

CLARISSA SOARES FREIRE

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA E
DO GRADIENTE DE ALTITUDE EM FLORESTA TROPICAL SECA**

RECIFE
Pernambuco – Brasil

Julho – 2018

CLARISSA SOARES FREIRE

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA E DO
GRADIENTE DE ALTITUDE EM FLORESTA TROPICAL SECA**

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

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

RECIFE
Pernambuco – Brasil
Julho – 2018

CLARISSA SOARES FREIRE

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA E DO
GRADIENTE DE ALTITUDE EM FLORESTA TROPICAL SECA**

APROVADA em 30/07/2018

Banca Examinadora:

Prof. Dr. – Luiz Carlos Marangon
Departamento de Ciências Florestais – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. – Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira
Departamento de Ciências Florestais – Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Dra. – Izabel Cristina de Luna Galindo

Orientador:

Prof. Dr. Fernando José Freire
Departamento de Agronomia – Universidade Federal Rural de Pernambuco

RECIFE-PE

Julho/2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

F866c Freire, Clarissa Soares.
Ciclagem de nutrientes em função da sazonalidade climática
e do gradiente de altitude em floresta tropical seca / Clarissa Soares
Freire. – Recife, 2018.
159 f.: il.

Orientador(a): Fernando José Freire.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais,
Recife, BR-PE, 2018.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Eficiência de utilização biológica 2. Serapilheira
3. Conteúdo de nutrientes 4. Ciclo biológico 5. Savana-Estépica
I. Freire, Fernando José, orient. II. Título

CDD 634.9

A minha família. Meus pais, Almir José Freire e Célia Soares Freire. Irmãos, Raíssa Soares Freire e Hugo Soares Freire e a minha avó, Edna Noberto Soares. Exemplos de caráter e honestidade. Pelo apoio, preocupação e incentivo que sempre demonstraram durante toda a minha vida acadêmica. Compartilhando momentos de luta, glórias, angústias, ausência. Norte para que eu pudesse vencer mais essa prova. Pelo amor que a distância só fez fortalecer.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus – único, eterno, imutável, imaterial, onipotente, soberanamente justo e bom, infinito em todas as perfeições – que em ato de misericórdia nos permitiu retornar, vida após vida, para fins de evolução moral e intelectual. A Ele pela oportunidade e privilégio de concluir mais um ciclo profissional.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) pelo amparo, por toda a experiência de vida e crescimento profissional proporcionados, de Graduada a Doutora.

Ao Programa de Pós-Graduação Ciências Florestais (PGCF), em especial as Prof^{as}. Ana Lúcia Patriota Feliciano e Lúcia de Fátima C. Chaves, pela coordenação do Programa durante meu Doutorado. A secretária, Juliana Pereira pela disponibilidade. Pela infraestrutura, apoio e recursos recebidos. Pelo seu corpo docente, principalmente, aos professores Luiz Carlos Marangon e Ana Lúcia P. Feliciano. Ainda, a Lúcia de Fátima C. Chaves e José A. Aleixo da Silva. E, ao professor Flávio Adriano Marques da EMBRAPA Solos. A eles, pelos conhecimentos dedicados e compartilhados.

Ao meu orientador, Fernando José Freire, pela confiança, orientação, respeito à docência, dedicação, paciência e incentivo, exemplo a seguir.

Ao CNPq pelo financiamento parcial do Projeto guarda-chuva “Energia de biomassa em Pernambuco: Impactos ambientais e alternativas sustentáveis, o PROMASSA” ao qual essa Tese é parte e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) também pelo financiamento parcial do PROMASSA e pela bolsa de doutorado concedida.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), Estação Experimental de Araripina, pela infraestrutura à disposição, em especial, ao seu supervisor José Alves Tavares e ao funcionário Osmínio. À professora Serliete Shineider e ao agrônomo Mário Marques pelo empenho junto aos proprietários rurais pela cessão das áreas para essa pesquisa.

Aos proprietários rurais, Waldomiro Pereira, José Alencar e Sebastião pela cessão das áreas para realização dessa pesquisa. Aos mateiros Prachedes, Sebastião, Daniel Pereira e Joel Pereira. E, aos então alunos da Faciagra, Rômulo Santos e Guthierry Sousa. Por todo ensinamento sobre a Caatinga e disposição ao trabalho.

Ao Cenapesq da UFRPE pela orientação, concessão do uso de equipamentos e vidrarias. Principalmente ao seu diretor, o prof. Dr. Carlos Guaraná e aos técnico-administrativos, Marcelo Andrade, José Júlio Ferreira Júnior e a Patrícia Souza.

Ao LAMEP/ITEP, em especial a Wanderson dos Santos Sousa, pela confiança, disponibilidade e cessão dos dados climáticos.

Ao Laboratório de Química do Solo, coordenado pela Prof^a. Maria Betânia dos Santos Galvão Freire, exemplo de profissionalismo. A todos que por lá passaram, da graduação a pós. Em especial, à Danúbia Lima, Patrícia Karla de Andrade, Ruthanna Oliveira, Monaliza Alves, Flávio José, Alcione Guimarães, Hidelblandi Farias, Jannyele Lemos, Emanuelle da Silva, Guilherme, Ariane Márcia, Weydson Cavalcante, César Borges e os estagiários Bruno Souza, Jéssica Dionísio,

Fernanda Santos, Robson Hortêncio, Maércio Medeiros. Além de Vanessa Dina, Aglair Cardozo e Talmo Henrique. A todos esses pelos momentos agradáveis de convivência e exemplos de perseverança.

Ao Laboratório de Microbiologia do solo, coordenado pelo Prof. Newton Stamford, pela concessão do uso de equipamentos e vidrarias. Em especial, a Emmanuella da Silva e Wagner Oliveira.

A todos os discentes do PGCF, principalmente, aos colegas de disciplinas Maria José Leite, Tamires Leal, Alciência Albuquerque, Fernanda Galvão, Alberto Villaseñor, Raianny Souza, Joselane Silva, Lyanne Alencar, Jordânia Xavier e José Nailson Barros.

A Glauber Sousa, pela paciência, companheirismo, grande incentivo e estímulo em tudo que me proponho a executar. Pelo carinho e amor por todos os dias, sejam tranquilos ou difíceis, compartilhando todas as reflexões e sentimentos, por vezes contraditórios, inerentes a essa fase profissional. Por tornar essa jornada menos pesada.

A Mere Sousa, Everaldo Trajano, Everton Sousa, Maielly Leite, Laura Sousa e Regina Gomes. Pela acolhida e apoio.

As minhas amigas, em especial, a Laura Bezerra e Renata Silva pelos momentos de amizade, confidências, conselhos e companheirismo ao longo dos anos.

À equipe “Chapadão”, composta por mim, Jéssica Cunha, Wedson Batista e José Edson Torres. Pela experiência inesquecível de desbravar a Caatinga, pelos ensinamentos, disposição e amizade. Pilares para a construção dessa Tese.

À Edilane Assunção, pessoa indispensável a confecção dessa Tese. Pela alegria em ter alguém tão dedicada a esse projeto. Que, embora seja de uma área tão distante das Agrárias, está sempre disposta ao aprendizado. E, certamente, será uma excelente professora de Química ou de qualquer outra coisa que queira alçar.

À Dayane Silva pela confiança, superação e dedicação. E, a todos os bolsistas e PAVIs que contribuíram com as análises laboratoriais, ao seu tempo. À Márcio Henrique, Matheus Araújo, Mirella Paes, Danilo Teles, José Guilherme, Héllen Silva e Kassia Ataíde.

À Pedro Gabriel C. de Lucena por ser mais que um técnico de laboratório. Por sua incrível perseverança de crescimento profissional, dedicação à Química e ao Laboratório de Química do Solo. Pela ajuda irrestrita as análises laboratoriais, orientação e amizade.

À Ane Cristine Fortes da Silva pela grande colaboração em campo, fundamental a Tese.

Aos professores, doutores, mestres e funcionários que direta ou indiretamente e outras pessoas aqui não mencionadas que contribuíram para realização desta obra.

Uma Tese desenvolvida a muitas mãos.

Muito obrigada!

“Novas folhas, novas flores.
Na infinita bênção do recomeço.”
Chico Xavier

FREIRE, CLARISSA SOARES. **Ciclagem de nutrientes em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude em floresta tropical seca**. 2018. Orientador: Fernando José Freire.

RESUMO GERAL

O desenvolvimento sustentável da região do Araripe, em Pernambuco, deve ser pautado na conservação dos seus recursos naturais. Seu domínio nativo é a floresta tropical seca (Caatinga) que tem por principal característica climática períodos prolongados de estiagem, além de apresentar áreas sob altitudes elevadas. Essa pesquisa objetivou avaliar a nutrição florestal e a ciclagem de nutrientes em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude em fragmentos de floresta tropical seca. Os fragmentos localizam-se no município de Araripina/PE e foram classificados em três ambientes, conforme altitude: Baixada (<600 m), Encosta (600 a 750 m) e Chapada (>750 m). As avaliações ocorreram durante os períodos úmido, úmido-seco, seco e seco-úmido entre os anos de 2016 e 2017, classificados de acordo com a precipitação pluviométrica mensal histórica do município nos últimos 20 anos. Em cada ambiente, foi realizado o levantamento fitossociológico para definir as cinco espécies de maior densidade absoluta. Nos períodos seco e úmido, foram determinados no solo o pH e os teores de COT, N, P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺. Em folhas, foram determinados os teores de N, P, K, Ca e Mg e calculados seus conteúdos e a eficiência de utilização biológica desses nutrientes. Também, foram instaladas 20 parcelas por ambiente, onde se quantificou a produção e o acúmulo de serapilheira. Nas suas frações mais representativas, foi determinado o teor e calculado o aporte de N, P, K, Ca e Mg e estimada a taxa de decomposição da serapilheira acumulada e seus tempos de renovação. Outrossim, com base nos estoques de N, P, K, Ca e Mg na biomassa foliar, na fração foliar da serapilheira produzida e no solo, para cada ambiente, avaliou-se o ciclo biológico desses nutrientes por meio dos índices de absorção, utilização e ciclagem. A eficiência de utilização biológica de nutrientes foi concentrada em poucas espécies em solo mais fértil e, em solos menos férteis, compartilhada entre as espécies. Os teores de COT e dos nutrientes se concentraram durante o período seco e na camada superficial do solo. A capacidade de absorver nutrientes foi compartilhada entre as espécies no período seco e concentrada em uma única espécie no período úmido. Em relação a serapilheira, sua produção foi influenciada pelo gradiente de altitude, de caráter sazonal, com acréscimos no período seco. Seu acúmulo foi maior na Baixada. A concentração e o aporte das frações mais representativas da serapilheira produzida e acumulada apresentaram a ordem decrescente: Ca>N>K>Mg>P. Além disso, o período seco comprometeu a decomposição da serapilheira acumulada que, na Baixada, se decompõe lentamente. No período úmido, os tempos de decomposição foram mais elevados para a Chapada. No seco, para a Baixada. A fração a galhos e cascas é a que permanece por mais tempo no piso florestal. Quanto ao ciclo biológico dos nutrientes, a Encosta apresentou os maiores índices de absorção e utilização. A ciclagem dos cátions K, Ca e Mg foi maior na Baixada, enquanto que para o N e o P, na Chapada. A Baixada foi o ambiente com mais elevado índice de ciclagem.

Palavras-chave: eficiência de utilização biológica; serapilheira; conteúdo de nutrientes; ciclo biológico; Savana-Estépica

FREIRE, CLARISSA SOARES. **Nutrient cycling as a function of climatic seasonality and altitude gradient in dry tropical forest.** 2018. Advisor: Fernando José Freire.

GENERAL ABSTRACT

The sustainable development of the Araripe region, in Pernambuco, Brazil, should be based on the conservation of its natural resources. The native domain of this area is the dry tropical forest (Caatinga) which has as main climatic characteristic long periods of drought in addition to present areas of high altitudes. This research aimed to evaluate forest nutrition and nutrient cycling as a function of climatic seasonality and altitude gradient in fragments of dry tropical forest. The fragments are located in the municipality of Araripina/PE and were classified in three environments, according to altitude: Lowland (<600 m), Slope (600 to 750 m) and Plateau (>750 m). The evaluations occurred during the wet, wet-dry, dry and dry-wet periods between 2016 and 2017, classified according to the municipality historical monthly rainfall in the last 20 years. In each environment, the phytosociological survey was carried out to define the five species with the highest absolute density. In the dry and humid periods, the pH and the TOC contents, N, P, K⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺ were determined in the soil. In leaves, the N, P, K, Ca and Mg contents were calculated and their contents and the biological utilization efficiency of these nutrients were calculated. Also, 20 plots per environment were installed, where the production and the accumulation of litter were quantified. In their most representative fractions, the content and the contribution of N, P, K, Ca and Mg were determined and the rate of decomposition of the accumulated litter and its renewal times was estimated. Observing N, P, K, Ca and Mg stocks in leaf biomass, leaf litter and soil, the biological cycle of these nutrients was evaluated by means of absorption, utilization and cycling rates. The efficiency of biological utilization of nutrients was concentrated in few species in more fertile soil and, in less fertile soils, shared among the species. The TOC and nutrient contents were concentrated during the dry season and in the topsoil. The ability to absorb nutrients was shared between species in the dry period and concentrated in a single species in the wet period. In relation to the litter, its production was influenced by the altitude gradient, of seasonal character, with additions in the dry period. Its accumulation was greater in the Lowland. The concentration and the contribution of the most representative fractions of the litter produced and accumulated presented the descending order: Ca>N>K>Mg>P. In addition, the dry period compromised the decomposition of accumulated litter which, in the Lowland, slowly decomposes. In the wet period, the decomposition times were higher for the Plateau. In the dry period were higher for the Lowland. The fraction of branches and barks is the one that stays the longest on the forest floor. As for the biological cycle of nutrients, Slope showed the highest rates of absorption and use. The cycling of the cations K, Ca and Mg was higher in the Lowland, whereas for the N and P, in the Plateau. The Lowland was the environment with the highest rate of cycling.

