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Variação do aporte de serapilheira

O aporte de serapilheira variou de acordo com os diferentes períodos, com maior aporte para o período seco e quente com $3.793,13 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. O período úmido e quente apresentou menor aporte com $1.765,77 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Figura 3). O aporte total da serapilheira nos três períodos foi $8.720,11 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

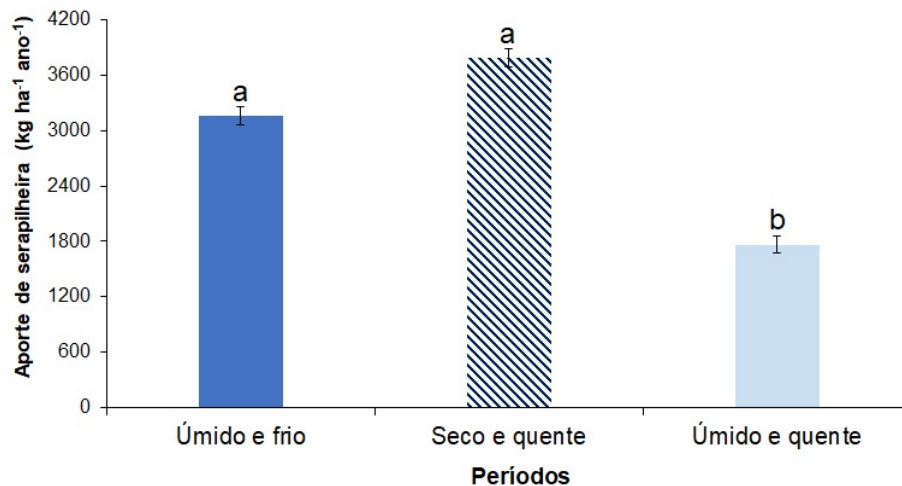


Figura 3. Aporte de serapilheira nos diferentes períodos climáticos anuais no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil. Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O período seco e quente não diferiu do úmido e frio. No entanto, a maior deposição ocorrida nesses períodos está relacionada com as variações climáticas que ocorrem na região (Figura 2), em decorrência do estresse hídrico e mudanças fisiológicas. Isso acontece, pois, visando diminuir a perda de água por transpiração, as espécies arbóreas perdem suas folhas e aportam mais serapilheira nesses períodos (SILVA et al., 2016).

Corrêa, Schumacher e Momolli (2016) quantificaram produção de serapilheira e encontraram $4.100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. No entanto, observaram variação conforme mudança das estações do ano, com maior deposição no verão (1.700 kg ha^{-1}) e menor no inverno (300 kg ha^{-1}). Esse trabalho foi realizado nos Pampas gaúchos, onde as variações climáticas são distintas, porém mostra a influência climática na deposição.

Sloboda et al. (2017), estudando o aporte de serapilheira e dinâmica de nutrientes em Floresta Atlântica no Paraná, relataram produção anual de 8.400 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Antoneli e Francisquini (2014), em fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Paraná, quantificaram o aporte de serapilheira e encontraram 8.099,60 kg ha⁻¹ ano⁻¹, resultados semelhantes a esse estudo. No entanto, Aryal et al. (2015), em Floresta Tropical no Sudoeste do México, encontraram uma variação no aporte de serapilheira de 5.200 a 7.100 kg ha⁻¹, variando de acordo com o estágio sucessional do fragmento.

O aporte total da serapilheira nos três períodos está dentro dos valores reportados por Golley et al. (1978) para florestas tropicais em todo mundo, em que os autores mostraram que pode haver uma variação de 4.000 a 25.000 kg ha⁻¹.

O fragmento estudado encontra-se em estágio sucessional médio e, segundo Gough et al. (2016), os ecossistemas florestais em estágios avançados de sucessão ecológica tendem a ter maior deposição de serapilheira. Esse fator pode estar relacionado a complexidade estrutural da vegetação, pois conforme a sucessão ecológica progride há mudanças na composição e diversidade das espécies.

3.2 Variação da decomposição da serapilheira depositada

A taxa de decomposição da serapilheira variou de acordo com os diferentes períodos climáticos (Figura 4). Os períodos úmido frio ou quente apresentaram taxas de decomposição semelhantes, além de serem as maiores com 0,91 e 0,84, respectivamente. Nesse fragmento de Floresta Atlântica, a temperatura não variou muito entre os períodos com variação máxima de 2 °C (Figura 2). Portanto, a umidade teve maior influência sobre a taxa de decomposição do que a temperatura, fazendo com que nos períodos úmidos a decomposição fosse semelhante e mais elevada.

Carvalho et al. (2019b) estudando o aporte e decomposição da serapilheira em floresta nativa, localizada em Vitória da Conquista – BA, encontraram uma taxa de decomposição de 1,02, semelhante ao resultado encontrado no período úmido e frio. Segundo Silva et al. (2014), os resíduos vegetais, a atividade microbiana e as condições ambientais influenciam diretamente na decomposição da serapilheira disposta no piso florestal.

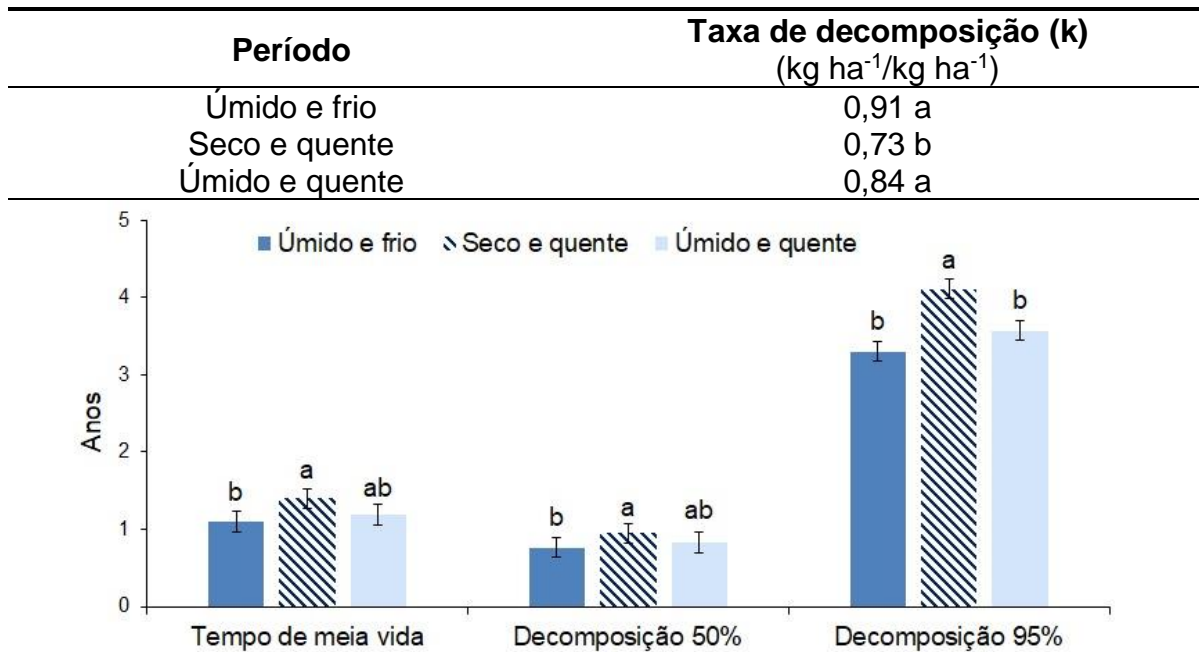


Figura 4. Taxa de decomposição e tempo de renovação da serapilheira nos diferentes períodos climáticos anuais no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil. Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A taxa de decomposição é expressa pela relação entre produção e acúmulo da serapilheira, no período seco e quente a produção, e acúmulo da serapilheira foi maior quando comparada com os outros períodos (Figura 3), conseqüentemente, obteve-se uma menor taxa de decomposição com 0,73 (Figura 4). Valor superior ao encontrado por Ferreira et al. (2019), em fragmento de Caatinga preservada na Paraíba, que relataram uma taxa de decomposição de 0,58. Na Caatinga, a umidade é menor e a taxa de decomposição também é menor em comparação com a taxa de decomposição de ambientes mais úmidos, como a Floresta Atlântica.

Em relação ao tempo médio de renovação da serapilheira, os períodos úmidos apresentaram os menores valores, ou seja, para esses períodos seriam necessários em torno de um ano para que a serapilheira estivesse toda renovada. Para que fosse decomposto 50% e 95% da serapilheira será necessário no período úmido e quente, 0,83 e em torno de 3,5 anos, respectivamente (Figura 4). O período seco e quente apresentou uma taxa de renovação da serapilheira superior a um ano. No período úmido e frio será necessário 0,76 e 3,30 anos para decompor 50% e 95% da serapilheira. No entanto, para o período seco e quente será necessário 0,95

e em torno de quatro anos para que a serapilheira seja decomposta 50% e 95, respectivamente (Figura 4).