Keywords: efficiency of biological use; litter; cycling index; nutrient content; Caatinga

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I: DINÂMICA NUTRICIONAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA EM FRAGMENTOS DE FLORESTA TROPICAL SECA AO LONGO DE UM GRADIENTE DE ALTITUDE

Figura		Página
1	Localização geográfica dos ambientes Chapada, Encosta e Baixada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco, nordeste do Brasil.....	54
2	Precipitação pluviométrica anual histórica entre os anos de 1997 e 2017 do município de Araripina, Pernambuco (A) e precipitação pluviométrica mensal histórica, subdivida em períodos úmido, seco e de transição (B). Precipitação pluviométrica (essa pesquisa), subdivida em períodos úmido, seco e de transição. As setas indicam o período de coleta de folhas e solo (C)	56
3	Distribuição das parcelas nos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca, em Araripina, Pernambuco.....	58
4	Teor foliar de N, P, K, Ca e Mg em função dos períodos seco e úmido para cada espécie florestal (<i>Metrodorea mollis</i> , <i>Pilocarpus spicatus</i> e <i>Cynophalla flexuosa</i>).....	74
5	Teor foliar de N, P, K, Ca e Mg em função das espécies florestais <i>Metrodorea mollis</i> , <i>Pilocarpus spicatus</i> e <i>Cynophalla flexuosa</i> para cada período (seco e úmido).....	77

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II: DINÂMICA DA SERAPILHEIRA E APORTE DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA E DO GRADIENTE DE ALTITUDE EM FLORESTA TROPICAL SECA

Figura		Página
1	Localização geográfica dos ambientes Chapada, Encosta e Baixada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco, nordeste do Brasil.....	99
2	Precipitação pluviométrica anual histórica entre os anos de 1997 e 2017 do município de Araripina, Pernambuco (A) e precipitação pluviométrica mensal histórica, subdivida em períodos úmido, seco e de transição (B). Precipitação pluviométrica (essa pesquisa), subdivida em períodos úmido, seco e de transição. As setas vermelhas indicam o período e o mês de coleta da serapilheira produzida e as setas pretas indicam o período e o mês de coleta da serapilheira acumulada (C).....	101
3	Produção total de serapilheira e de suas frações nos períodos úmido, úmido-seco, seco e seco-úmido em função dos ambientes Baixada e Chapada (A) e nos ambientes Baixada e Chapada em função dos períodos úmido e seco (B), em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco	106
4	Acúmulo total de serapilheira e de suas frações nos períodos úmido e seco em função dos ambientes Baixada e Chapada (A) e nos ambientes Baixada e Chapada em função dos períodos úmido e seco (B), em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco	115

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO III: CICLO BIOLÓGICO DE NUTRIENTES DURANTE O PERÍODO ÚMIDO EM FRAGMENTOS DE FLORESTA TROPICAL SECA AO LONGO DE UM GRADIENTE DE ALTITUDE

Figura		Página
1	Localização geográfica dos ambientes Chapada, Encosta e Baixada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco, nordeste do Brasil.....	138
2	Precipitação pluviométrica anual histórica entre os anos de 1997 e 2017 do município de Araripina, Pernambuco (A) e precipitação pluviométrica mensal histórica, subdividindo os períodos úmido, seco e os de transição (B). Precipitação pluviométrica (esse estudo), subdividindo os períodos úmido, seco e os de transição. A seta indica o período e o mês de coleta de folhas, serapilheira foliar e solo (C).....	140
3	Distribuição das parcelas dos ambientes Chapada, Encosta e Baixada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco.....	142

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I: DINÂMICA NUTRICIONAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA EM FRAGMENTOS DE FLORESTA TROPICAL SECA AO LONGO DE UM GRADIENTE DE ALTITUDE

Tabela		Página
1	Localização, características climáticas, vegetacionais e de solo dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco	55
2	Precipitação pluviométrica (média e acumulada referente ao período dessa pesquisa e da série histórica, entre 1997 e 2007), umidade relativa do ar e temperatura do ar subdivididos em períodos úmido, úmido-seco, seco e seco-úmido entre os meses de janeiro de 2016 a maio de 2017 no município de Araripina, Pernambuco	57
3	Caracterização das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco.....	59
4	Biomassa foliar das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco.....	61
5	Caracterização dos cinco indivíduos escolhidos para análise do material foliar das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco	62
6	Teor foliar de N, P, K, Ca e Mg das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco.....	65
7	Conteúdo foliar de N, P, K, Ca e Mg das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco	69
8	Eficiência de utilização biológica em N, P, K, Ca e Mg pelas cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco.....	71
9	pH e teores de Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , P, COT e N em função da sazonalidade climática e das profundidades do solo, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco.....	78

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II: DINÂMICA DA SERAPILHEIRA E APORTE DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA E DO GRADIENTE DE ALTITUDE EM FLORESTA TROPICAL SECA

Tabela		Página
1	Localização, características climáticas, vegetacionais e de solo dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco	100
2	Precipitação pluviométrica (média e acumulada referente ao período dessa pesquisa e da série histórica, entre 1997 e 2007), umidade relativa do ar, temperatura do ar velocidade do vento, radiação solar global e pressão atmosférica, subdivididos em períodos úmido, úmido-seco, seco e seco-úmido entre os meses de janeiro a dezembro de 2017 no município de Araripina, Pernambuco.....	102
3	Frações percentuais da serapilheira produzida em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco.....	109
4	Teor de nutrientes da fração foliar da serapilheira produzida em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco	110
5	Aporte de nutrientes pela fração foliar da serapilheira produzida em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco	113
6	Frações percentuais da serapilheira acumulada em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco.....	116
7	Teor de nutrientes da fração galhos e cascas da serapilheira acumulada em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco	117
8	Aporte de nutrientes pela fração galhos e cascas da serapilheira acumulada em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco	118
9	Taxa de decomposição e tempos de renovação da serapilheira acumulada total e de suas frações em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco	119

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO III: CICLO BIOLÓGICO DE NUTRIENTES DURANTE O PERÍODO ÚMIDO EM FRAGMENTOS DE FLORESTA TROPICAL SECA AO LONGO DE UM GRADIENTE DE ALTITUDE

Tabela	Página
1	Localização, características climáticas, vegetacionais e de solo dos ambientes Chapada, Encosta e Baixada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco. 139
2	Precipitação pluviométrica (média e acumulada referente ao período dessa pesquisa e da série histórica, entre 1997 e 2007), umidade relativa do ar e temperatura do ar subdivididos em períodos úmido, úmido-seco, seco e seco-úmido entre os meses de novembro de 2016 a maio de 2017 no município de Araripina, Pernambuco, Brasil..... 141
3	Caracterização do componente arbustivo-arbóreo das cinco espécies de maior densidade absoluta dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco. 143
4	Biomassa foliar das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco..... 145
5	Caracterização dos cinco indivíduos escolhidos para análise do material foliar das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco. 146
6	Estoque de N, P, K, Ca e Mg na biomassa foliar das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco..... 147
7	Estoque de N, P, K, Ca e Mg da fração foliar da serapilheira produzida dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco, Pernambuco 148
8	Estoque de N, P, K ⁺ , Ca ²⁺ e Mg ²⁺ no solo, camada de 0 a 20 cm, dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco. 149
9	Ciclo biológico de N, P, K, Ca e Mg dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco..... 151

LISTA DE APÊNDICES

CAPÍTULO I: DINÂMICA NUTRICIONAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA EM FRAGMENTOS DE FLORESTA TROPICAL SECA AO LONGO DE UM GRADIENTE DE ALTITUDE

Apêndice	Página
A	Caracterização do componente arbustivo-arbóreo do ambiente Baixada, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco 84
B	Caracterização do componente arbustivo-arbóreo do ambiente Encosta, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco 87
C	Caracterização do componente arbustivo-arbóreo do ambiente Chapada, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco 89
D	Teor foliar de N, P, K, Ca e Mg das espécies florestais <i>Metrodorea mollis</i> , <i>Pilocarpus spicatus</i> e <i>Cynophalla flexuosa</i> em função da sazonalidade climática, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco..... 90
E	pH e teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P, Al^{3+} , COT e N em função da sazonalidade climática e das profundidades do solo, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco..... 92

LISTA DE APÊNDICES

CAPÍTULO II: DINÂMICA DA SERAPILHEIRA E APORTE DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA E DO GRADIENTE DE ALTITUDE EM FLORESTA TROPICAL SECA

Apêndice	Página
A	Produção total de serapilheira e de suas frações em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco..... 130
B	Acúmulo total de serapilheira e de suas frações em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco..... 131

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE APÊNDICES

1 INTRODUÇÃO GERAL.	21
2 REVISÃO DE LITERATURA.	24
2.1 ARRANJO PRODUTIVO LOCAL DO POLO GESSEIRO DO ARARIPE.	24
2.2 NUTRIÇÃO FLORESTAL.	27
2.2 PRODUÇÃO, ACÚMULO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SERAPILHEIRA.	31
2.4 DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA, LIBERAÇÃO E CICLAGEM DE NUTRIENTES.	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	40
CAPÍTULO 1. DINÂMICA NUTRICIONAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA EM FRAGMENTOS DE FLORESTA TROPICAL SECA AO LONGO DE UM GRADIENTE DE ALTITUDE.	48
1 INTRODUÇÃO.	51
2 MATERIAL E MÉTODOS.	54
2.1 AMBIENTES DE ESTUDO.	54
2.1.1 Características gerais.	54
2.1.2 Períodos de avaliação.	56
2.1.3 Levantamento florístico e fitossociológico.	57
2.1.4 Estimativa da biomassa foliar.	60
2.2 COLETAS E ANÁLISES.	61
2.2.1 Tecido foliar.	61
2.2.2 Solo.	63
2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.	63
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.	64
3.1 DINÂMICA NUTRICIONAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS AO LONGO DE UM GRADIENTE DE ALTITUDE.	64
3.1.1 Teor de nutrientes.	64
3.1.2 Conteúdo de nutrientes.	68
3.1.3 Eficiência de utilização biológica.	70

3.2 NUTRIÇÃO FOLIAR DE ESPÉCIES FLORESTAIS E ALTERAÇÕES QUÍMICAS NO SOLO EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA.	73
3.2.1 Efeitos nas espécies.	73
3.2.2 Efeitos no solo.	78
4 CONCLUSÕES.	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	80
APÊNDICES.	84
CAPÍTULO 2. DINÂMICA DA SERAPILHEIRA E APORTE DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA E DO GRADIENTE DE ALTITUDE EM FLORESTA TROPICAL SECA.	93
1 INTRODUÇÃO.	96
2 MATERIAL E MÉTODOS.	99
2.1 AMBIENTES DE ESTUDO.	99
2.1.1 Características gerais.	99
2.1.2 Períodos de avaliação.	101
2.2 PRODUÇÃO, ACÚMULO E TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA.	102
2.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA E ACUMULADA.	104
2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.	104
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.	105
3.1 PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E APORTE DE NUTRIENTES PELA SERAPILHEIRA.	105
3.1.1 Produção de serapilheira.	105
3.1.2 Teor de nutrientes da fração foliar da serapilheira produzida.	109
3.1.3 Aporte de nutrientes da fração foliar da serapilheira produzida.	112
3.2 ACÚMULO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E APORTE DE NUTRIENTES PELA SERAPILHEIRA.	114
3.1.1 Acúmulo de serapilheira.	114
3.1.2 Teor de nutrientes da fração galhos e cascas da serapilheira acumulada.	116
3.1.3 Aporte de nutrientes da fração galhos e cascas da serapilheira acumulada.	118
3.3 TAXAS DE DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA ACUMULADA.	119
4 CONCLUSÕES.	122
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	122
APÊNDICES.	129
CAPÍTULO III. CICLO BIOLÓGICO DE NUTRIENTES DURANTE O PERÍODO ÚMIDO EM FRAGMENTOS DE FLORESTA TROPICAL SECA AO LONGO DE UM GRADIENTE DE ALTITUDE.	132

1 INTRODUÇÃO.....	135
2 MATERIAL E MÉTODOS.	138
2.1 AMBIENTES DE ESTUDO.	138
2.1.1 Características gerais.	138
2.1.2 Período de avaliação.	140
2.1.3 Vegetação.	141
2.2 COLETAS E ANÁLISES.	144
2.2.1 Capturado: estoque de nutrientes na biomassa foliar.	144
2.2.1 Retornado: estoque de nutrientes na serapilheira foliar.	147
2.2.1 Absorvível: estoque de nutrientes no solo.	148
2.3 CICLO BIOLÓGICO DE NUTRIENTES.	149
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.	150
4 CONCLUSÕES.	153
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	153
CONSIDERAÇÕES FINAIS.	158

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Arranjo Produtivo Local do Polo Gesseiro do Araripe (APL-PGA/PE), localiza-se a extremo oeste do estado de Pernambuco e abrange os municípios de Araripina, Bodocó, Ouricuri, Ipubi e Trindade e tem por atividade fim a produção de gesso. A exploração da gipsita, minério base para produção do gesso, movimenta anualmente, com a sua extração e processamento, em torno de 70 milhões de reais. O gesso produzido é utilizado, sobretudo, na construção civil e no agronegócio. O estado de Pernambuco é o principal produtor nacional (PERNAMBUCO, 2017). A cadeia produtiva do gesso rege a economia local, proporcionando mais de 12 empregos diretos e 60 mil indiretos (MORAIS; FRANÇA, 2016).