Quando o período de renovação da serapilheira é inferior ou próximo a um ano, de acordo com Moraes (2002), isso mostra que o fragmento há alta produção de serapilheira nesse período e, conseqüentemente, rápida decomposição do material senescente. No entanto, geralmente há um favorecimento da decomposição da serapilheira nos períodos úmidos, pois proporcionam condições favoráveis para as atividades dos organismos decompositores (POWERS et al., 2009).

3.3 Variação sazonal dos teores de micronutrientes na serapilheira produzida

Os teores dos micronutrientes Cu, Mn e Mo na serapilheira foram influenciados pelos diferentes períodos climáticos anuais. No entanto, não ocorreu influência dos períodos para os teores de Fe, Zn e Ni (Tabela 2).

Tabela 2. Teores dos micronutrientes na serapilheira nos diferentes períodos climáticos anuais no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil

Períodos	Cu	Fe	mg kg ⁻¹			
			Mn	Mo	Zn	Ni
Úmido e frio	21,04 b	1.601,47	300,58 a	1,41 a	83,80	2,76
Seco e quente	27,79 b	1.198,67	199,35 b	0,74 b	56,56	3,40
Úmido e quente	64,34 a	799,15	314,29 a	1,15 ab	54,70	2,38
Média	37,72	1.199,80	271,41	1,10	65,02	2,85
F _{calculado}	10,19**	2,26 ^{ns}	6,84*	7,17*	2,06 ^{ns}	1,05 ^{ns}
CV (%)	43,25	49,71	19,77	25,79	39,04	39,41

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns não significativo.

O teor dos micronutrientes aportados na serapilheira durante os períodos obedeceu a seguinte ordem decrescente: Fe>Mn>Zn>Cu>Ni>Mo com 1.999,80; 271,41; 65,02; 37,72; 2,85 e 1,10 mg kg⁻¹, respectivamente (Tabela 2). Os valores encontrados de teor dos micronutrientes para serapilheira quando comparados com Albuquerque (2017) são elevados. Isto é explicado, pois o material não foi subdividido em frações, resultando em uma amostra composta do material aportado. Por exemplo, quando se observam os valores médios dos micronutrientes nas folhas das espécies, principalmente para o Ni, em que não foram observados teores desse

nutriente (Capítulo I), percebe-se que outras frações e não somente folha influenciaram no aumento do teor dos micronutrientes.

Os elevados valores de Fe encontrados na serapilheira são condizentes com a maior disponibilidade desse nutriente no solo do fragmento (Tabela 1). Segundo Albuquerque (2017), embora a fração folhas tenha maior predomínio na serapilheira, geralmente é a fração miscelânea que se destaca em relação ao teor dos micronutrientes. A autora observou elevados teores de micronutrientes na miscelânea em decorrência da heterogeneidade do material.

O período úmido e frio apresentou maiores teores de Fe, Mo e Zn. O período úmido e quente maiores teores de Cu e Mn (Tabela 2), ou seja, os dois períodos que foram observados altos índices pluviométricos (Figura 2A). Foi o período seco e quente que aportou mais serapilheira (Figura 3). No entanto, foi o período de menor concentração de Mn e Mo (Tabela 2).

Uma forma de explicar os baixos teores encontrados no período seco e quente é por meio dos processos de concentração e diluição dos nutrientes. O período quente e seco foi o que apresentou maior aporte de serapilheira (Figura 3), diluindo os micronutrientes Mn e Mo nessa maior biomassa produzida. Diferentemente dos períodos úmidos, em que ocorreu um menor aporte de serapilheira, concentrando esses micronutrientes.

O aumento dos índices pluviométricos e a diminuição das temperaturas (Figura 2) provocou um aumento da perda de folhagem das espécies florestais do fragmento. Com isso, o material disposto na superfície do solo tende a ser mais decomposto e, conseqüentemente, ocorrer maior liberação desses micronutrientes. Foi nos períodos úmidos que foram observados os maiores teores de Fe, Cu, Mn, Mo e Zn na serapilheira, o que corrobora com o processo de concentração, em que as menores biomassas concentram mais nutrientes (Tabela 2).

3.4 Variação sazonal do aporte de micronutrientes na serapilheira produzida

O aporte médio de nutrientes ocorreu conforme a seguinte ordem decrescente: Fe>Mn>Zn>Cu>Ni>Mo (Tabela 3). Observou-se que o aporte de Fe foi significativamente maior que o aporte de Mo. Portanto, o material vegetal aportado contribuiu de forma efetiva na ciclagem de Fe no fragmento e também para os elevados teores de Fe disponíveis encontrados no solo (Tabela 1).

Tabela 3. Aportes de micronutrientes na serapilheira nos diferentes períodos climáticos anuais no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil

Períodos	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Ni
	----- g ha ⁻¹ -----					
Úmido e frio	65,58	4.693,42 a	938,70	4,26 a	256,79 a	7,89 ab
Seco e quente	104,67	4.751,60 a	767,11	2,82 ab	224,59 a	12,88 a
Úmido e quente	117,46	1.414,13 b	553,82	2,06 b	95,12 b	4,34 b
Média	95,90	3.619,70	753,21	3,05	192,17	8,37
F _{calculado}	2,40 ^{ns}	4,80*	5,40 ^{ns}	8,36*	4,57*	7,24*
CV (%)	40,66	53,88	24,69	28,40	46,57	42,58

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns não significativo.

Durante o ano foram aportados 14.017,24 g ha⁻¹ de micronutrientes ao solo (Tabela 3). O Fe foi o mais aportado com 77,47% do aporte anual e o de menor aporte foi o Mo com apenas 0,07%. De acordo com Lima et al. (2019), o solo do fragmento apresenta baixa fertilidade natural (Tabela 1) e a ciclagem de nutrientes pode ser o principal responsável pela nutrição florestal do fragmento e as variações climáticas estão interferindo no aporte e decomposição da serapilheira.

Foi possível perceber que não ocorreu influência dos diferentes períodos no aporte de Cu e Mn. No entanto, o aporte de Fe Mo, Zn e Ni foi influenciado pelos períodos (Tabela 3). O período úmido e frio apresentou maior aporte para Mn, Mo e Zn, com 938,70; 4,26 e 256,79 g ha⁻¹, respectivamente. O período seco e quente o maior aporte foi para Ni com 12,88 g ha⁻¹ (Tabela 3).

O período úmido e quente foi o que apresentou menor aporte dos micronutrientes. Geralmente é no período úmido e quente onde ocorrem as maiores taxas de decomposição (LIMA et al., 2019). Esse fato acontece, em decorrência do menor aporte de serapilheira nesse período, pois a maior quantidade de material senescente foi aportada nos períodos anteriores, e o aumento na ciclagem desses micronutrientes. É um período favorável para ciclagem, pois há maior atividade dos microrganismos decompondo serapilheira acumulada de períodos anteriores e menos material vegetal sendo aportado no piso florestal.

A entrada de micronutrientes via serapilheira no fragmento pode estar relacionada com a distribuição do aporte desse material, quanto maior o aporte no período, maior será a chance de entrada dos nutrientes por meio da serapilheira ao solo (GIÁCOMO et al., 2012).

4. CONCLUSÃO

Em fragmentos de Mata Atlântica que dispõem de solo com baixa fertilidade, a serapilheira é importante via de entrada de nutrientes. Nesse estudo foram aportados $14.017,24 \text{ g ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de micronutrientes, com maior valor para o Fe.

As variações climáticas interferiram no aporte da serapilheira. No período seco e quente ocorreu maior deposição, e no período úmido e quente a deposição foi menor.

Os micronutrientes Cu, Mn, Mo e Zn foram mais aportados nos períodos úmidos, no entanto, para o período seco os micronutrientes mais aportados foram Fe e Ni.

A taxa de decomposição para os períodos úmidos foi em torno de 90%, indicando que nesses períodos há rápida decomposição e, conseqüente disponibilização dos nutrientes contidos na serapilheira para o ecossistema.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. S. **Sazonalidade do aporte e eficiência de utilização biológica de micronutrientes em espécies florestais da caatinga em Pernambuco**. 2017. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2017.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711 – 728, 2014.
- ANDERSON, J. N.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods**. Wallingford, CAB International, 1989. 171p.
- ANTONELI, V.; FRANCISQUINI, V. M. Influência de alguns dados meteorológicos na produção de serapilheira na FLONA (Floresta Nacional) de Irati – Paraná. **Revista Ambiência**. Guarapuava – PR, v. 10, supl. 1, p. 267 – 280, 2014.
- APAC – AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Boletim do clima: síntese climática**. 2016. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>. Acesso em: 05 set. 2018.
- ARYAL, D. R. et al. Successional and seasonal variation in litterfall and associated nutrient transfer in semi-evergreen tropical forests of SE Mexico. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [S.l.], v. 103, n. 1, p. 45 – 60, 2015.
- BRUN, E. J. et al. Crescimento e acúmulo de serapilheira em plantios homogêneos de *Luehea divaricata* Mart. e *Parapiptadenia rígida* (Benth.) Brenan no Sudoeste do Paraná. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v.1, n.3, p.125-132, 2013.
- CARVALHO, H. C. S. et al. Estoque de nutrientes na serapilheira acumulada em quatro tipos de vegetação no Cerrado em Goiás, Brasil. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria – RS, v. 7, n. 6, p. 1 – 11, 2019a.
- CARVALHO, F. F. et al. Litterfall and litter decomposition in *Pinus* and native forest. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 26, n. 3, p. 1 – 10, 2019b.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande – PB, v. 10, n. 1, p. 140 – 147, 2006.
- CORRÊA, R. S.; SCHUMACHER, M. V.; MOMOLLI, D. R. Deposição de serapilheira e micronutrientes ao longo das estações do ano em um plantio de eucalipto estabelecido sobre pastagem natural degradada no bioma pampa. **Scientia Florestalis**. Piracicaba – SP, v. 44, n. 110, p. 435 – 442, 2016.
- COSTA, C. C. A. et al. Produção de serapilheira na Caatinga da Floresta Nacional do Açú – RN. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre – RS, v. 5, n. 1, p. 246 – 248, 2007.

COSTA, C. C. A. et al. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na FLONA de Açú – RN. **Revista Árvore**. Viçosa – MG, v. 34, n. 2, p. 259 – 265, 2010.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas em solos, plantas e fertilizantes**. Editor técnico: Fábio César da Silva, 2ª ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação – SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

ESPIG, S. A. et al. Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serapilheira em fragmento de Mata Atlântica. **Revista Árvore**. Viçosa – MG, v. 33, n. 5, p. 949 – 956, 2009.

EUCLYDES, R. F. **SAEG – Sistema para Análises Estatísticas**. Versão 9.1. Viçosa, Fundação Arthur Bernardes, 2007.

FERNANDES, M. M. et al. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sábia (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na Flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 16, n. 2, p. 163 – 175, 2006.

FERREIRA, C. D. et al. Deposição, acúmulo e decomposição de serapilheira em área preservada de Caatinga. **Revista Agrarian**, Dourados – MS, v. 12, n. 44, p. 174 – 181, 2019.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v.31, n.1, p.1421-1428, 2007.

GIÁCOMO, R. G. et al. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de Cerradão e Mata Mesofítica na Estação Ecológica de Pirapitinga – MG. **Ciências Florestais**, Santa Maria – RS, v. 22, n. 4, p. 669 – 680, 2012.

GOLLEY, F. B. et al. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo – SP: Pedagógica e Universitária. 1978. 256 p.

GOUGH, C. M. et al. Disturbance, complexity, and succession of net ecosystem production in North America's temperate deciduous forests. **Ecosphere**, Washington, v. 7, n. 6, p. 1 – 15, 2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: CDDI/IBGE, 2012. 271 p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n.1). Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2018.

LIMA, W. P.; FERRAZ, S. F. B.; FERRAZ, K. M. P. M. Interações bióticas e abióticas na paisagem: uma perspectiva eco-hidrológica. In: CALIJURI, M. do C.; CUNHA, D. G. F. (Eds.). **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Elsevier, 2013. p. 215 – 244.

LIMA, R. B. A. **Estrutura, regeneração natural e ciclagem de nutrientes em Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Zona da Mata de Pernambuco**. 2017. 150 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2017.

LIMA, R. B. A. et al. Nutritional contribution of litter in Rainforest of Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Ontario, v. 11, n. 3, p. 254 – 266, 2019.

LONGHI, E. V. et al. Produção de serrapilheira e retorno de macronutrientes em três grupos florísticos de uma floresta ombrófila mista, RS. **Ciência Florestal**. Santa Maria – RS, v. 21, n. 4, p. 699 – 710, 2011.

LOPES, M. I. S. et al. Ciclagem de nutrientes minerais. In: SYSLVESTRE, L. S.; ROSA, M. M. T. (Ed.) **Manual metodológico para estudos botânicos na mata atlântica**. Seropédica: EDUR – UFRRJ, 2002. p. 72 – 102.

MORAES, R. M. Ciclagem de nutrientes na floresta do PEFI: produção e decomposição da serapilheira. In: BICUDO, D. C.; FORTI, M. C.; BICUDO, C. E. M. (Eds.). **Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo**. São Paulo – SP: Secretária do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2002. p. 133 – 142.

MORAIS, Y. Y. G. A. et al. Synchronism of production and degradation of litter in fragment of Dry Tropical Forest in Paraíba, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Ontario, v. 11, n. 6, p. 308 – 319, 2019.

MOURA, M. M. S. et al. Produção de serapilheira e suas frações em área da Caatinga no Semiárido Tropical. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, João Pessoa – PB, v. 3, n. 5, p. 199 – 208, 2016.

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, Washington, v. 44, n. 2, p. 322 – 331, 1963.

PEDRO, C. M. et al. Supplying and decomposition of burlap in a fragment of Cerrado Sensu Stricto. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 49, n. 2, p. 237 – 246, 2019.

PINTO, S. I. C. et al. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 32, n. 3, p. 545 – 556, 2008.

POWERS, J. S. et al. Decomposition in tropical forests: a pan-tropical study of the effects of litter type, litter placement and mesofaunal exclusion across a precipitation gradient. **Journal of Ecology**, Londres, v. 97, n. 4, p. 801 – 811, 2009.

SHANKS, R.; OLSON, J. S. First year breakdown of leaf litter in Southern Appalachian Forest. **Science**, Washington, v. 134, n. 3473, p. 194 – 195, 1961.

SILVA, F. B. R. et al. **Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco– Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária. 2001. 1 CD-ROM. (Documentos, n. 35).

SILVA, H. F. et al. Decomposição de serapilheira foliar em três sistemas florestais no Sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre – RS, v. 12, n. 3, p. 164 – 172, 2014.

SILVA, W. T. M. et al. Deposição de serapilheira em áreas de Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. **Agropecuária Científica no Semiárido**. Patos – PB, v. 12, n. 4, p. 383 – 390, 2016.

SLOBODA, B. et al. Litterfall and nutrient dynamics in a Mature Atlantic Rainforest in Brazil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 24, n. 1, 2017.

CAPÍTULO III

APORTE DE NUTRIENTES E SÓDIO VIA ESCOAMENTO PELO TRONCO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DAS TERRAS BAIXAS, NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

MORAIS, YASMIM YATHIARA GOMES ARAÚJO. **Aporte de nutrientes e sódio via escoamento pelo tronco de espécies arbóreas em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Zona da Mata de Pernambuco.** 2020. Orientador: Fernando José Freire. Coorientador: Rosival Barros de Andrade Lima.

RESUMO

A precipitação pluviométrica é a principal entrada de água nos ecossistemas florestais e o escoamento pelo tronco importante via de entrada de nutrientes nesses ecossistemas. Dessa forma, esse estudo teve como objetivo: avaliar a precipitação efetiva e o aporte de nutrientes e sódio via escoamento pelo tronco de espécies arbóreas em diferentes períodos de precipitação pluviométrica em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Zona da Mata de Pernambuco. A precipitação total e a precipitação interna foram mensuradas utilizando pluviômetros no interior e na borda do fragmento. Com base em levantamento fitossociológico foi determinada nove espécies com maior densidade absoluta no fragmento e selecionado três indivíduos, onde foram fixados coletores ao redor do tronco deles para coleta da água proveniente do escoamento pelo tronco. A água do escoamento pelo tronco foi medida em mililitros, medido o pH e a condutividade elétrica e determinado o aporte de K, P e Na. Por meio da precipitação total e escoamento pelo tronco foi calculada a precipitação efetiva. Foram registrados no fragmento uma precipitação total de 1.352,2 mm, sendo 29,57% precipitado no período menos chuvoso e 70,43% no mais chuvoso. O aporte de nutrientes e sódio proveniente do escoamento pelo tronco apresentou a seguinte ordem decrescente: Na>K>P. O escoamento pelo tronco das espécies florestais mostrou-se importante via de entrada de nutrientes nos ecossistemas florestais, principalmente de K, participando efetivamente da ciclagem de nutrientes.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes; Mata Atlântica; Precipitação pluviométrica.

MORAIS, YASMIM YATHIARA GOMES ARAÚJO. **Supply of nutrients and sodium via runoff through the trunk of tree species in a fragment of the Dense Ombrophilic Forest of the Lowlands, in the Zona da Mata of Pernambuco.** 2020. Advisor: Fernando José Freire. Co-advisor: Rosival Barros de Andrade Lima.

ABSTRACT

Rainfall is the main source of water in forest ecosystems and runoff through the trunk is an important pathway for nutrients to enter these ecosystems. Thus, the study aimed to: Evaluate the effective precipitation and the supply of nutrients and sodium via runoff through the trunk of tree species in different periods of rainfall in a fragment of the Dense Ombrophilic Forest of the Lowlands, in the Zona da Mata of Pernambuco. Total precipitation and internal precipitation were measured using rain gauges inside and at the edge of the fragment. Based on a phytosociological survey, nine species with the highest absolute density in the fragment were determined and three individuals were selected, and fixed collectors around the trunk in order to collect water from the outflow through the trunk. The water flowing through the trunk was measured in milliliters, pH and electrical conductivity were measured and the input of K, P and Na determined. Through total precipitation, effective precipitation and runoff, effective precipitation was calculated. They were recorded in the fragment total precipitation of 1,352.2 mm, being 29.57% of that total was precipitated in the least rainy season and 70.43% in the rainiest. The supply of nutrients and sodium from the flow through the trunk presented the following order decreasing: Na > K > P. Runoff through the trunk of forest species proved to be an important pathway for nutrients to enter forest ecosystems, mainly K, effectively participating in nutrient cycling.