No entanto, a calcinação da gipsita é um processo que exige elevada demanda por energia que é suprida, majoritariamente, pela lenha de desmatamentos ilegais. O resultado é a crescente e descontrolada degradação ambiental confirmada pela pesquisa desenvolvida por Cunha (2017) que concluiu que a vegetação local se encontra bastante fragmentada, principalmente, em áreas de baixa altitude. Em revisão sobre os impactos ambientais relacionados a exploração da gipsita nesse APL, Granja et al. (2017) alertaram que a Caatinga não tem capacidade de suprir a demanda do Polo e que há riscos de desertificação. A previsão é que o estoque de lenha acabará em 35 anos caso a exploração de áreas de Caatinga não ocorra conforme as leis ambientais.

A degradação ambiental na Caatinga do Araripe é um retrato do que ocorre ao longo do semiárido, onde quase 50% da sua vegetação original foi desmatada. Apenas 7,5% de sua área está protegida por unidades de conservação, cerca de 1% sob regime de proteção integral (BRASIL, 2018). Sabe-se, porém que o artigo 31 da Lei 12.651 de 2012 (Código Florestal) (BRASIL, 2012) prevê que a exploração de florestas nativas e formações sucessoras, seja de domínio público ou privado, salvo algumas exceções, depende de licenciamento pelo órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente, mediante aprovação prévia de Plano de Manejo Florestal Sustentável.

Em Caatinga, os Planos de Manejo Florestal Sustentável obedecem ao mínimo de 15 anos de rotação (CPRH, 2006). As áreas são exploradas sem levar em consideração a recuperação de propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, essenciais a conservação dos ecossistemas florestais. Nesse sentido, Araújo Filho et al. (2018) abordaram a influência do ciclo de corte no estoque de C e na atividade microbiana em fragmento de floresta tropical seca, em Floresta, PE. O tempo médio para o C nas frações do solo e húmicas retornar aos seus valores iniciais foi estimado em, aproximadamente, 65 anos. Diante disso, os autores sugeririam aumentar o ciclo de corte para no mínimo 30 anos para permitir que esses solos reconstruam estoques significativos de C.

No entanto, para indicar medidas de preservação ou conservação da vegetação seja em Programas de Recuperação de Áreas Degradadas e na Restauração Florestal ou, ainda, a adequação aos Planos de Manejo Florestal Sustentável considerando, como enfoque, os estoques de C e nutrientes no solo, é necessário ampliar os conhecimentos já adquiridos. Assim, estudos sobre ciclagem de nutrientes são fundamentais, pois esse processo ecossistêmico integra os ciclos biogeoquímicos, elementares para manutenção da diversidade genética e biológica.

A ciclagem de nutrientes é estreitamente relacionada ao ambiente na qual está inserida, sobretudo, quanto aos aspectos climáticos. O sertão do Araripe, em Pernambuco, encontra-se no semiárido brasileiro, cujo clima é o semiárido quente (ALVARES et al., 2013), que tem por característica chuvas sazonais, torrenciais e concentradas em um curto de tempo (APAC, 2018). Dessa forma, ao longo do ano, a vegetação da Caatinga responde as mudanças na precipitação pluviométrica com alterações drásticas na paisagem por meio da perda de folhas. Somado a isso, o Araripe pernambucano possui diferenças marcantes quanto ao gradiente de altitude, representado pela Chapada do Araripe (LOPES, 2005; CUNHA, 2017). Esses fatores têm potencial para alterar a dinâmica da ciclagem de nutrientes, particularizando ambientes.

Diversas pesquisas caracterizaram o APL do Polo Gesseiro do Araripe quanto aos aspectos econômicos, sociais e ambientais (BALTAR et al., 2003; BARBOSA; FERRAZ; SANTOS, 2014; CUNHA, 2017; GRANJA et al., 2017). No entanto, ressalta-se que é necessário o empenho conjunto dos governos, em suas diversas esferas, de empresários e da sociedade civil organizada para garantir a sustentabilidade desse APL, aliando a continuidade da exploração da gipsita com a conservação dos ecossistemas florestais locais.

Dessa forma, essa pesquisa foi fundamentada nas seguintes hipóteses:

- i) A eficiência de utilização biológica dos nutrientes pelas espécies apresenta relação positiva com a elevação da altitude. Assim, espera-se que espécies em áreas sob baixa altitude apresentem menor eficiência de utilização biológica de nutrientes. Também, o teor de carbono orgânico total e dos nutrientes no solo e os teores de nutrientes na biomassa foliar de espécies florestais de fenologia foliar não-decídua sofrem alteração em resposta às variações na disponibilidade de água no solo durante o período úmido e seco em Caatinga. Assim, acredita-se que, no período seco, ocorre o acúmulo de nutrientes no solo, sobretudo, nas camadas superficiais. No período úmido, as espécies florestais concentram mais nutrientes no tecido foliar.

- ii) A produção e o acúmulo de serapilheira apresentam relação negativa com o aumento da altitude e da precipitação pluviométrica. Assim, espera-se que a Baixada apresente maior produção de serapilheira. No período seco, ocorre maior produção, sobretudo, da fração foliar e, para o acúmulo, da fração galhos e cascas; ademais, o aporte de N, P, K, Ca e Mg da serapilheira produzida e acumulada tem relação positiva com o aumento da altitude e da precipitação pluviométrica. Assim, espera-se que o aporte de nutrientes seja mais intenso na Chapada e durante o período úmido. Além disso, a decomposição da serapilheira acumulada apresenta relaciona-se negativamente com a altitude, mas positivamente com o aumento da precipitação pluviométrica. Assim, espera-se que a serapilheira seja decomposta mais rapidamente na Baixada e durante o período úmido.
- iii) Os índices de absorção e utilização apresentam relação positiva com a elevação da altitude. Assim, espera-se que, áreas sob elevada altitude, os nutrientes sejam absorvidos em maior quantidade e melhor utilizados pelas espécies. Quanto menor o teor do nutriente no solo, maiores serão os seus índices de absorção e utilização; outrossim, o índice de ciclagem de nutrientes apresenta relação negativa com a altitude. Dessa forma, acredita-se que, sob altitudes mais baixas os nutrientes sejam ciclados de forma mais rápida. Quanto maior for o teor do nutriente no solo, maior será o seu índice de ciclagem.

Considerando a importância econômica e social do APL do Polo Gesseiro do Araripe para o desenvolvimento da região e que tal deve ser pautado na conservação dos recursos florestais e do solo da Caatinga, o objetivo geral dessa pesquisa foi avaliar a nutrição foliar de espécies florestais; a produção, o aporte de nutrientes e a decomposição da serapilheira, bem como a ciclagem de nutrientes em fragmentos de floresta tropical seca, considerando as características principais da região: a sazonalidade climática e o gradiente de altitude.

Os objetivos específicos foram: 1) avaliar a eficiência de utilização biológica dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg pelas espécies florestais inseridas ao longo de um gradiente de altitude, bem como avaliar o efeito da sazonalidade climática sobre os teores de carbono orgânico total (COT), N, P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ no solo e de N, P, K, Ca e Mg em espécies florestais de fenologia foliar não-decídua em fragmentos de floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco; 2) avaliar o efeito da sazonalidade climática e do gradiente de altitude sobre a produção, o acúmulo e o aporte de N, P, K, Ca e Mg em frações representativas da serapilheira, bem como a decomposição da serapilheira acumulada em fragmentos de floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco e; 3) avaliar, durante o período úmido, a ciclagem de nutrientes em cada ambiente sob a ótica das suas “três fases

ecológicas” conforme proposto por Zhang, Shuxia e Shangguan (2006): nutriente estocado na biomassa foliar das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia; na fração foliar da serapilheira produzida; e disponível no solo em três fragmentos de floresta tropical seca inseridos ao longo de um gradiente de altitude em Araripina, Pernambuco.

Essas informações podem fornecer subsídios para compreender sobre a contribuição de cada espécie para o aporte de nutrientes; adequação de espécies ao sítio, dinâmica nutricional de espécies de fenologia foliar não-decídua face as mudanças na precipitação pluviométrica; a dinâmica de deposição, acúmulo e aporte de nutrientes e velocidade de decomposição da serapilheira, essenciais a ciclagem de nutrientes; como também a dinâmica de absorção, utilização e circulação de nutrientes no sistema solo-planta. Essas informações são de suma importância para adequação dos Planos de Manejo Florestal Sustentável na Caatinga a realidade local, para Planos de Recuperação de Áreas Degradadas e na Restauração Florestal, que podem auxiliar na conservação das espécies *in situ* e na manutenção dos processos e serviços ecossistêmicos em cada gradiente de altitude, respeitando as suas particularidades.

Para responder os objetivos propostos, essa pesquisa foi estruturada em três capítulos, intitulados: Capítulo 1: Dinâmica nutricional de espécies florestais em função da sazonalidade climática em fragmentos de floresta tropical seca ao longo de um gradiente de altitude; Capítulo 2: dinâmica da serapilheira e aporte de nutrientes em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude em floresta tropical seca ; Capítulo 3: Ciclo biológico de nutrientes durante o período úmido em fragmentos de floresta tropical seca ao longo de um gradiente de altitude.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ARRANJO PRODUTIVO LOCAL DO POLO GESSEIRO DO ARARIPE

O Brasil é o 16º produtor mundial de gipsita. Sua reserva demonstrada é de 1,3 bilhão de toneladas, sendo 25% no estado de Pernambuco, um montante de 326 milhões de toneladas (BRASIL, 2009). Essa reserva encontra-se na microrregião do Araripe, localizada no extremo oeste do estado que é composta pelos municípios de Araripina, Bodocó, Exu, Granito, Ipubi, Moreilândia, Ouricuri, Santa Cruz, Santa Filomena e Trindade. Desses, apenas Araripina, Bodocó, Ouricuri, Ipubi e Trindade formam o Arranjo Produtivo Local do Polo Gesso do Araripe (APL-PGA/PE) (PERNAMBUCO, 2017).

Esse APL tem por finalidade a produção do gesso por meio da exploração de gipsita. Minério que possui características mais favoráveis em relação as demais como isolante térmico,

leveza, estabilidade e precisão dimensional, além de 95% de pureza (MORAIS; FRANÇA, 2016). Quando desidratada, via calcinação, origina o gesso mineral que é usado, principalmente, na construção civil e no agronegócio (PERNAMBUCO, 2017). Pernambuco é responsável por 90% da produção nacional de gesso (DIÁRIO DE PERNAMBUCO, 2018).

O APL do Polo Gesseiro do Araripe comporta 40 minas de exploração e 180 empresas calcinadoras. Em 2017, foram extraídas 2,3 toneladas de gipsita. O faturamento anual com a sua extração e processamento foi estimado em 70 milhões de reais (PERNAMBUCO, 2017). É a principal atividade econômica desenvolvida na região e a maioria dos municípios depende dessa atividade que gera mais de 12 mil empregos diretos e 60 mil indiretos (MORAIS; FRANÇA, 2016).

São diversos os fatores que contribuem para o desenvolvimento desse APL: condições favoráveis de mineração; relação estéril/minério e geomorfologia da jazida; e boa localização, pois situa-se na fronteira dos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí. Dista em, aproximadamente, 700 km de oito capitais nordestinas (Salvador, Aracajú, Maceió, Recife, João Pessoa, Natal, Fortaleza e Teresina) e de oito importantes portos: Salvador, Aratu, Recife, Suape, Mucuripe, Pecém, Itaqui e Ponta da Madeira (BALTAR et al., 2003).