Keywords: Nutrient cycling; Atlantic forest; Precipitation pluviometric.

1. INTRODUÇÃO

O ciclo hidrológico é responsável pela movimentação da água da chuva e as mudanças que ocorrem durante sua movimentação (QUEIROZ; OLIVEIRA, 2013). A precipitação pluviométrica nos ecossistemas florestais pode seguir duas vias: retorno à atmosfera por meio da evapotranspiração do ecossistema ou atingir a superfície do solo pelo escoamento pelo tronco (FREITAS et al., 2016).

A precipitação pluviométrica é a principal fonte de entrada de água nos ecossistemas florestais, participando efetivamente do ciclo hidrológico. Alguns fatores como radiação solar, gravidade e rotação terrestre influenciarão no fluxo de água proveniente da interação entre a superfície e a atmosfera (UCHIYAMA et al., 2018). Quantificar os regimes pluviométricos das diferentes regiões darão informações relevantes que auxiliam na gestão dos recursos hídricos, conservação dos solos e das florestas (JOHNSON; GREEN, 2018).

As vias hidrológicas nos ecossistemas florestais são responsáveis por conectar os compartimentos atmosfera, vegetação e solo, além de importante fonte de entrada de nutrientes (GERMER; WERTHER; ELSENBEEER, 2010). O regime hidrológico interfere na quantidade de água que entrará nos ecossistemas. No entanto, é o caminho que a água irá percorrer que determinará sua composição química e sua contribuição na ciclagem de nutrientes (BORMANN; LIKENS, 1967; NEILL et al., 2006).

A precipitação interna é a fração precipitada que ultrapassa a copa das árvores e atinge o piso florestal, diretamente ou por meio de gotejamento ocasionado pela interação com a vegetação do meio (LIMA; BOURSCHEIDT; TANAKA, 2018). As variações estruturais que ocorrem nas florestas podem influenciar na quantidade de precipitado que atinge a superfície dos solos, como também, a quantidade de nutrientes que serão depositados (SHACHNOVICH; BERLINER; BAR, 2008; KOWALSKA et al., 2016).

O escoamento pelo tronco refere-se à água da chuva que estava retida temporariamente na copa das árvores somada com a que atinge os troncos e escoando chegando ao solo (OLIVEIRA JÚNIOR; DIAS, 2005). Embora seja em pequenas quantidades, a água do escoamento pelo tronco nos ecossistemas florestais participa de forma efetiva na ciclagem dos nutrientes (LORENZON; DIAS; TONELLO, 2015).

A precipitação e o escoamento pelo tronco podem variar dentro do ecossistema, entre fragmentos e/ou dentro do mesmo fragmento. Isso dependerá do estágio de regeneração e das espécies. O estudo dessas variáveis permite comparar as diferenças que ocorrem nos fragmentos e a influência que as espécies exercem nesses locais (LORENZON; DIAS; LEITE, 2013).

A variabilidade e heterogeneidade da distribuição da precipitação e escoamento pelo tronco nos fragmentos e, conseqüentemente na ciclagem dos nutrientes é influenciada pela grande diversidade de espécies das florestas tropicais, que pode ocasionar elevada incidência de *drippoints*, ou seja, pontos de gotejamento (MOURA et al., 2012).

Estudar as diferentes formas de entrada de nutrientes nos ecossistemas florestais, principalmente nas florestas tropicais são de grande valia, visto que são ambientes que geralmente apresentam baixa reserva nutricional e/ou solos ácidos (CHANG et al., 2017). A ciclagem de nutrientes pela precipitação e escoamento pelo tronco é proveniente da entrada de nutrientes que estão na atmosfera. As espécies são responsáveis por reter partículas trazidas pelo vento em suas folhas. Assim, com os eventos e a precipitação pluviométrica, os nutrientes retidos nessas partículas podem ser lixiviados, escorrerem pelo tronco e serem infiltrados no solo (DINIZ et al., 2013).

Sendo assim, esse estudo testou a seguinte hipótese: a entrada de nutrientes via escoamento pelo tronco deve se diferenciar por espécie e pela diferença sazonal da quantidade de água que é precipitada no ecossistema, contribuindo significativamente para ciclagem de nutrientes.

Com isso, este estudo teve como objetivo: avaliar a precipitação efetiva e o aporte de nutrientes e sódio via escoamento pelo tronco de espécies arbóreas em diferentes períodos de precipitação pluviométrica em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Zona da Mata de Pernambuco.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área

O estudo foi realizado em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (IBGE, 2012), e com base nos parâmetros contidos na Resolução CONAMA nº 31, de 07/12/1994, a área é caracterizada em estágio sucessional médio. Possui 42 ha, situado entre as coordenadas geográficas (UTM 25L) 263220.263849, 263544 e 263967 de latitude, e 9054184, 9054442, 9053691 e 9053725 de longitude, pertencente à Usina Trapiche S/A, localizada no município de Sirinhaém, na região da Mata Sul em Pernambuco (Figura 1).

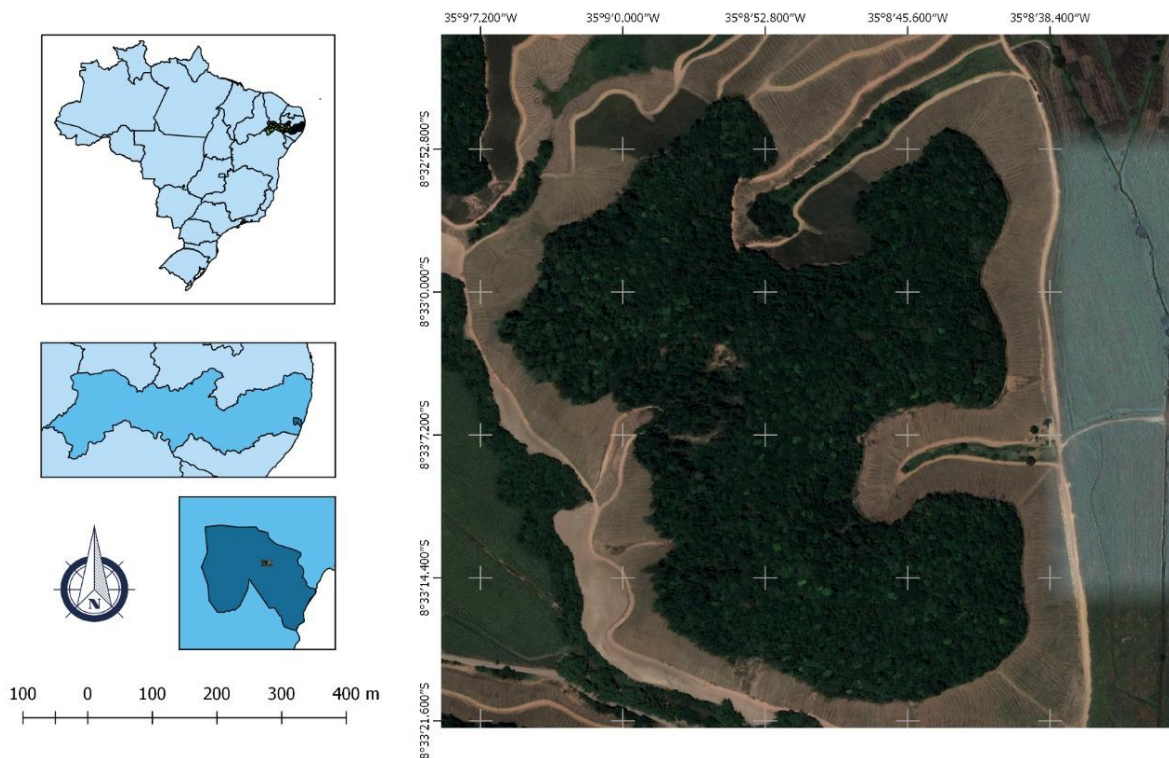


Figura 1. Localização geográfica do fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, no município de Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.

A região segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013) apresenta clima de monção do tipo Am, com temperatura média anual em torno de 25,6° C. O período chuvoso estende-se de abril a setembro (APAC, 2020).

A altitude média é de 60 m e os solos que predominam na área são do tipo: Latossolo Amarelo; Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-Amarelo; Argissolo

Acinzentado; Gleissolo; Cambissolo e Neossolos Flúvicos (SILVA et al., 2001; EMBRAPA, 2013).

2.2 Períodos climáticos

O período de desenvolvimento do estudo foi de março a agosto/2019, caracterizado como o período de maior incidência de chuvas na Zona da Mata de Pernambuco. De acordo com a APAC (2020), nesse período a precipitação pluviométrica acumulada em Sirinhaém foi de 1.800,2 mm e a temperatura média variou de 28,5° C a 25,7° C (Figura 2).

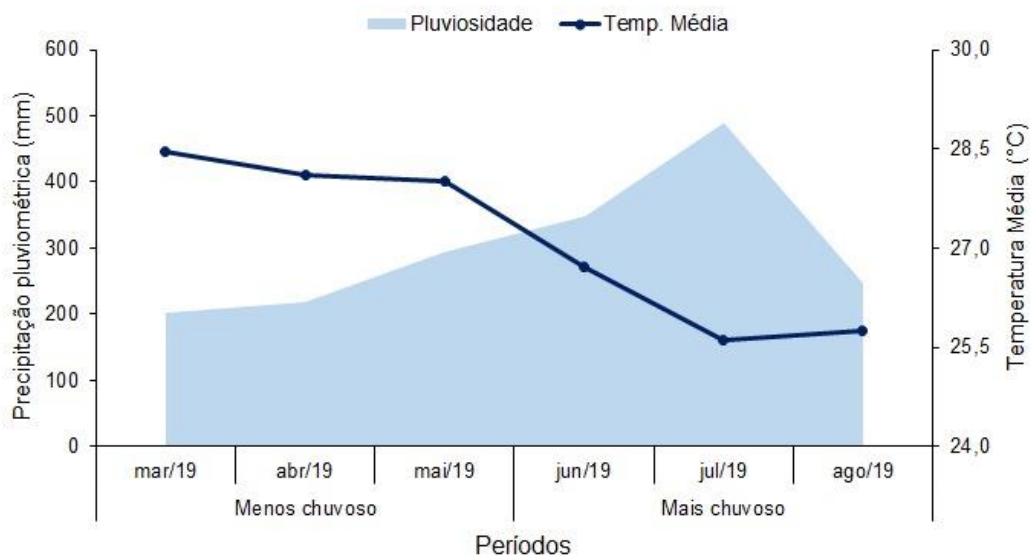


Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal e temperatura média durante o período experimental e definição dos períodos mais e menos chuvosos durante o inverno no município de Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.

Com base nos dados de precipitação pluviométrica o período chuvoso dessa região foi dividido em dois períodos, sendo eles: menos chuvoso (março a maio/2019) e mais chuvoso (junho a agosto/2019).

2.3 Espécies florestais

Com base no levantamento fitossociológico realizado por Lima (2017) foram determinadas nove espécies arbóreas que apresentaram maiores densidades absolutas (DA) no fragmento (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies de maior densidade absoluta (DA) no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil

Espécies	Família	DA ¹ (Ind ha ⁻¹)	Altura média (m)	DAP médio (cm)
<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	Anacardiaceae	246	8,17	0,34
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Burseraceae	134	8,90	0,44
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	68	11,77	0,69
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Mart. ex Miers	Lecythidaceae	52	7,00	0,30
<i>Myrcia sylvatica</i> (G.Mey.) DC.	Myrtaceae	43	6,72	0,22
<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Moraceae	39	5,97	0,23
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) Rusby	Moraceae	36	8,34	0,30
<i>Casearia javitensis</i> Kunth	Salicaceae	35	6,37	0,24
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	Araliaceae	33	11,15	0,50
∑ dos indivíduos	-	686	-	-

¹ Densidade absoluta.
Fonte: Lima (2017).

2.4 Precipitação total e precipitação interna

A precipitação total (PT) foi registrada pela instalação de um interceptômetro, aproximadamente 200 m fora do fragmento florestal (Figura 3). Para mensurar a precipitação interna (PI) foram instalados sob o dossel na área central do fragmento dois interceptômetros.

Os interceptômetros utilizados foram constituídos de um funil captador feito com garrafa PET e um reservatório com capacidade para armazenar 5 L de água, instalados a 1,5 m acima da superfície do solo. A coleta de dados foi realizada mensalmente, medida em mililitros utilizando uma proveta graduada de 1.000 mL. A quantidade de PT e PI foi calculada, de acordo com Diniz et al. (2013), utilizando a expressão:

$$h = (V/S) * 10 \quad (1)$$

Em que: h é a altura da lâmina de água precipitada (mm); V é o volume de água de chuva (cm³); S é a área de abertura do funil (cm²); e 10 é um fator para ajuste de unidades.



Figura 3. Interceptômetro instalado para captação da precipitação total e precipitação interna no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.

2.5 Escoamento pelo tronco e precipitação efetiva

A quantificação do escoamento pelo tronco (ET) foi realizada no inverno nos dois períodos: menos chuvoso e mais chuvoso, de março a agosto/2019, nas nove espécies que apresentaram maiores DA no fragmento. Foram selecionados três indivíduos de cada espécie, perfazendo um total de 27 coletores. Esses indivíduos selecionados apresentaram diâmetro à altura do peito (DAP) semelhante à média do DAP de todos os indivíduos daquela espécie (Tabela 1).

Para isso, foi desenvolvido um sistema coletor fixado ao redor do caule dos indivíduos selecionados, utilizando-se uma mangueira plástica de uma polegada, cortada no sentido longitudinal. Formou-se uma calha coletora com a finalidade de captar o montante escoado (Figura 4). As calhas coletoras foram fixadas em forma de espiral, acompanhando a circunferência dos troncos das árvores. O material foi fixado com pregos e utilizado cola de silicone para vedação. A água da chuva captada foi direcionada para recipientes plásticos com capacidade para armazenar até 5 L de água, posicionados verticalmente e fixados ao solo (Figura 4). Esses procedimentos metodológicos foram adaptados de Moura et al. (2009).



Figura 4. Sistema coletor utilizado para captar o escoamento pelo tronco das espécies florestais no fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.

A água proveniente do ET foi medida em mililitros utilizando uma proveta graduada de 1.000 mL e, posteriormente, retirado uma alíquota para análise da composição química da água. Foram determinados os valores de pH, condutividade elétrica (CE), K, P e Na. O Na e o K foram estudados porque em áreas costeiras são relatados muitos sais de Na e K, em detrimento de Ca e Mg, além da elevada capacidade de lixiviação destes elementos devido a suas elevadas solubilidades. O P foi estudado porque o solo do fragmento era muito pobre em P e o aporte via escoamento pelo tronco pode ser uma via de elevada importância na ciclagem desse nutriente. O K e Na foram determinados utilizando-se fotômetro de chama e o P pelo método colorimétrico (TEDESCO et al., 1995).

A conversão do ET em milímetros de água foi realizada pela média do volume armazenado nos reservatórios e um fator de conversão igual a 14,58 m². O fator de conversão foi calculado em função da densidade populacional e estimado dividindo-se o tamanho da área experimental, onde foram instaladas as 40 parcelas de 10 m x 25 m para realização do estudo fitossociológico (1 ha), pelo número de indivíduos das nove espécies selecionadas (Tabela 1), conforme Silva et al. (2018). Com a

obtenção dos dados referentes a PI e o ET foi possível calcular a precipitação efetiva (PE), conforme Diniz et al. (2013), pela equação:

$$PE = PI + ET \quad (2)$$

Em que: PE é a precipitação efetiva (mm); PI é a precipitação interna (mm); ET é o escoamento pelo tronco (mm).

Para mensurar o ET por espécie em cada período ($L\ ha^{-1}$), obteve-se a média do ET em litros dos indivíduos da espécie e multiplicou-se pelo número de indivíduos da espécie por hectare. O ET total por período foi calculado pelo somatório do ET das espécies.

Em decorrência da capacidade limitada dos recipientes colocados para armazenar a água proveniente do ET foi observado que em alguns eventos chuvosos os recipientes transbordaram. A capacidade de armazenamento dos recipientes foi estimada com base nas médias históricas de precipitação pluviométrica. No entanto, no mês de julho de 2019 as chuvas ultrapassaram as médias históricas (Figura 2), causando transbordo de alguns recipientes. Conforme Lorenzon, Dias e Tonello (2015), ao transbordar, pode ocorrer uma subestimação da capacidade de ET das espécies, sugerindo que essa captação de água pode ser muito maior. No entanto, como no estudo haviam monitorados três indivíduos por espécie em cada período, foi eliminado o recipiente onde ocorreu transbordo.

2.6 Análise estatística

Os dados foram testados quanto à normalidade e homoscedasticidade, pressupostos necessários para a análise de variância (ANOVA), usando os testes Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) e Levene (BROWN; FORSYTHE, 1974), respectivamente, ambos com um nível de probabilidade de 5%. Posteriormente, foi realizada análise de variância (ANOVA) nos dados do ET, pH, CE e aporte de K, P e Na, considerando o teste F ao nível de 5% de probabilidade. Quando observadas significâncias entre os efeitos principais e/ou as interações, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Quando os coeficientes de variação (CV) apresentaram valores superiores a 30, foi realizada a transformação dos dados ($\sqrt{X + 1}$). Utilizou-se o SAEG para realização das análises estatísticas (EUCLYDES, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Precipitação total, precipitação interna, escoamento pelo tronco e precipitação efetiva

Durante o período de estudo foi registrada no município de Sirinhaém uma precipitação total de 1.800,2 mm (Figura 2). No entanto, no fragmento registrou-se uma precipitação total de 1.352,2 mm, dos quais 29,57% (399,9 mm) foram registrados no período menos chuvoso e 70,43% (952,3 mm) no período mais chuvoso (Figura 5).