A calcinação da gipsita é um processo que exige elevada demanda por energia. Para esse fim, o APL dispõe de uma matriz energética bastante diversificada. Utilizam-se, aproximadamente, 3% de energia elétrica; 5% de óleo diesel; 8% de óleo de baixo poder de fusão e 10% de coque. A lenha, utilizada exclusivamente na calcinação, é responsável pela maior parcela da matriz energética, representando 73 % da energia consumida (CRISPIM, 2015).

Em diagnóstico, verificou-se que as empresas calcinadoras utilizavam recursos energéticos florestais, sobretudo, de áreas de Caatinga exploradas ilegalmente (52,94%) e de espécies exóticas ou de podas de frutíferas (23,49%). A lenha de áreas sob Plano de Manejo Florestal Sustentável representou apenas 11,75% e a de reflorestamentos energéticos, 0,1% (CAMPELLO, 2011).

Isso pode explicar os resultados verificados por Cunha (2017) ao concluir que a vegetação natural na região do Araripe está bastante fragmentada, principalmente, em áreas de baixa altitude, justificados pela supressão desordenada de recursos florestais e da rotatividade no uso e ocupação da terra. O número elevado de pequenos fragmentos florestais alerta para maior fragilidade dos mesmos em manter os serviços ecossistêmicos e, inclusive, facilita a sua completa exploração.

Assim, a exploração inadequada de áreas de Caatinga, resulta em sua rápida alteração e degradação ambiental. O que ocorre no Araripe pernambucano é uma amostra da destruição da Caatinga que apresenta mais de 46% da sua vegetação original desmatada. No entanto, apesar disso

é o domínio menos protegido, com apenas 7,5% de sua área em unidades de conservação, cerca de 1% sob regime de proteção integral (BRASIL, 2018). Portanto, é preciso aquedar o fornecimento de lenha do APL as leis ambientais vigentes para que a produção de gesso e áreas conservadas de Caatinga possam coexistir, garantindo a sustentabilidade dessa cadeia produtiva.

De acordo com o artigo 31 do Código Florestal, Lei 12.651 de 2012 (BRASIL, 2012), a exploração de florestas nativas e formações sucessoras, seja de domínio público ou privado, salvo algumas exceções, depende de licenciamento pelo órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente, mediante aprovação prévia de Plano de Manejo Florestal Sustentável. Sob essa ótica, Gadelha (2010) estimou o consumo anual de lenha pelo APL em 652.680,00 m³ de lenha. Para que essa demanda fosse atingida de acordo com as leis ambientais, seria necessária a exploração, por meio de Planos de Manejo Florestal Sustentável, de 14.036 há ano⁻¹. Isso implicaria em uma área total de 219.541,94 ha de vegetação de Caatinga em regime de manejo.

Nos Planos de Manejo Florestal Sustentável desenvolvidos em Caatinga, as áreas são divididas em talhões em que cada um é explorado após obedecidos o mínimo de 15 anos de rotação (CPRH, 2006). No entanto, os talhões são explorados sem levar em consideração a recuperação das propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo. A longo prazo, a não observância dessas propriedades pode resultar em áreas degradadas.

Pesquisa desenvolvida por Araújo Filho et al. (2018) observou a influência do ciclo de corte no estoque de C e na atividade microbiana em fragmento de floresta tropical seca, em Floresta, PE. Após 20 anos de corte, apenas 32% do C contido nas frações húmicas foram recuperados. O tempo médio para o C nas frações do solo e húmicas retornar aos seus valores iniciais foi estimado em, aproximadamente, 65 anos. Para recuperação de 50% exigiria pelo menos 33 anos. Os autores sugeriram aumentar o ciclo de corte para no mínimo 30 anos para permitir que esses solos reconstruam estoques significativos de carbono.

Em revisão sobre a degradação ambiental relacionada a exploração de gipsita no Polo Gesseiro do Araripe, Granja et al. (2017) alertaram que a Caatinga não tem capacidade de suprir a demanda do APL e que há riscos de desertificação. Logo, com a exportação da principal fonte de energia, a lenha, os custos de produção aumentariam, gerando impactos negativos a economia local, além de danos incalculáveis ao meio ambiente. Ainda segundo os autores, da forma como está sendo conduzido, só haverá estoque de lenha para abastecer o APL para os próximos 35 anos.

Como a demanda energética do Arranjo Produtivo Local do Polo Gesseiro do Araripe exerce uma grande pressão sobre os recursos florestais da Caatinga, faz-se necessário estratégias que

permitam, ao longo dos anos, a continuidade da exploração da gipsita e a produção do gesso, mas também a conservação do solo e dos recursos florestais locais. Para isso, é necessário alinhar os conhecimentos científicos adquiridos sobre o APL quanto aos aspectos econômicos, sociais e ambientais a ações concretas dos governos, em suas diversas esferas, de empresários e da sociedade civil organizada a fim de que toda cadeia produtiva do gesso seja sustentável.

2.2 NUTRIÇÃO FLORESTAL

As folhas são as principais responsáveis pelas atividades fisiológicas das plantas. Tecido onde ocorrem as principais reações metabólicas, cujas alterações oriundas de distúrbios nutricionais se tornam mais evidentes (MARTIN-PREVEL et al., 1984). Por isso, a análise foliar é uma das técnicas utilizadas para a avaliação do estado nutricional das plantas, o que possibilita verificar a ocorrência de deficiências, toxidez ou de desequilíbrio nutricional, em seus diferentes níveis (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Como critério diagnóstico baseia-se na relação entre a necessidade da espécie por um nutriente e seu atual teor no tecido foliar.

O conhecimento sobre o teor foliar de nutrientes, em ambiente natural, pode contribuir para o manejo de espécies com deficiências/distúrbios nutricionais; a inserção de espécies em áreas degradadas; e em programas de reflorestamento (MEDEIROS et al., 2008). Além disso, Espig et al. (2008) observaram que o teor pode indicar diferenças entre espécies quando inseridas em um mesmo sítio. E, para a mesma espécie localizada em sítios diferentes, sobre a qualidade do sítio.

Para interpretação dos resultados, é preciso conhecer não só o teor do nutriente, mas também quais os agentes que afetam essa concentração e como atuam (BATAGLIA; SANTOS, 2001). Diversos são os fatores que podem alterar o teor de um nutriente. Em destaque, em nível de planta, o componente genético e a eficiência na absorção. Segundo Fageria (1993), a variabilidade genética refere-se às características hereditárias que distinguem, em crescimento e desenvolvimento, as espécies quando submetidas a condições ideais ou adversas.

Outrossim, Fageria e Baligar (1993) relacionaram características morfológicas e fisiológicas desejáveis para espécies de alta eficiência na absorção de nutrientes: sistema radicular eficiente e extenso; alta relação raiz/parte aérea e colonização do sistema radicular por micorrizas e por bactérias promotoras de crescimento, capazes de fixar o N₂ atmosférico. Quanto à fisiologia: modificação da rizosfera em função da baixa disponibilidade de nutrientes; manutenção normal do metabolismo mesmo com baixo teor de nutrientes e alta taxa fotossintética.

Dentre os fatores do solo, o pH é essencial pois se relaciona diretamente com a disponibilidade dos elementos essenciais; a solubilidade de elementos tóxicos; a atividade de microorganismos; em patologias; na habilidade de competição e nas condições físicas do solo. Indiretamente, nas reações de sorção, dessorção e precipitação (MEURER, 2007).

Os teores de macronutrientes adequados para o normal crescimento das plantas, de acordo com Dechen e Nachtigall (2007), situam-se entre 20,0 e 50,0; 1,0 e 1,5; 10,0 e 30,0; 10,0 e 50,0; 3,0 e 5,0; e 1,0 e 3,0 g kg⁻¹ para N, P, K Ca, Mg e S, respectivamente. Para as espécies florestais Araucária, Eucalipto, Pinus, Pupunheira e Seringueira (em plantios comerciais) os níveis críticos, em valores médios, foram de 24,60; 1,67; 11,93; 7,49; 2,31 e de 1,89 g kg⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente (FAQUIN, 2002).

Na mesorregião do Sertão paraibano, Medeiros et al. (2008) avaliaram o estado nutricional foliar de dez espécies arbóreas representativas da flora da Caatinga. O teor de N variou de 16,01 a 31,40 g kg⁻¹, o de P oscilou entre 1,10 e 3,30 g kg⁻¹, o de K entre 7,30 e 17,30 g kg⁻¹, o de Ca variou de 10,0 a 30,60 g.kg⁻¹, o de Mg, de 1,20 a 8,10 g kg⁻¹ e, para o S, de 1,40 a 2,40 g.kg⁻¹, cuja ordem foi: N>Ca>K>Mg>S>P. Barbosa (2012) verificou que os teores médios de nutrientes contidos nas dez espécies de maior valor de importância em fragmento de Caatinga em Arcoverde, PE, foi de 25,0; 6,90; 17,40; 19,60 e 4,10 g kg⁻¹. Dentre elas, as espécies que se destacaram foram a *Croton blanchetianus* e a *Jatropha mollissima*. O padrão verificado foi: N>Ca>K>P>Mg.

Em área de Caatinga preservada no município de Floresta, PE, Alves et al. (2017) observaram que os teores médios nas folhas das cinco espécies de maior valor de importância foram de 19,20 g kg⁻¹ para o N; 2,0 g kg⁻¹ para o P; 6,90 g kg⁻¹ para o K; 13,50 g kg⁻¹ para o Ca; 3,30 g kg⁻¹ para o Mg e de 1,40 g kg⁻¹ para o S. A ordem decrescente observada foi N>Ca>K>Mg>S>P. Ressalta-se que, várias das espécies estudadas por esses autores apresentaram valores abaixo do limite de referência de Faquin (2002), sobretudo, quanto ao N.

No entanto, os níveis propostos por Faquin (2002) foram estabelecidos para plantios florestais manejados com adubações frequentes. Nesse sentido, Lima et al. (2018) alertam que não se pode afirmar que solos florestais são pobres quimicamente pois os critérios de comparação para ambientes em equilíbrio não são os mais adequados, uma vez que não explicam a exuberância das florestas tropicais. Assim, os níveis críticos nesses ambientes seriam mais baixos. Ressaltam ainda que, solos florestais têm sua própria capacidade produtiva e os teores de nutrientes no sistema solo-planta estão em equilíbrio por meio da ciclagem de nutrientes.

Analisar apenas o teor foliar de nutrientes pode resultar em uma compreensão precipitada em nível de espécie e de ambiente. Por isso, é necessário avançar nos estudos nutricionais mediante análise do conteúdo ou estoque de nutrientes, relação direta entre biomassa foliar e o seu teor de nutrientes. Essa informação permite inferir sobre a contribuição do componente foliar de cada espécie para a ciclagem de nutrientes (ESPIG et al., 2008).

Para quantificar o conteúdo de nutrientes em folhas, é necessário conhecer a sua biomassa. Silva e Sampaio (2008) propuseram equações alométricas de potência para estimar a biomassa de partes aéreas, tendo por base nove espécies florestais de Caatinga, escolhidas por sua ampla distribuição e maior contribuição para a área basal, englobando aquelas de menor porte (hábito arbustivo) e maior porte (hábito arbóreo). Pesquisas sobre essa temática em florestas tropicais secas, no Brasil, são escassas. E, aliadas a nutrição florestal, raras (DRUMOND et al., 2008; ALVES, 2011; BARBOSA, 2012 e VIRGENS et al., 2017). Além disso, esses estudos diferem, dentre outros fatores, quanto ao método empregado para essa estimativa, o que dificulta comparações.

Na dinâmica nutricional, a eficiência de utilização biológica dos nutrientes constitui na razão entre a biomassa foliar da espécie e o conteúdo do nutriente acumulado nessa biomassa (BARROS; NOVAIS; CARMO, 1986). Pesquisas narram relação inversa entre o teor e a eficiência, como também o N é o nutriente de menor eficiência, pois é o mais requerido e de mais fácil absorção pelas plantas (ESPIG et al., 2008; BARBOSA, 2012; ALVES et al. 2017). Essa informação pode trazer subsídios para melhor adequação da espécie ao sítio como relatado por Molica (1992) que recomendou o uso de espécies com maior eficiência de utilização biológica em solos de baixa fertilidade. Esse indicador pode auxiliar na introdução de espécies em áreas degradadas e na restauração florestal em áreas de Caatinga.