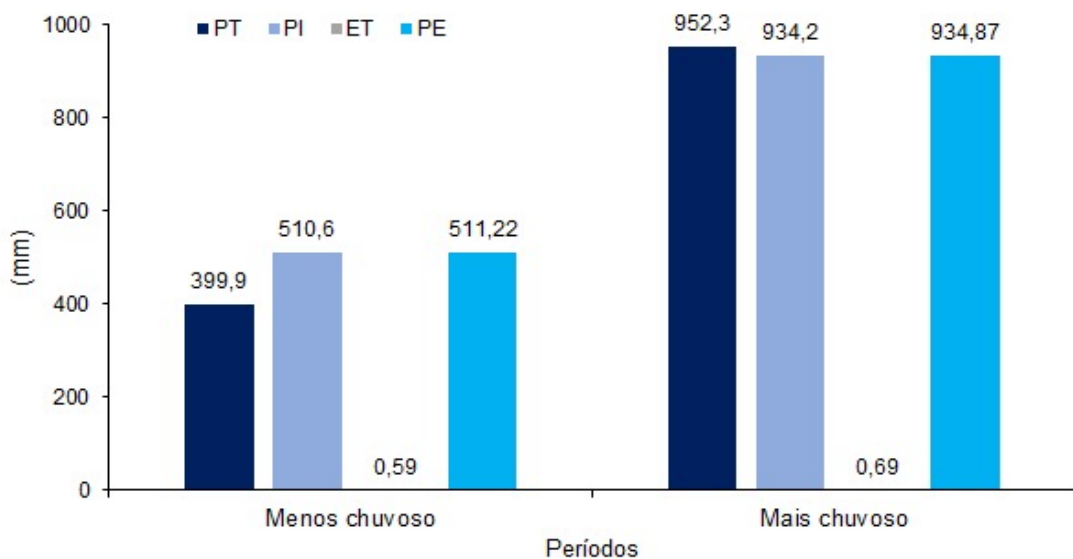


Figura 5. Precipitação total (PT), Precipitação Interna (PI), Escoamento pelo tronco (ET) e Precipitação efetiva (PE) em diferentes períodos de precipitação pluviométrica em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.

A precipitação interna (PI) foi superior a precipitação total (PT) no fragmento no período menos chuvoso, apresentando diferença de 110,7 mm em relação a PT. No entanto, no período mais chuvoso ocorreu o inverso, a PT foi 18,1 mm superior a PI (Figura 5). O comportamento da variação entre a PT e a PI, principalmente no período mais chuvoso observado nesse estudo também foi constatado em outros estudos (KELLMAN; ROULET, 1990; MOURA et al., 2009; IZIDIO et al., 2013; TONELLO et al., 2014), e pode ser explicado por alguns fatores, dentre eles:

distância e diferença de altitude entre os interceptômetros (MOURA et al., 2009); maior umidade na copa das árvores durante o período mais chuvoso, permitindo que seja rapidamente alcançada a capacidade máxima de armazenamento, favorecendo a PI (MELO NETO et al., 2019).

Adicionalmente, no período menos chuvoso a temperatura foi maior do que no período mais chuvoso (Figura 2), fazendo com que houvesse maior evaporação da água armazenada no interceptômetro colocado fora do fragmento pela incidência direta do sol, enquanto que o interceptômetro colocado dentro do fragmento esteve sempre protegido pela copa das árvores, minimizando os efeitos diretos dos raios solares. No período mais chuvoso houve uma maior uniformidade da temperatura dentro e fora do fragmento, reduzindo o efeito da evaporação na mensuração dos interceptômetros.

Em relação ao escoamento pelo tronco (ET), nota-se que em relação aos períodos, o aumento de um período para outro foi mínimo, representando uma pequena fração da PT, sendo 0,59 mm para o período menos chuvoso e 0,69 mm para o mais chuvoso (Figura 5). O período mais chuvoso apresentou uma precipitação efetiva (PE) de 54,68% maior que o período menos chuvoso e representou 98,17% da PT desse período (Figura 5).

Moura et al. (2012), em estudo realizado na bacia do Prata, em Recife – PE, durante dois períodos, constataram que o período chuvoso apresentou um maior ET quando comparado ao período pouco chuvoso, com 5,3 e 1,0 mm, respectivamente. Os autores relataram que o grau de umedecimento da copa das árvores e as características das chuvas, atrelado a temperatura, umidade do ar, radiação solar e velocidade dos ventos podem contribuir para a diferença entre períodos.

Os valores de PE encontrado por Tonello et al. (2014) foram superiores aos resultados encontrados nesse estudo no período menos chuvoso. Segundo esses autores, a PE é influenciada pela cobertura vegetal, sendo a copa das árvores responsável pelo amortecimento e direcionamento das gotas de chuva, chegando na superfície dos solos com menor velocidade, causando menos impacto.

3.2 Escoamento pelo tronco das espécies florestais

Durante o período do estudo, o ET de todas as espécies foi de 1.990,36 e 2.359,29 L ha⁻¹ para os períodos menos chuvoso e mais chuvoso, respectivamente (Figura 6).

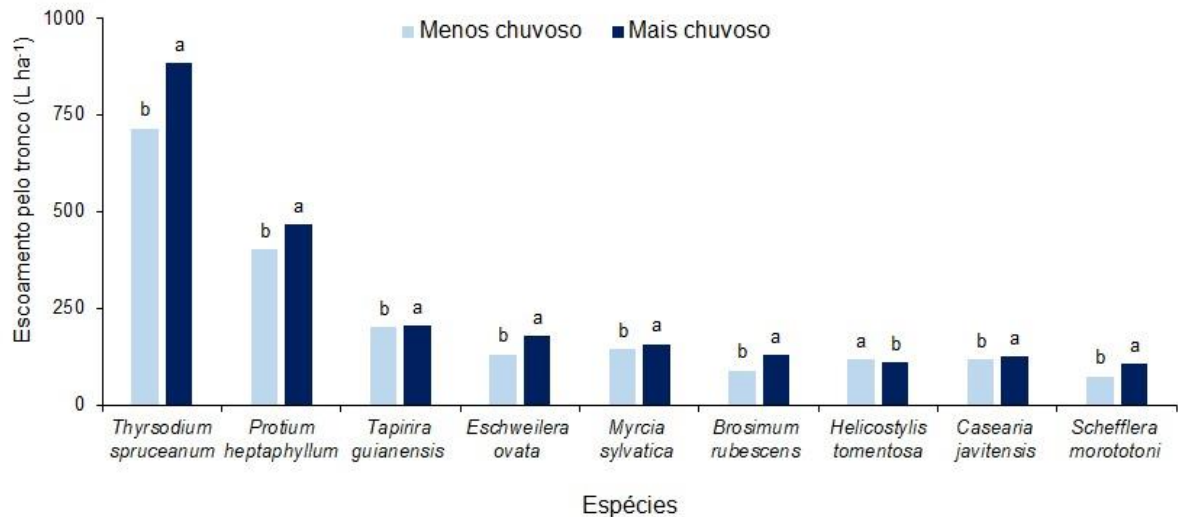


Figura 6. Escoamento pelo tronco das espécies florestais nos diferentes períodos de precipitação pluviométrica em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.

O ET se diferenciou entre as espécies, sendo maior no período mais chuvoso, com exceção do ET da *Helicostylis tomentosa* que apresentou comportamento diferente das demais espécies. No período menos chuvoso essa espécie apresentou um maior ET quando comparado com o mais chuvoso, com 116,88 e 110,12 L ha⁻¹, respectivamente (Figura 6).

A *Thyrsodium spruceanum* foi a espécie que apresentou maior ET nos dois períodos, com 714,08 e 882,87 L ha⁻¹, para os períodos menos chuvoso e mais chuvoso, respectivamente. A *Schefflera morototoni* e a *Brosimum rubescens* apresentaram menor escoamento no período menos chuvoso. No entanto, para o período mais chuvoso apenas a *Schefflera morototoni* apresentou menor escoamento (Figura 6).

A *Helicostylis tomentosa* apresentou comportamento diferenciado em relação ao ET entre as espécies, por serem árvores de grande porte com alturas superiores a 30 m, fuste reto e uma copa com até 12 m (ARRUDA; FERRAZ, 2008). No fragmento, essa espécie foi uma das que apresentou maior altura média dentre as

estudadas (Tabela 1). A altura dos indivíduos juntamente com o fuste retilíneo nessa espécie pode explicar o maior ET no período menos chuvoso, pois a água das chuvas interceptada pela copa foi facilmente escoada, proporcionando que chegasse à superfície dos solos sem ocorrer tantas perdas no período menos chuvoso, quando comparada com as outras espécies.

As características estruturais de conformação de copa da espécie *Thyrsodium spruceanum*, por ser uma espécie que apresenta uma copa alongada e aberta, favoreceu o fluxo de água (Figura 6), proporcionando maior ET nos períodos menos e mais chuvosos, destacando-se entre todas as espécies.

3.3 Aporte de nutrientes e sódio via escoamento pelo tronco

O aporte de nutrientes via ET obedeceu a seguinte ordem decrescente: Na>K>P (Tabela 2). O aporte de Na via ET apresentou interação entre espécie e período. Para o K ocorreu apenas diferença entre as espécies. E, para o P ocorreu diferença entre as espécies e os períodos (Tabela 2).

O aporte de Na apresentou uma média dentre as espécies de 3,54 g ha⁻¹ e uma variação de 1,10 a 15,35 g ha⁻¹. O aporte de P ocorreu em menor quantidade para todas as espécies, variando de 0,023 a 0,358 g ha⁻¹ (Tabela 2).

O *Thyrsodium spruceanum* foi a espécie que mais aportou nutrientes no fragmento via ET, com 4,81, 0,36 e 15,35 g ha⁻¹ para K, P e Na, respectivamente (Tabela 2). Espécies como o *Protium heptaphyllum*, *Eschweilera ovata*, *Brosimum rubescens* e *Helicostylis tomentosa* também se destacaram quanto ao aporte de nutrientes via ET (Tabela 2).

Tabela 2. Aporte de nutrientes e sódio via escoamento pelo tronco, pH e condutividade elétrica da água do escoamento das diferentes espécies florestais em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil

Espécies	pH		Média	CE ³ ($\mu\text{S cm}^{-1}$)		Média	K (g ha ⁻¹)		Média	P (g ha ⁻¹)		Média	Na (g ha ⁻¹)		Média
	Período			Período			Período			Período			Período		
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II			
<i>T. spruceanum</i>	6,43	6,52	6,47 A	45,07	54,77	49,92 C	4,35	5,26	4,81 A	0,04	0,68	0,36 A	9,72 Ab	20,98 Aa	15,35
<i>P. heptaphyllum</i>	5,70	6,18	5,94 A	32,61	48,72	40,66 C	1,41	1,84	1,62 B	0,02	0,04	0,05 B	3,06 Ca	3,53 Ca	3,30
<i>T. guianensis</i>	5,04	5,84	5,44 B	40,44	48,40	44,42 C	0,80	0,65	0,72 C	0,0	0,06	0,03 B	1,40 Eb	2,21 Ea	1,81
<i>E. ovata</i>	6,07	6,11	6,09 A	60,68	84,57	72,63 B	0,76	1,21	0,99 C	0,01	0,06	0,04 B	2,89 Db	3,60 Da	3,24
<i>M. sylvatica</i>	6,00	6,02	6,01 A	35,20	44,28	39,74 C	0,55	0,54	0,55 C	0,01	0,05	0,03 B	1,01 Gb	1,98 Ga	1,50
<i>B. rubescens</i>	5,21	5,68	5,45 B	42,08	57,41	49,75 C	0,29	0,55	0,42 C	0,08	0,05	0,07 B	0,76 Ib	1,39 Ia	1,08
<i>H. tomentosa</i>	6,54	6,37	6,46 A	108,45	103,24	105,85 A	2,09	1,53	1,81 B	0,01 b	0,06	0,04 B	3,37 Bb	2,31 Ba	2,84
<i>C. javitensis</i>	5,47	4,87	5,17 B	58,67	80,97	69,82 B	0,58	0,39	0,48 C	0,0	0,06	0,03 B	1,06 Fb	2,20 Fa	1,63
<i>S. morototoni</i>	5,60	5,53	5,56 B	54,02	53,52	53,77 C	0,91	0,79	0,85 C	0,01	0,04	0,02 B	0,98 Hb	1,23 Ha	1,10
Média	5,78	5,90		53,03 b	63,99 a		1,30	1,42		0,02 b	0,13 a		2,69	4,38	
	F														
E ⁴	6,73***			5,99***			13,32***			2,80*			53,08***		
P ⁵	0,86 ^{ns}			5,59*			0,01 ^{ns}			18,28***			18,35***		
E x P	1,40 ^{ns}			0,32 ^{ns}			0,35 ^{ns}			1,43 ^{ns}			3,66**		
CV (%)	2,68			14,85			15,05			12,86			10,97		

¹Período menos chuvoso; ²Período mais chuvoso; ³Condutividade elétrica; ⁴Espécie; ⁵Período.

Médias semelhantes seguidas por letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferiram pelo teste de F e Scott-Knott a 5% de probabilidade.

*, ** e *** significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns} não significativo

Os elevados estoques de Na encontrados nas espécies podem ser explicados pela proximidade que a área de estudo encontra-se com o mar, influenciando, assim, na quantidade de Na encontrado no ET, proveniente dos ventos salinos vindos do mar e depositados nas superfícies das árvores. Além de que, esses elevados valores podem servir de alerta, pois podem prejudicar o crescimento inicial dos regenerantes em fragmentos florestais próximos ao mar, principalmente quando esses regenerantes forem constituídos de espécies pouco tolerantes a salinidade.

O K também tem uma característica de ser bastante transportado pelos ventos e é um nutriente facilmente lixiviado, pois não está presente nas partes estruturais das células vegetais. Portanto, espera-se uma elevada deposição e lixiviação (DINIZ et al., 2013). As baixas concentrações de P na água são esperadas pois esse nutriente tem baixa concentração em ambientes tropicais e sua ciclagem é predominantemente por meio da deposição da serapilheira (LIMA et al., 2019).

Quando comparamos o estoque dos nutrientes via ET com o encontrado na biomassa foliar do estudo realizado por (LIMA et al., 2018) no mesmo fragmento e com as mesmas espécies foi possível perceber que a contribuição dessa via de ciclagem é pequena, porém importante, principalmente para o crescimento de espécies no extrato regenerativo. Espécies como *Myrcia sylvatica* e *Brosimum rubescens* apresentaram menores estoques de P e K (LIMA et al., 2018), o que também foi constatado para o ET em que o *Brosimum rubescens* obteve o menor aporte de K dentre todas as espécies estudadas (Tabela 2).

As baixas concentrações de nutrientes encontradas pelo ET podem ser explicadas pela presença de musgos e líquens nos troncos das árvores, pois eles acabam absorvendo os nutrientes impedindo que cheguem à superfície dos solos (DAWOE; BARNES; OPPONG, 2018). Embora não seja frequentemente a realização de estudos quantificando os nutrientes presentes no ET, é notória sua contribuição para a ciclagem de nutrientes nos ecossistemas. Luna-Robles et al. (2019) realizando estudo em Linares, México, constataram que a contribuição via ET foi considerável com 0,80 e 6,40% de macro e micronutrientes, respectivamente.

Em relação ao pH foi observado variação apenas entre as espécies. No entanto, para CE ocorreu variação entre as espécies e entre os períodos (Tabela 2). Dentre as espécies, a *Helicostylis tomentosa* se destacou em relação as demais por seu elevado pH e CE (Tabela 2). Observou-se também que a tonalidade amarelada da água proveniente do ET influenciou no maior o valor da CE, com destaque para a

Helicostylis tomentosa e a *Eschweilera ovata* com 105,85 e 72,63 $\mu\text{S cm}^{-1}$, respectivamente (Tabela 2; Figura 7).



Figura 7. Tonalidade da água proveniente do escoamento pelo tronco das espécies florestais em fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Sirinhaém, Pernambuco, Brasil.

Das espécies que apresentaram a água via ET amarelada o *Brosimum rubescens* e a *Helicostylis tomentosa* são da família Moraceae, o *Thyrsodium spruceanum* da família Anacardiaceae e a *Eschweilera ovata* da Lecythidaceae (Tabela 1; Figura 7).

Neste estudo, a tonalidade da água que escorreu pelo tronco das espécies apresentou colorações diferentes. Um fator que pode ter influenciado nessa tonalidade da água proveniente do ET das espécies foi a morfologia das folhas, porque é nas folhas que fica aderido partículas provenientes da atmosfera carregadas de nutrientes, e conforme os eventos chuvosos aconteciam ocorria a lixiviação dessas partículas. Correlações entre características morfológicas foliares que favoreçam essa adesão e a quantidade de nutrientes que escorre pelo tronco poderão explicar adequadamente essa diferença entre espécies.

As variações encontradas em relação ao pH e CE podem ter acontecido, segundo Luna-Robles et al. (2019), pois conforme os eventos chuvosos acontecem há a lixiviação de sais minerais que estavam depositados na folhagem das árvores. Os autores encontraram valores semelhantes de CE como nesse estudo, em que se destacaram as espécies *Acacia farnesiana*, *Leucaena leucocephala* e *Casimiroa greggii* com 155,13, 129,10 e 125,34 $\mu\text{S cm}^{-1}$, respectivamente.

4. CONCLUSÃO

O escoamento pelo tronco das espécies florestais se diferenciou por espécie e teve pouca influência do período chuvoso, e mostrou-se importante via de entrada de nutrientes nos ecossistemas florestais, principalmente de K, participando efetivamente da ciclagem de nutrientes.

Espécies como *Thyrsodium spruceanum*, *Protium heptaphyllum* e *Helicostylis tomentosa* são indicadas para locais com baixa disponibilidade desses nutrientes, principalmente K porque podem aportar quantidades consideráveis desse nutriente para o ecossistema.