Em florestas tropicais secas, as espécies são submetidas a períodos prolongados de estiagem (GUERREIRO et al., 2013). As chuvas são irregulares entre os anos e um mesmo ano. Monitoramento dos últimos vinte anos no município de Araripina, Pernambuco, revelou que no ano de 1988, a precipitação pluviométrica acumulada foi de 23 mm e em 2013 foi de 843 mm. Em 2017, a diferença entre o registrado do mês de março (período úmido) e setembro (período seco) foi de 151 mm (APAC, 2018). Mudanças na umidade do solo resultam em modificações no teor e na eficiência de utilização biológica dos nutrientes pelas espécies, pois os principais processos que contribuem para o contato íon-raiz são a difusão e o fluxo de massa (MALAVOLTA, 1980).

Como adaptação à seca, a maioria das espécies de Caatinga apresenta fenologia foliar decídua (LIMA; RODAL 2010; LIMA et al., 2012), o que restringe a realização de pesquisas ao

período de maior precipitação pluviométrica (MEDEIROS, SANTOS; TERTULIANO, 2008; BARBOSA, 2012; ALVES et al., 2017) e negligencia informações sobre o comportamento nutricional de espécies não-decíduas no período seco. As espécies que mantêm suas folhas mesmo sob condições adversas apresentam modificações nos atributos funcionais (FICHTLER; WORBES; BLANCHART, 2013) e em folhas, além da presença de compostos hidrofóbicos (FIGUEIREDO et al., 2015; PEREIRA, 2016).

Pesquisas relatam redução na área foliar como alternativa para minimizar as perdas de água por transpiração e assim, conservar o suprimento limitado de água no solo por mais tempo (SILVA et al., 2010 e NASCIMENTO et al., 2011), o que resulta em maior concentração de nutrientes face a redução da biomassa foliar. Porém, pode haver a retranslocação de nutrientes, o que possibilita a redução das perdas nutricionais, drásticas no período seco. Os nutrientes são retranslocados dentro da planta, no ciclo bioquímico, das folhas mais velhas e em processo de abscisão precoce para as folhas mais novas e remanescentes (MENGEL; KIRKBY, 1982; MOURA, 2010). No período úmido, com o reestabelecimento da umidade, o solo passa a exercer maior influência (FAQUIN, 2005), via ciclo biogeoquímico, fornecendo nutrientes às plantas (REIS; BARROS, 1990).

Nesse sentido, Moura (2010) verificou a retranslocação absoluta de nutrientes entre folhas novas (coletadas no período chuvoso) e senescentes (coletadas no final no período chuvoso e início do seco) em 11 espécies de Caatinga. As diferenças observadas foram de 9,86 e 0,36 e 1,73 g kg⁻¹ para N, P e K, respectivamente. Porém, a retranslocação absoluta não ocorreu para todos os nutrientes e espécies. Os autores concluíram que o elevado teor do nutriente no solo possibilitou as espécies a não retranslocarem nutrientes. A eficiência de retranslocação média de N, P e K foi de 36, 22 e 11%, respectivamente.

Outro fator pode exercer influência sobre a dinâmica nutricional de espécies florestais: o gradiente de altitude. A Caatinga apresenta áreas tanto em regiões de altitudes mais baixas como a Depressão Sertaneja até as mais elevadas, a exemplo das Chapadas Altas (RODAL; SAMPAIO, 2002). No município de Araripina, PE, o gradiente de altitude é representado pela Chapada do Araripe (LOPES, 2005 e CUNHA, 2017). De acordo com Körner et al. (1989), de forma geral, em áreas mais elevadas podem ocorrer: diminuição na temperatura; mudança no balanço hídrico, na umidade absoluta e na pressão parcial de O₂ e CO₂; aumento da radiação ultravioleta e diminuição da velocidade dos ventos.

Ferraz et al. (2003), em pesquisa no sertão do Pajeú, PE, verificaram que em áreas de altitude mais baixas, a precipitação pluviométrica foi reduzida em 50% e que houve aumento de 3°C

na temperatura do ar, em relação a cota mais alta. A área mais baixa apresentou deficiência hídrica, menor reposição de água e não houve evidências de excedente hídrico. Sampaio (2010) acrescenta que, áreas de Caatinga inseridas em maior altitude, apresentam umidade relativa do ar mais elevada, balanço hídrico mais favorável e menores taxas de evapotranspiração.

Lopes (2005) constatou na bacia do rio Brígida, PE, que em áreas de baixa altitude, a precipitação pluviométrica acumulada anual variou entre 400 e 500 mm e, na Chapada do Araripe, as médias observadas foram entre 700 e 800 mm. Porém o aumento da precipitação pode ser desfavorável a nutrição das espécies tendo em vista as perdas de nutrientes no solo por erosão e lixiviação de bases trocáveis, potencializados em áreas de solo arenoso (DONAGEMMA et al., 2016), comuns nesse ambiente (REZENDE, 2017).

2.3 PRODUÇÃO, ACÚMULO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SERAPILHEIRA

A serapilheira é fundamental para ciclagem de nutrientes, relacionando a vegetação ao solo. Constitui uma das formas, senão a principal, de entrada de C e nutrientes no solo, contribuindo na formação e dinâmica da matéria orgânica em ecossistemas florestais (MAGUIRE, 1994). Ressaltam-se as pesquisas desenvolvidas por Selle (2007), Bruder et al. (2013), Handa et al. (2014).

A serapilheira controla a maioria dos processos que ocorrem no ecossistema florestal. Costa et al. (2007) elencaram algumas de suas funções como proteger o solo contra as elevadas temperaturas, armazenar sementes prontas para germinar ou em estado de dormência (banco de sementes), abrigar a fauna. Além disso, atua na transferência de energia entre os níveis tróficos e protege o solo do impacto da gota de chuva, de processos erosivos, da lixiviação e da compactação dos solos (LIMA; FERRAZ; FERRAZ, 2013). O volume da serapilheira é o resultado do balanço entre decomposição, mineralização e humificação (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Toda a dinâmica da serapilheira, desde sua produção até a decomposição é reflexo do ambiente no qual está inserida. Considerada uma das florestas tropicais secas do Brasil, a Caatinga abrange considerável porção do território nacional. Seu regime de chuvas é sazonal, com padrão de distribuição espacial e temporal altamente variável (GUERREIRO et al., 2013).

O comportamento apresentado pela produção da serapilheira pode ser explicado pela exposição das espécies a condições adversas de sobrevivência, o que causa drástica mudança ao longo do ano na paisagem. O déficit hídrico no solo é o principal fator abiótico que limita o desenvolvimento das espécies em locais áridos e semiáridos (DONOHUE et al., 2013). Em

ambientes florestais, vários fatores de estresse estão presentes de forma combinada e intensidades variadas que, no período seco, são potencializados.

Partindo do pressuposto evolutivo de que o organismo é adaptado ao seu ambiente, ou seja, a uma dada condição de vida, é imprescindível que o utilize a seu favor e que enfrente as características ambientais que lhes são desfavoráveis (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Para que não ocorram danos irreversíveis ao metabolismo vegetal, sob condições adversas, um vasto mecanismo de proteção é acionado (LARCHER, 2004; TURKAN, 2011; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Em Caatinga, o fenômeno da caducifolia, é comum. Vista como a adaptação mais extrema e perceptível à sobrevivência das espécies em face da redução drástica do conteúdo de água no solo. Nesse sentido, as espécies da Caatinga podem ser classificadas em três níveis conforme fenologia foliar: não decíduas, semi-decíduas e decíduas, em que as primeiras mantêm as folhas durante a estiagem, ao passo que as duas últimas perdem suas folhas de forma parcial ou total, respectivamente. Espécies de fenologia foliar semi-decídua, sobretudo, a decídua, são as mais comuns (LIMA; RODAL 2010; LIMA et al., 2012) e divergem sobre as estratégias de sobrevivência à seca (SOUZA et al., 2015; FIGUEIREDO, 2016).

Com a chegada das primeiras chuvas a paisagem é modificada com o aparecimento da folhagem, o que demonstra elevada resiliência das espécies e a continuação dos ciclos biogeoquímicos. Além disso, a presença de níveis de perda de folhas apresentada pelas espécies em Caatinga é essencial para manutenção da ciclagem, pois a disponibilidade de nutrientes ao solo é feita de forma equilibrada e isso minimiza as possíveis perdas por lixiviação, com o advento de precipitações pluviométricas torrenciais, comuns no período úmido.

Logo, a produção de serapilheira em Caatinga é inversamente proporcional ao volume de chuvas (SALGADO et al., 2015; HENRIQUES et al., 2016; SOUZA et al., 2016; AQUINO et al., 2017; HOLANDA et al., 2017). Isso porquê, as folhas são a principal fração da serapilheira, representando, aproximadamente, 70% do total depositado (LIMA et al., 2015; SOUZA et al., 2016; HOLANDA et al., 2017). Portanto, é imprescindível compreender que é a resposta das espécies ao déficit hídrico no solo, característica intrínseca a cada fragmento florestal, que dita a deposição de serapilheira em ambiente florestal que, por isso, apresenta caráter sazonal.

Isso pode ser claramente percebido na pesquisa desenvolvida por Lima et al. (2015), em área de Caatinga no sul do Piauí, que verificaram correlação significativa, ao nível de 1%, entre a produção de serapilheira e a precipitação pluviométrica. Sua maior produção ocorreu entre os meses de junho a setembro, período em que são registrados menores volumes de chuvas. Salgado et al.

(2015) ao investigarem a dinâmica do regime pluviométrico na produção de serapilheira em Caatinga, verificaram que essa produção foi de 2772,25 kg ha⁻¹ ano⁻¹ em 2009 e de 3311,96 kg ha⁻¹ ano⁻¹ em 2010, com acúmulo anual foi de 5929,80 kg ha⁻¹. A produção máxima ocorreu após a redução da precipitação e a presença de períodos de seca mais prolongados, verificado no ano de 2010, antecipou a produção de serapilheira em 60 dias.

Durante três anos, Souza et al. (2016) monitoraram a produção de serapilheira em Reserva Particular do Patrimônio Natural em Santa Terezinha, PB e verificaram a influência da precipitação nesse processo. A menor deposição foi registrada para o mês de dezembro, em 12,84; 7,14 e 20,57 kg ha⁻¹, para o primeiro, segundo e terceiro anos, respectivamente. No início da estação seca, mês de junho, os valores observados foram de 780,30 e 432,75 kg ha⁻¹ para o primeiro e terceiro anos respectivamente e, no segundo, no mês de julho com 370,94 kg ha⁻¹. Em pesquisa realizada por Henriques et al. (2016), a maior produção de serapilheira ocorreu no início da estação seca e a menor nos meses finais da mesma estação. A produção anual verificada foi de 4207,84 kg ha⁻¹.

Para auxiliar o entendimento sobre a produção de serapilheira, Delliti (1995) propôs um modelo de compartimentos. Comumente, a serapilheira é separada em frações ou compartimentos a exemplo das folhas, galhos, cascas e/ou estruturas lenhosas, material reprodutivo (botões florais, flores, frutos e sementes) e miscelânea (material indeterminado, corpos e restos de animais e fezes). Normalmente, a produção das frações obedece à ordem: folhas>galhos>estrutura reprodutiva>miscelânea, com algumas exceções (SANTANA; SOUTO, 2011; SANTOS et al., 2011; MACIEL et al., 2012; HOLANDA et al., 2017). A separação da serapilheira por fração permite entender a contribuição de cada uma para a ciclagem de nutrientes.

Lima et al. (2015) verificaram que a fração foliar representou 76,55% da serapilheira produzida. Os galhos apresentaram, 11,13%, seguido da casca, responsável por 4,45%, a fração sementes com 3,66% e as flores, 1,93%. Os demais 2,28% restantes referiu-se à fração miscelânea. Henriques et al. (2016) constataram que as folhas representaram 77,23%, a fração galhos e cascas, 21,2%, material reprodutivo, 1,43% e miscelânea, 0,41%.

Souza et al. (2016) observaram que a fração foliar correspondeu a 77,80% do total produzido, a fração galhos, cascas e estruturas lenhosas, com 11,20%, material reprodutivo, 8,21% e miscelânea, 2,80%. Em Pombal, PB, Holanda et al. (2017) verificaram que a fração folha correspondeu a 70,22% do total, seguida pelas estruturas reprodutivas, galhos e miscelâneas.

Sabe-se que a serapilheira é a principal fonte de nutrientes em ecossistemas florestais, porém pesquisas com esse enfoque são escassas, principalmente em Caatinga. Souto et al. (2009)

verificaram, em área de Caatinga no município de Santa Terezinha-PB, que os teores de macronutrientes na serapilheira, em g kg^{-1} , foram de 13,77; 1,30; 4,64; 8,11; 1,45 e 6,63 para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. Lima et al. (2010), em área de transição Cerrado/Caatinga semidecídua em Esperantina-PI, observaram valores de 11,55; 3,25; 3,10; 11,55 e 2,37 g kg^{-1} para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente.

Alves et al. (2017) verificaram, em área de Caatinga preservada no município de Floresta, PE, que o teor de nutrientes na serapilheira acumulada apresentou o seguinte padrão decrescente: $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{S} > \text{P} > \text{Mg}$ tanto no período chuvoso como no seco. Os valores observados foram de 18,6; 1,8; 4,8; 14,7; 1,3 e 4,0 g kg^{-1} e de 11,7; 1,2; 6,7; 7,6; 1,1; 6,3 g kg^{-1} , respectivamente. Em relação ao conteúdo de nutrientes disponíveis, os valores observados foram de 82,60; 59,10; 22,0; 20,10; 7,30 e 5,50 kg ha^{-1} para N, Ca, K, S, P e Mg, respectivamente.

Em Caatinga no município de Pombal, PB, Holanda et al. (2017) analisaram os teores de nutrientes nas frações de serapilheira, que apresentaram o seguinte padrão: $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{P} > \text{Mg}$. As frações folhas e as estruturas reprodutivas foram as que apresentaram valores mais elevados quanto ao teor e também proporcionaram maior retorno de nutrientes ao solo. A contribuição, por elemento, foi de 70,30; 47,09; 21,26; 10,36 e 6,79 kg ha^{-1} , para Ca, N, K, Mg e P, respectivamente.

Grande parte do território brasileiro encontra-se sob o domínio das florestas tropicais secas que não é uniforme em toda a sua extensão sob diversos aspectos (RODAL; SAMPAIO, 2002). Certamente, há diferentes fitofisionomias. Nelas, os fatores que influenciam na dinâmica da serapilheira e a intensidade desses fatores são particulares de cada ambiente. Portanto, pesquisas robustas devem ser feitas a fim de melhor esclarecer esse elo diante da notória importância que a serapilheira proporciona para a ciclagem de nutrientes. Gerar informações sobre a serapilheira é uma importante ferramenta para a conservação e manutenção natural de florestas.

A altitude também pode exercer influência sobre a dinâmica da serapilheira por meio de mudanças no clima (KÖRNER et al., 1989; FERRAZ et al., 2003; LOPES, 2005; SAMPAIO, 2010). Na microrregião do Araripe pernambucano, o gradiente de altitude é representado pela Chapada do Araripe (LOPES, 2005 e CUNHA, 2017). O maior volume de chuvas em áreas mais elevadas em Caatinga (FERRAZ et al., 2003; LOPES, 2005; SAMPAIO, 2010), a princípio, pode favorecer a decomposição da serapilheira, mas na Chapada do Araripe, é comum a presença de solos arenosos o que pode facilitar o escoamento superficial, a lixiviação de bases trocáveis e perdas de solo por erosão em Caatinga como relatado por Menezes et al. (2012), com baixa capacidade de retenção de água e nutrientes (DONAGEMMA et al., 2016), desfavorável a ciclagem de nutrientes.

Mudanças na altitude podem alterar também a diversidade de espécies e a diversidade funcional (SILVA et al. 2014; PESSOA, 2017), refletindo na qualidade da serapilheira. A diversidade de plantas pode afetar a decomposição, seja pela diversidade da serapilheira produzida, em relação a sua composição química, ou através da diversidade da comunidade de plantas hospedeiras e seu efeito no ambiente de decomposição (JEWEEL et al., 2016). No entanto, para Schindler e Geesner (2009) são as diferenças entre os traços funcionais e não a quantidade de espécies que intensifica a decomposição, tendo em vista que nem todas as espécies têm a mesma importância nos processos ecossistêmicos. Essas diferenças são fundamentais para que a decomposição da serapilheira ocorra de forma lenta e equilibrada.

2.4 DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA, LIBERAÇÃO E CICLAGEM DE NUTRIENTES

A decomposição consiste na quebra de formas orgânicas mais complexas em compostos orgânicos mais simples e elementos minerais (SILVA; MENDONÇA, 2007). É um processo ecossistêmico importante que influencia o ciclo de C e a disponibilidade de nutrientes. Interfere no acúmulo de carbono orgânico e na estabilização da matéria orgânica do solo (LV; LIANG, 2012).

Durante a decomposição da serapilheira, primeiramente, compostos mais lábeis, solúveis em água como os aminoácidos, ácidos orgânicos e açúcares são decompostos. Devido a maior complexidade e insolubilidade em água, a celulose e hemicelulose precisam ser fragmentadas por sistemas enzimáticos específicos. Quando associados a lignina, a decomposição tende a diminuir e, ao final do processo, restarão os compostos menos lábeis (WOLF; WAGNER, 2005). A decomposição da serapilheira resulta, principalmente, no retorno de nutrientes e acúmulo da matéria orgânica no solo, mantendo a funcionalidade e produtividade de áreas florestadas.

Vários fatores abióticos e bióticos influenciam a decomposição da serapilheira, como relatado por Rubiano-Cardona et al. (2013). Ambientes que passam por situações de déficit hídrico no solo em períodos específicos do ano têm uma dinâmica diferenciada a de outros locais onde a precipitação pluviométrica é mais uniforme.

Nesse sentido, o trabalho clássico desenvolvido por Witkamp (1966) exemplifica: no período seco, apesar das altas temperaturas que favorecem a ação dos micro-organismos, a decomposição seria mais lenta nesse período devido à queda na umidade do solo e também dos resíduos orgânicos. Muitas das espécies que habitam esses ambientes apresentam comportamento decíduo e perdem suas folhas em resposta à seca. Muitas delas apresentam folhas de textura rígida que demoram mais a umedecer e, portanto, a se decompor.

A fotodegradação, a degradação da matéria orgânica pela radiação solar, também pode influenciar os fluxos de C e N, incluindo CO, CH₄ e traços de gases de N. Os efeitos sobre os reservatórios e fluxos de C podem ser positivos, devido ao aumento do processo de decomposição da serapilheira e da matéria orgânica do solo pelas reações fotoquímicas ou por facilitar a decomposição pelos microrganismos devido a produção de compostos fotodegradáveis lábeis. Mas também, os efeitos negativos podem ser negativos ao reduzir o crescimento de plantas e dos microrganismos. Interfere tanto na recalcitrância dos compostos, como a respiração basal do solo (KING; BRAND; ADAIR, 2012).

Em termos bióticos, a qualidade da serapilheira é descrita como um fator crítico para o processo de decomposição (GESSNER et al., 2010; CARDINALE et al., 2011; LECERF et al., 2011; KARA et al., 2014; JEWEEL et al., 2016). A diversidade de plantas pode afetar a decomposição seja pela diversidade da serapilheira produzida, em relação a sua composição química, quanto através da diversidade da comunidade de plantas hospedeiras e seu efeito no ambiente de decomposição (JEWEEL et al., 2016).

A serapilheira é formada principalmente por material foliar (LIMA et al., 2015; SOUZA et al., 2016; HOLANDA et al., 2017). O processo de decomposição de uma folha se inicia desde a sua formação (STONE, 1987). A taxa de decomposição de uma folha é modificada por sua própria composição química e essa composição altera a taxa de decomposição das folhas de outras espécies incluídas na mistura (LECERF et al., 2011). No entanto, Gartner e Cardon (2004) compilaram 23 estudos sobre os efeitos da diversidade de espécies na decomposição e verificaram, em 162 tipos de misturas, que em 48% dos casos, houve acréscimo na taxa de decomposição se comparado com a serapilheira formada por única espécie.

De acordo com Schindler e Geesner (2009), isso pode ser justificado pelo fato de que, na verdade, são as diferenças entre os traços funcionais e não a quantidade de espécies que impulsiona a decomposição, tendo em vista que nem todas as espécies são de igual importância para os processos ecossistêmicos. Essas diferenças são cruciais para que o serviço da ciclagem de nutrientes seja contínuo e equilibrado. Em adição, a qualidade da serapilheira determina a comunidade microbiana que a coloniza influenciando as taxas de decomposição (BRAY; KATAJIMA; MACK, 2012). As diferenças iniciais na sua composição química podem persistir até os estágios mais avançados da decomposição (WICKINGS et al., 2012).

Bonanomi et al. (2013) elencaram alguns parâmetros associados a qualidade da serapilheira como a relação C/N e os teores de N e lignina. Em ambientes pobres em N e na presença de

serapilheira com alta relação C/N, ocorre a imobilização do N no solo pelos microrganismos. A condição em que a mineralização se aproxima da imobilização é quando a C/N do substrato está entre 20 e 30 (CANTARELLA, 2007). A lignina é o composto que se decompõe mais lentamente devido à sua elevada complexidade estrutural, o que lhe confere resistência a clivagem pela maioria dos agentes biológicos (KIRK; FARRELL, 1987). As taxas de decomposição da serapilheira se relacionam com o teor inicial de lignina, razão lignina/N ou lignina/celulose (ZHANG et al., 2008).

A decomposição é feita por uma diversidade de organismos estruturados em complexas redes alimentares. Gholz et al. (2000) abordaram a hipótese “home field advantage” (sigla em inglês, HFA), em que há especificidade das comunidades de decompositores pelo seu substrato particular. A decomposição ocorreria de forma mais rápida no ambiente nativo. A competição favorece os organismos mais eficientes e a especialização da biota do solo por seu substrato.

Em meta análise realizada por Wang, Zhong e He (2013), foi constatada a relação positiva entre a HFA e a decomposição da serapilheira. Prescott (2010) relata que a transferência da serapilheira para um outro ambiente de decomposição poderia resultar em subprodutos metabólicos diferentes do original. A HFA seria mais um controle indireto sobre os ciclos do C e dos nutrientes.

A identidade e a diversidade das espécies de plantas influenciam a composição da macrofauna, fungos e bactérias que, por sua vez, determinam as taxas de decomposição da serapilheira (HANDA et al., 2014). Ao aumentar a entrada de nutrientes, a longo prazo, e se relacionar com a complexidade física subterrânea, a diversidade de plantas acima do solo se reflete na diversidade de detritívoros e decompositores abaixo do solo (JEWELL et al., 2016).

Em locais de baixa qualidade, com altos teores de compostos recalcitrantes, como a lignina, há maior presença de fungos do que bactérias. Isso pode ser explicado devido a preferência alimentar dos fungos. Nesse ambiente, também seria favorável a presença de bactérias gram-negativas. Assim, a composição química da serapilheira influenciaria a colonização pelos agentes decompositores que, por sua vez, alteram as taxas de decomposição e liberação de C e nutrientes (BRAY; KATAJIMA; MACK, 2012).

A macrofauna edáfica participa da decomposição pela construção de galerias no solo que facilita a infiltração de água, modifica a distribuição dos poros, o que resulta em menor compactação e conseqüente menor resistência a penetração e maior macroporosidade (ARAÚJO, 2010). Silva e Mendonça (2007) acrescentam outras funções como a redução do tamanho do material orgânico, separação dos componentes do material orgânico, mistura dos componentes

orgânicos e inorgânicos, regulação e dispersão dos microrganismos do solo. A fragmentação da serapilheira facilita a decomposição e, conseqüentemente, a formação das substâncias húmicas.

Os micro-organismos, por sua vez, são os principais atores da decomposição dos resíduos orgânicos. No entanto, assim como verificado para a fotodegradação, normalmente, não são postos em modelos de decomposição, pois muitos o consideram “funcionalmente equivalentes” no que diz respeito ao metabolismo do C (ANDREN; BALANDREAU, 1999). Mas, pesquisas vêm comprovando que na medida em que a decomposição prossegue tanto o número de espécies envolvidas como a biomassa de cada uma se altera. Considerando que a deposição dos resíduos as diferenças entre a composição química da serapilheira são maiores, a comunidade microbiana também seguiria esse padrão (BRAY; KATAJIMA, MACK, 2012).

Os fungos se destacam no ambiente de decomposição, pois são capazes de produzir uma vasta quantidade de enzimas extracelulares que lhes permitem decompor compostos que outros microrganismos são incapazes de fazê-lo (KJOLLER; STRUWE, 1982). Colonizam as folhas desde a sua formação (STONE, 1987), iniciando ali, a decomposição. Como trata-se de um mecanismo sequencial, a diversidade e a quantidade de fungos se alteram. Vorisková e Bandrial (2013) observaram que a sucessão da comunidade fúngica foi conduzida pela disponibilidade de nutrientes e pela exigência nutricional e habilidade competitiva.

Interessante destacar que, algumas pesquisas têm relatado outras fontes de variação na decomposição. Freschet, Aerts e Cornilessen (2012) observaram que esse processo se altera não só com a espécie, mas também entre órgãos da mesma espécie. Os traços relacionados à estrutura como lignina, C e teor de massa seca controlaram de forma mais consistente a decomposição dos diferentes órgãos do que os relacionados a nutrição, como N, P, pH e fenóis, devido a função que desempenham nesses órgãos. Freschet et al. (2013) verificaram que resíduos e raízes finos se decompunham 1,5 e 2,8 vezes mais lento que folhas da mesma espécie.