O aporte de nutrientes e Na via escoamento pelo tronco apresentou a seguinte ordem: Na>K>P. O elevado aporte de Na pode ser explicado pelo fragmento encontrar-se próximo a área litorânea.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711 – 728, 2014.
- APAC – AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Boletim do clima** síntese climática. 2020. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>. Acesso em: 13 jan. 2020.
- ARRUDA, Y. M. B. C.; FERRAZ, I. D. K. Ilharé-da-folha-peluda, *Helicostylis tomentosa* (Poepp. & Endl.) Rusby. In: FERRAZ, I. D. K.; CAMARGO, J. L. C. (Eds.). **Manual de sementes da Amazônia**. INPA: Manaus – AM. 2008. Fascículo 6. 12p.
- BORMANN, F. H.; LIKENS, G. E. Nutrient cycling. **Science**. Washington, v. 155, n. 3761, p. 424 – 429, 1967.
- BROWN, M. B.; FORSYTHE, A. B. Robust test for equality of variances. **Journal of the American Statistical Association**, [S. l.], v. 69, n. 346, p. 364 – 367, 1974.
- CHANG, C. T. et al. Precipitation controls on nutrient budgets in subtropical and tropical forests and the implications under changing climate. **Advances in Water Resources**, [S.l.], v. 103, n. 1, p. 44 – 50, 2017.
- DAWOE, E. K.; BARNES, V. R.; OPPONG, S. K. Spation-temporal dynamics of gross rainfall partitioning and nutrient fluxes in shaded-cocoa (*Theobroma cocoa*) systems in a tropical semi-deciduous forest. **Agroforestry Systems**, [S.l.], v. 92, n. 2, p. 397 – 413, 2018.
- DINIZ, A. R. et al. Precipitação e aporte de nutrientes em diferentes estádios sucessionais de Floresta Atlântica, Pinheiral – RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 23, n. 3, p. 389 – 399, 2013.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação – SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- EUCLYDES, R. F. **SAEG – Sistema para Análises Estatísticas**. Versão 9.1. Viçosa, Fundação Arthur Bernardes, 2007.
- FREITAS, J. P. O. et al. Net precipitation in a semideciduous forest fragment in Viçosa city, MG. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 40, n. 5, p. 793 – 801, 2016.
- GERMER, S.; WERTHER, L.; ELSENBEEER, H. Have we underestimated stemflow? Lessons from an open tropical rainforest. **Journal of Hydrology**, [S.l.], v. 395, n. 3 – 4, p. 169 – 179, 2010.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: CDDI/IBGE, 2012. 271 p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 1). Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2018.

IZIDIO, N. S. C. et al. Interceptação da chuva pela vegetação da caatinga em microbacia no semiárido cearense. **Revista Agro@ambiente**, Boa Vista – RR, v. 7, n. 1, p. 44 – 52, 2013.

JOHNSON, F.; GREEN, J. A comprehensive continent-wide regionalization investigation for daily design rainfall. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, [S.l.] v. 16, n. 1, p. 67 – 79, 2018.

KELLMAN, M.; ROULET, N. Stemflow and throughfall in a tropical dry forest. **Earth Surface Processes Landforms**, Danvers, v. 15, n. 1, p. 55 – 61, 1990.

KOWALSKA, A. et al. Spatial variability of throughfall in a stand of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) with deciduous admixture as influenced by canopy cover and stem distance. **Journal of Hydrology**, Amsterdã, v. 538, n. 1, p. 231 – 242, 2016.

LIMA, R. B. A. **Estrutura, regeneração natural e ciclagem de nutrientes em Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Zona da Mata de Pernambuco**. 2017. 150 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2017.

LIMA, R. S. de; BOURSCHEIDT, V.; TANAKA, M. O. Relationships between rainfall and throughfall in a secondary forest in southeastern Brazil: an evaluation of different statistical models. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre – RS, v. 23, n. 16, p. 1 – 14, 2018.

LIMA, R. B. A. Nutritional efficiency of plants as an indicator of forest species for the restoration of forests, Brazil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba – SP, v. 46, n. 119, p. 415 – 426, 2018.

LIMA, R. B. A. et al. Nutritional contribution of litter in Rainforest of Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Ontario, v. 11, n. 3, p. 254 – 266, 2019.

LORENZON, A. S.; DIAS, H. C. T.; LEITE, H. G. Precipitação efetiva da chuva em um fragmento florestal com diferentes estágios de regeneração. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 37, n. 4, p. 619 – 627, 2013.

LORENZON, A. S.; DIAS, H. C. T.; TONELLO, K. C. Escoamento da água da chuva pelo tronco das árvores em uma Floresta Estacional Semidecidual. **Revista Árvore**. Viçosa – MG, v. 39, n. 3, p. 423 – 430, 2015.

LUNA-ROBLES, E. O. et al. Nutrient input via gross rainfall, throughfall and stemflow in scrubland species in northeastern Mexico. **Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente**, Chapingo, v. 25, n. 2, p. 235 – 251, 2019.

MELO NETO, J. O. et al. Comportamento físico da precipitação interna em um povoamento de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 29, n. 3, p. 1215 – 1226, 2019.

MOURA, A. E. S. et al. Interceptação das chuvas em um fragmento de floresta da mata atlântica na bacia do Prata, Recife – PE. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 33, n. 3, p. 461 – 469, 2009.

MOURA, A. E. S. S. et al. Precipitação efetiva nos períodos chuvoso e pouco chuvoso em um fragmento de Mata atlântica, Recife – PE. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre – RS, v. 17, n. 7, p. 7 – 16, 2012.

NEILL, C. et al. Deforestation alters the hydraulic and biogeochemical characteristics of small lowland Amazonian streams. **Hydrological Processes**, [S.l.], v. 20, n. 12, p. 2563 – 2580, 2006.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore**. Viçosa – MG, v. 29, n. 1, p. 9 – 15, 2005.

QUEIROZ, A. T.; OLIVEIRA, L. A. Relação entre produção e demanda hídrica na bacia do Rio Uberabinha, estado de Minas Gerais, Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia – MG, v. 25, n. 1, p. 191 – 204, 2013.

SHACHNOVICH, Y.; BERLINER, P. R.; BAR, P. Rainfall interception and spatial distribution of throughfall in a pine forest planted in an arid. **Journal of Hydrology**, Amsterdã, v. 349, n. 1 – 2, p. 168 – 177, 2008.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality. **Biometrika**, Cary, v. 52, n. 3 – 4, p. 591 – 611, 1965.

SILVA, F. B. R. et al. **Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco– Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária. 2001. 1 CD-ROM. (Documentos, n. 35).

SILVA, A. C. F. et al. Distribution of Rainwater by species of caatinga vegetation. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 13, n. 41, p. 2239 – 2248, 2018.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2ª. ed. rev. e amp. Porto Alegre – RS: UFRGS, 1995. 174 p. il. (Boletim técnico, 5).

TONELLO, K. C. et al. Precipitação efetiva em diferentes formações florestais na Floresta Nacional de Ipanema. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 38, n. 2, p. 383 – 390, 2014.

UCHIYAMA, R. et al. The impacts of “urban-induced heavy rains” on the distribution of deposition fluxes of inorganic acidic substances in the Tokyo metropolitan area in summer. **Atmospheric Research**, [S.l.], v. 200, n. 1, p. 109 – 116, 2018.

CONCLUSÕES GERAIS

Estudos que englobam a eficiência nutricional das espécies florestais embora pouco estudados são importantes, pois indicam as espécies que melhor se adaptam e podem ser utilizadas em projetos de restauração florestal. Os micronutrientes foram utilizados de maneira diferenciada pelas espécies, com destaque para o Mo que, embora tenham sido observados baixos teores, foi o nutriente em que as espécies utilizaram de forma mais eficaz. Em contrapartida, o Fe não foi um nutriente utilizado eficientemente, pois o solo do fragmento oferecia grande disponibilidade desse nutriente.

O aporte de micronutrientes na serapilheira mostrou que o Fe continuou em destaque, mostrando que além dos elevados valores encontrados no solo, a serapilheira também contribuiu de forma elevada para disponibilidade desse nutriente. Um fato importante é o aporte do Ni na serapilheira. Este nutriente não foi observado nas folhas das espécies, mostrando que a serapilheira é uma importante via de entrada do Ni nesses fragmentos, visto que os solos dispõem de baixa disponibilidade desse nutriente.

Foram nos períodos úmidos em que a serapilheira apresentou maior taxa de decomposição, auxiliando na disponibilização dos micronutrientes para o fragmento. Por isso que nos períodos úmidos geralmente são encontrados maiores aportes de micronutrientes.

Por fim, outra importante via de entrada de nutrientes no fragmento dá-se por meio do escoamento pelo tronco. Embora ocorra em pequenas proporções, essa via participa efetivamente na ciclagem de nutrientes, principalmente do K. Além do que a quantidade de água escoada pelo tronco é diferenciada entre as espécies, mostrando que as espécies atuam e participam de forma distinta na ciclagem desses nutrientes.