Ao final de todo esse processo, os nutrientes são liberados ao solo. Souto et al. (2009), em Santa Terezinha, PB, verificaram em relação ao N, P e S, que houve acréscimo em seus teores em 4,95; 0,42 e 4,46 g kg de serapilheira⁻¹, respectivamente. Para o K, Ca e Mg houve perdas de 2,72; 4,70; 0,31 kg de serapilheira⁻¹, respectivamente. Moura (2010), em Santa Terezinha, PB, verificou que as perdas de nutrientes em folhas de cinco espécies de Caatinga e para um mix com 12 espécies ao longo de 360 dias foram de 58; 95 e 89 % para N, P e K, respectivamente.

A ciclagem de nutrientes consiste no fluxo dos elementos químicos essenciais às plantas (PRITCHETT, 1986). É um processo influenciado por diversos fatores de ordem biótica e abiótica

e, portanto, qualquer mudança no ambiente pode alterar esse processo (KING; BRAND; ADAIR, 2012; KARA et al., 2014; JEWHEEL et al., 2016). É realizada em várias etapas específicas e integradas (KJOLLER; STRUWE, 1982; WOLF; WAGNER, 2005; BRAY; KATAJIMA, MACK, 2012). Abrange desde a formação da planta e a retranslocação interna de nutrientes, no ciclo bioquímico (MENGEL; KIRKBY, 1982) a decomposição da serapilheira e liberação de seus nutrientes, bem como a absorção dos nutrientes no solo pelas raízes, via ciclo biogeoquímico (REIS; BARROS, 1990), completando o ciclo biológico de nutrientes (PRITCHETT, 1986).

Em florestas tropicais secas, como a Caatinga, pesquisas sobre ciclagem de nutrientes são, em sua maioria, compartimentadas e o foco é o retorno dos nutrientes proporcionado pela serapilheira (LIMA et al., 2015; HENRIQUES et al., 2016; ALVES et al., 2017; AQUINO et al., 2017; HOLANDA et al., 2017). Por isso, pouco se sabe sobre a contribuição específica do estoque de nutrientes na vegetação e no solo, bem como suas relações nesse processo. Nesse sentido, Zhang, Shuxia e Shangguan (2006) utilizaram uma metodologia abrangente que engloba as relações entre o estoque de nutrientes biomassa das plantas, serapilheira e solo para explicar o ciclo biológico dos nutrientes, referido pelos autores como “três fases ecológicas dos nutrientes”.

Algumas informações sobre essas fases em Caatinga podem ser encontradas na literatura de forma fragmentada. Em pesquisa desenvolvida por Alves et al. (2017) foi constatado, em área preservada, que os conteúdos médios de N, P, K, Ca, Mg e S na biomassa foliar nas espécies de maior densidade absoluta foram: 17,67; 2,32; 7,46; 9,32; 3,85; 1,25 kg ha⁻¹, respectivamente. Em relação a serapilheira, Lima et al. (2010) verificaram que o aporte médio de N, P, K, Ca e Mg foi de 46,10; 13,65; 15,20; 43,90 e 10,20 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Lima et al. (2015) verificaram que o aporte de N, P e K pela serapilheira foi de 93,07; 0,37 e 2,08 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente.

A microrregião do Araripe em Pernambuco está inserida no domínio das florestas tropicais secas que tem por principal característica climática, períodos prolongados de estiagem, onde as chuvas são irregulares tanto entre anos como dentro de um mesmo ano (ALVARES et al., 2013; GUERREIRO et al., 2013; APAC, 2018). Assim, conforme Witkamp (1966), a decomposição é prejudicada durante o período seco devido à redução na umidade do solo. Adicionalmente, o gradiente de altitude provocado pela presença da Chapada do Araripe (LOPES, 2005; CUNHA, 2017) também tem potencial para provocar mudanças climáticas (KÖRNER et al., 1989; FERRAZ et al., 2003; LOPES, 2005; SAMPAIO, 2010), alterando a decomposição de resíduos orgânicos.

Em Caatinga, durante o período úmido, podem ocorrer chuvas curtas e torrenciais que possibilitam o escoamento superficial, a lixiviação de bases trocáveis e as perdas de solo por erosão

como relatado por Menezes et al. (2012). Além disso, em altitudes mais elevadas, como na Chapada do Araripe, é comum a presença de solos arenosos. Esses solos, normalmente, apresentam baixa capacidade de retenção de água e nutrientes (DONAGEMMA et al., 2016). Com isso, o retorno de nutrientes do solo para a vegetação é prejudicado.

Mudanças na altitude podem alterar também a diversidade de espécies e na diversidade funcional (SILVA et al. 2014; PESSOA, 2017). Isso se reflete na qualidade da serapilheira (GARTNER; CARDON, 2004; JEWHEEL et al., 2016) e, portanto, todo o processo de decomposição da serapilheira é alterado e, por conseguinte, a ciclagem de nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). **Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/>>. Acesso em: 02 abr. 2018.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia e Banco Mundial. **Projeto Estal**. Produto 24, Gipsita. Relatório Técnico 34, Perfil da Gipsita, 2009. 34 p.
- BRASIL. **Código Florestal Brasileiro**: Lei 12.651/12. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1032082/lei-12651-12>>. Acesso: 06 set. 2018.
- DIÁRIO DE PERNAMBUCO. **Pernambuco: o maior produtor de gesso do Brasil**. Disponível em: <http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/politica/2018/01/09/interna_politica,737330/ricardo-costa-pernambuco-maior-produtor-de-gesso-do-brasil.shtml>. Acesso em: 09 set 2018.
- BARBOSA, A. A.; FERRAZ, A. V.; SANTOS, G. A. Caracterização química, mecânica e morfológica do gesso β obtido no Araripe. **Cerâmica**, São Paulo, p. 501-508, 2014.
- NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. M. C.; SILVA, E. C.; SILVA, M. A. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n.3, p.617-626, 2011.
- SILVA, E. C.; SILVA, M. F. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUER, M. B. Growth evaluation and water relations of *Erythrina velutina* seedlings in response to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 22, n. 4, p. 225-233, 2010.
- PEREIRA, S. C. F. **Efeito da remoção da cera epicuticular e disponibilidade hídrica sobre o metabolismo fotossintético foliar de uma espécie sempre verde de Caatinga**. 2016. 76 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.
- FERRAZ, E. M. N.; RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B. Physiognomy and structure of vegetation along an altitudinal gradient in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Phytocoenologia**, v.33, n.1, p.71–92, 2003.

ALVES, A. R. et al. Nutrientes na biomassa aérea e na serapilheira em áreas de caatinga em Floresta, PE. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 92, p.413-420, 2017.

ALVES, A. R. **Quantificação de biomassa e ciclagem de nutrientes em áreas de vegetação de Caatinga no município de Floresta, Pernambuco**. 2011. 116 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais: Área de concentração em Manejo florestal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

ANDREN, O.; BALANDREAU, J. Biodiversity and soil functioning from black box to can of worms? **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 13, p105-108, 1999.

AQUINO, D. N. et al. Nutrient cycling and CO₂ emissions in areas of preserved and thinned Caatinga. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 41, n.3, p. 1-10, 2017.

ARAÚJO FILHO, R. N. et al. Recovery of carbon stocks in deforested caatinga dry forest soils requires at least 60 years. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 407, n. 1, p. 210-220, 2018.

ARAÚJO, A. O. **Avaliação de propriedades físicas dos solos e da macrofauna edáfica em áreas submetidas a manejo florestal de vegetação nativa na Chapada do Araripe**. 2010. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola: Área de Concentração em Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

BALTAR, C. A. M.; BASTOS, F. F.; LUZ, A. B. **Diagnóstico do Polo Gesseiro de Pernambuco (Brasil) com ênfase na produção de gipsita para fabricação de cimento**. 2003. Disponível em: <<http://maxgesso.com.br/download/Gipsita%20ufpe.PDF>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

BARBOSA, M. D. **Composição florística, regeneração natural, decomposição e ciclagem de nutrientes, em área de caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Pernambuco**. 2012. 181 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais: Área de concentração em Ecologia e conservação de ecossistemas florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; CARMO, D. N. Classificação nutricional de sítios florestais – Descrição de uma metodologia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 112-120, 1986.

BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e monitoramento. **Informações agronômicas**, Piracicaba, n. 96, 2001. 8 p.

BONANOMI, G. et al. Litter quality assessed by solid state ¹³C NMR spectroscopy predicts decay rate better than C/N and Lignin/N ratios. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 56, p.40–48, 2013.

BRAY, S. R.; KITAJIMA, K.; MACK, M. C. Temporal dynamics of microbial communities on decomposing leaf litter of 10 plant species in relation to decomposition rates. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 49, p. 30-47, 2012.

BRUDER, A. et al. Litter decomposition in a temperate and a tropical stream: the effects of species mixing, litter quality and shredders. **Freshwater Biology**, Oxford, 2013.

- CAMPELLO, F. C. B. **Análise do consumo específico de lenha nas indústrias gesseiras: a questão florestal e sua contribuição para o desenvolvimento sustentável da Região do Araripe – PE**. 2011. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.
- CARDINALE, B. J. et al. The functional role of producer diversity in ecosystems. **American Journal of Botany**, Baltimore, v. 98, p. 572-592, 2011.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1 ed., cap. 7, p. 376-470.
- COSTA, C. C. A. et al. Produção de serapilheira na Caatinga da Floresta Nacional do Açú-RN. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p.246-248, 2007.
- COMPANHIA PERNAMBUCANA DE RECURSOS HÍDRICOS (CPRH). **Instrução Normativa CPRH Nº 007/2006**. Disponível em: <www.cprh.pe.gov.br/downloads/IN%20007%2006.doc>. Acesso em: 15. set. 2018.
- CRISPIM, R. **Polo gesseiro do Araripe deve reduzir impactos ao meio ambiente**. Disponível em: <<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/negocios/polo-gesseiro-do-araripedeve-reduzir-impactos-ao-meio-ambiente-1.1190842>>. Acesso em 08 jan. 2018.
- CUNHA, J. S. A. **Estrutura da paisagem em ambientes com diferentes altitudes no semiárido pernambucano**. 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais: Área de Concentração em Ecologia e Conservação de Ecossistemas Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, cap 3, p. 91-132.
- DELITTI, W. B. C. Estudos da ciclagem de nutrientes: instrumentos para análise funcional de ecossistemas terrestres. **Oecologia Brasiliensis**, v. 1, p. 469-486, 1995.
- DONAGEMMA, G. K. et al. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 9, p.1003-1020, 2016.
- DONOHUE R. J. et al. Impact of CO₂ fertilization on maximum foliage cover across the globe's warm, arid environments. **American Geophysical Union**, Washington, v. 40, p. 3031–3035, 2013.
- DRUMOND, M. A. et al. Produção e distribuição de biomassa de espécies arbóreas no semi-árido brasileiro. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.4, p.665-669, 2008.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas**. Londrina, PR: Planta, 2006. 403 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, v. 18, n. 3, p. 309-316, 2008.

- FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2002. 77 p.
- FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2005. 186 f. Dissertação (Especialização em Solos e Meio Ambiente) – Curso de Pós-graduação “Lato Sensu” a Distância em Solos e Meio Ambiente. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- FAREGIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: PROCEEDINGS OF WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESS, 1993. **Proceedings**. Lincoln, Neb: University of Nebraska, 1993. p. 142-159.
- FIGUEIREDO, K. V. **Ecofisiologia de duas espécies lenhosas, sempre-verde e decídua: estudo de caso com *Cynophalla flexuosa* e *Annona leptopetala* em floresta tropical sazonalmente seca**. 2016. 113 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.
- FRESCHET, G. R. T. et al. Linking litter decomposition of above and below ground organs to plant soil feedbacks worldwide. **Journal of Ecology**, v. 101, p. 943-952, 2013.
- FRESCHET, G. T.; AERTS, R.; CORNELISSEN, J. H. C. A plant economics spectrum of litter decomposability. **Functional ecology**, Oxford, v. 26, p.56-65, 2012.
- GADELHA, F. H. L. **Rendimento volumétrico e energético de clones de híbridos de *Eucalyptus urophylla* (cruzamento natural) e *Eucalyptus brassiana* (cruzamento natural) na Chapada do Araripe – PE**. 2010. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco – PE.
- GARTNER, T. B.; CARDON, Z. G. Decomposition dynamics in mixed-species leaf litter. **Oikos**, Copenhagen, v. 104, p. 230-246, 2004.
- GESSNER, M. O. et al. Diversity meets decomposition. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 25, p. 372-380, 2010.
- GHOLZ H. L. et al. Long-term dynamics of pine and hardwood litter in contrasting environments: toward a global model of decomposition. **Global Change Biology**, Oxford, v. 6, p. 751-765, 2000.
- GRANJA, C V. A. et al. Degradação Ambiental: Exploração de gipsita no Polo Gesseiro do Araripe. **Revista Multidisciplinar de Psicologia**, v.11, n.36, p.239-267, 2017.
- GUERREIRO, M. J. S. et al. Long-term variation of precipitation indices in Ceará State, Northeast Brazil. **International Journal of Climatology**, New York, v. 33, n. 14, p. 2929- 2939, 2013.
- HANDA, T. et al. Consequences of biodiversity loss of litter decomposition across biomes. **Nature**, London, v. 509, p. 218-134, 2014.
- HENRIQUES, I, G. N. et al. Acúmulo, deposição e decomposição de serapilheira sob a dinâmica vegetacional da Caatinga em Unidade de Conservação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.11, n.1, p. 84-89, 2016.

- HOLANDA, A. L. C. et al. Aporte de serapilheira e nutrientes em uma área de Caatinga. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 621-633, 2017.
- JEWELL, M. D. et al. Partitioning the effect of composition and diversity of tree communities on leaf litter decomposition and soil respiration. **Oikos**, Copenhagen, v. 126, n. 7, p.1-13, 2016.
- KARA, O. et al. Litter Decomposition and Microbial Biomass in Temperate Forests in Northwestern Turkey. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 14, n. 1, p.31–41, 2014.
- KING, J. Y.; BRANDT, L. A.; ADAIR, E. C. Shedding light on plant litter decomposition: advances, implications and new directions in understanding the role of phorodegradation. **Biogeochemistry**, The Hague, v. 111, p.57-81, 2012.
- KIRK, T.K.; FARRELL, R. L. Enzymatic combustion the microbial degradation of lignin. **Annual Review of Microbiology**, Palo Alto, v. 41, p. 465–505, 1987.
- KJOLLER, A.; STRUWE, S. Microfungi in ecosystems: fungal occurrence and activity in litter and soil. **Oikos**, Copenhagen, v. 39, p. 289–422, 1982.
- KÖRNER, C. et al. Functional morphology of mountain plants. **Flora**, v.182, n. 5-6, p. 353– 383, 1989.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, SP: RiMa, 2004. 531 p.
- LECERF A. et al. Incubation time, functional litter diversity, and habitat characteristics predict litter-mixing effects on decomposition. **Ecology**, Durham, v. 92, p. 160–169, 2011.
- LIMA, A. L. A. et al. Aporte e decomposição da serapilheira na Caatinga no sul do Piauí. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 1, p.42-49, 2015.
- LIMA, A. L. A. et al. Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil? **Trees**, v. 26, n. 5, p. 1605-1616, 2012.
- LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Enviroments**, London, v. 74, p. 1363-1373, 2010.
- LIMA, S. S. et al. Serapilheira e teores de nutrients em argissolo sob diferentes manejos no norte do Piauí. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p.75-84, 2010.
- 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. (Ed.). **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 215-44.
- LOPES, H. L. **Modelagem de parâmetros biofísicos para avaliação de riscos à desertificação**. 2005. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Informação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

- LV, H.; LIANG, Z. 2012. Dynamics of soil organic carbon and dissolved organic carbon in Robina pseudoacacia forests. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Valdivia, v. 12, n. 4, p. 763-774, 2012.
- MACIEL, M. G. et al. Produção total e das frações de serapilheira em área de Caatinga no semiárido pernambucano. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 14, n. 1, p.43-45, 2012.
- MAGUIRE, D. A. Branch mortality and potential Litterfall from Douglas-fr trees in stands of varying density. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 70, p. 41-53, 1994.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba, SP: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARTIN-PREVEL, P.; GAENARD, J.; GAUTIER, P. L'analyse vegetable dans le controle de l'alimentation des plantes temperées et tropicales. **Technique e Documentation**, Paris, 1984. 802 p.
- MEDEIROS, M. L. D.; SANTOS, R. V.; TERTULIANO. Avaliação do estado nutricional de dez espécies arbóreas ocorrentes no semi-árido paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.3, p.31-39, 2008.
- MENEZES, R. S. C. et al. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 72, n. 3, p.643-653, 2012.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1982. 655p.
- MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 65-90.
- MOLICA, S. G. **Produção de biomassa e eficiência nutricional de híbridos interespecíficos de eucalipto, em duas Regiões Bioclimáticas de Minas Gerais**. 1992. 84 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.
- MORAIS, K.; FRANÇA, F. **A Produção de Gesso no Araripe**. 2016. Coleção Ecoexpedições. Disponível em: <<http://panoramacultural.com.br/a-producao-de-gesso-no-araripe/>>. Acesso em: 30 mai. 2018.
- PERNAMBUCO. Blog de notícias. **Paulo Câmara simplifica tributação do Polo Gesseiro**. Disponível em: <<http://www.pe.gov.br/mobile/blog/2017/12/28/paulo-camara-simplifica-tributacao-do-polo-gesseiro/>>. Acesso em: 07 jan. 2018.
- PESSOA, C. D. S. **Montagem de comunidades vegetais sob a perspectiva da filtragem abiótica**. 2017. 85 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais: Área de concentração em Ecologia e Conservação de Ecossistemas Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.
- PRITCHETT, W. L. **Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento**. México: Limusa, 1986. 634 p.

- REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.265-301.
- REZENDE, J. S. **Qualidade de Latossolos na chapada do Araripe sob diferentes coberturas vegetais**. 2017. 116 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Concentração em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.
- RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B. A vegetação do bioma caatinga. In: SAMPAIO, E.V.S.B.; A. M.; GIULIETTI, J. VIRGÍNIO; C. F. L. GAMARRA-ROJAS (Ed.). **Vegetação e flora das caatingas**. Recife: APNE/CNIP, 2002. p.11-24.
- RUBIANO-CARDONA, K. et al. Production, accumulation, and decomposition of leaf litter in a colombian subandean forest and neighborin áreas of restoration. **Boletín Científico do Museo de Historia Natural**, v. 17, n. 2, p.47-59, 2013.
- SALGADO, E. V. et al. Rainfall patterns and the contribution of litter in the caatinga dry tropical forest. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 2, p. 299-309, 2015.
- SAMPAIO, E. V. S. B Caracterização do bioma caatinga - características e potencialidades. In: GARIGLIO, M. A. et al. (Orgs.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 29-48.
- SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Produção de serapilheira na Caatinga da região semi-árida do Rio Grande do Norte, Brasil. **IDESIA**, Arica, v. 29, n. 2, p.87-94, 2011.
- SANTOS, P. S. et al. Diferenças sazonais no aporte de serapilheira em uma área de Caatinga em Pernambuco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 4, p. 94-101, 2011.
- SCHINDLER, M. H.; GESSNER, M. O. Functional leaf traits and biodiversity effects on litter decomposition in a stream. **Ecology**, Durham, v. 90, n. 6, p. 1641-1649, 2009.
- SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.
- SILVA, F. K. G. et al. Patterns of species richness and conservation in the Caatinga along elevational gradients in a semiarid ecosystem. **Journal of Arid Environments**, London, v.110, p.47- 52, 2014.
- SILVA, G. C; SAMPAIO, E. V. S. B. Biomassas de partes aéreas em plantas da Caatinga. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 567-575, 2008.
- SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1 ed., cap. 6, p. 275-374.
- SOUTO, P. C. et al. Características químicas da serapilheira depositada em área de Caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 264-272, 2009.

SOUZA, B. V. et al. Avaliação da sazonalidade da deposição de serapilheira em área de preservação da Caatinga na Paraíba, Brasil. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 12, n. 3, p. 325-331, 2016.

STONE J. K. Initiation and development of latente infections by *Rhizoctonia parkeri* on Douglas-fir. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 65, p. 2614–2621, 1987.

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

TURKAN, I. **Plant responses to drought and salinity stress: developments in post-genomic era**. London: Elsevier, 2011. 593 p. (In *Advances in Botanical Research*, 57).

VIRGENS, A. L. P. et al. Biomassa de espécies florestais em áreas de caatinga arbórea. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 92, p. 555-561, 2017.

VORISKOVÁ, J.; BANDRIAN, P. Fungal community on decomposing leaf litter undergoes rapid successional changes. **International Society for Microbial Ecology**, Durham, v. 7, p. 477-486, 2013.

WANG, Q.; ZHONG, M.; HE, T. Home-field advantage of litter decomposition and nitrogen release in forest ecosystems. **Biologic Fertility Soils**, Berlin, v. 49, p. 427-434, 2013.

WICKINGS, K. et al. The origin of litter chemical complexity during decomposition. **Ecology Letters**, Oxford, p. 1-9, 2012.

WITKAMP, M. Decomposition of leaf litter in relation to environment microflora and microbial respiration. **Ecology**, Durham, v. 47, n. 1, p. 194-201, 1966.

WOLF, D. C.; WAGNER, G. H. Carbon transformations and soil organic matter formation. In: SYLVIA, D. M. et al. **Principles and applications of soil microbiology**. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 2 ed. p. 218-256.

ZHANG, D. et al. Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. **Journal of Plant Ecology**, v. 1, p. 85-93, 2008.

CAPÍTULO I

DINÂMICA NUTRICIONAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA EM FRAGMENTOS DE FLORESTA TROPICAL SECA AO LONGO DE UM GRADIENTE DE ALTITUDE

RESUMO

A pressão antrópica pelos recursos naturais da Caatinga tem causado rápida degradação ambiental. Seu clima caracteriza-se por períodos prolongados de estiagem. Além disso, a Caatinga apresenta áreas sob altitudes elevadas. Esses fatores podem alterar a dinâmica de absorção de nutrientes pelas espécies florestais. Acredita-se que, a eficiência de utilização biológica dos nutrientes pelas espécies tenha relação positiva com a altitude; que os teores dos nutrientes no tecido foliar sejam maiores no período úmido e que, no período seco, há maior concentração de nutrientes no solo, sobretudo na camada superficial. Essa pesquisa objetivou avaliar a eficiência de utilização biológica dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg em espécies florestais inseridas ao longo de um gradiente de altitude, bem como avaliar o efeito da sazonalidade climática sobre os teores de carbono orgânico total (COT), N, P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ no solo e de N, P, K, Ca e Mg em espécies florestais de fenologia foliar não-decídua em Araripina, Pernambuco. Os fragmentos localizam-se no município de Araripina/PE e foram classificados conforme altitude: Baixada (<600 m), Encosta (600 e 750 m) e Chapada (>750 m). Após definidas as cinco espécies de maior densidade absoluta por ambiente, foram determinados os teores de N, P, K, Ca e Mg e calculados o conteúdo e a eficiência de utilização biológica desses nutrientes pelas espécies. Nos períodos seco e úmido, foram determinados os teores de COT, N, P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ no solo e os teores de N, P, K, Ca e Mg das espécies: *Metrodorea mollis*, *Pilocarpus spicatus* e *Cynophalla flexuosa*. Em ambientes de solo de maior fertilidade natural, a eficiência de utilização biológica de nutrientes foi mais concentrada em poucas espécies e em solos menos férteis, foi mais compartilhada entre as espécies. Quanto menor o teor do nutriente no solo, maior número de espécies tornou-se eficiente em sua utilização. Os teores de COT e dos nutrientes se concentraram durante o período seco e na camada superficial do solo. A capacidade de absorver nutrientes foi mais compartilhada entre as espécies no período seco e mais concentrada em uma única espécie no período úmido.

Palavras-chave: biomassa foliar; conteúdo de nutrientes, eficiência nutricional; topossequência; Savana-Estépica

ABSTRACT

Anthropogenic pressure on Caatinga's natural resources has caused rapid environmental degradation. Its climate is characterized by prolonged periods of drought. In addition, the Caatinga presents areas of high altitudes. These factors may change the dynamics of nutrient absorption by forest species. It is believed that the efficiency of biological utilization of the nutrients by the species is positively related to altitude; the contents of nutrients in leaf tissue are higher in the wet period and that, in the dry period, there is a higher concentration of nutrients in the soil, especially in the superficial layer. The objective of this research was evaluate the biological efficiency of nutrients N, P, K, Ca and Mg in forest species inserted along an altitude gradient, as well as to evaluate the effect of climatic seasonality on total organic carbon (TOC), N, P, K⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺ in soil and N, P, K, Ca and Mg in non-deciduous leaf phenology in Araripina, Pernambuco. The fragments are located in the municipality of Araripina/PE and were classified according to altitude: Lowland (<600 m), Slope (between 600 and 750 m) and Plateau (> 750 m). After determining the five species with the highest absolute density per environment, the N, P, K, Ca and Mg contents were determined and the content and efficiency of the biological utilization of these nutrients by the species were calculated. In the dry and humid periods, the N, P, K, Ca and Mg contents of the species *Metrodorea mollis*, *Pilocarpus spicatus* and *Cynophalla flexuosa* were determined. In soil areas with higher natural fertility, the efficiency of biological nutrient utilization was more concentrated in a few species and in less fertile soils, it was more shared between the species. The lower the nutrient content in the soil, the greater number of species became efficient in its use. The TOC and nutrient contents were concentrated during the dry season and in the superficial layer. The ability to absorb nutrients was shared more between species in the dry period and more concentrated in a single species in the wet period.

Keywords: dry leaf mass; nutrient content, nutritional efficiency, toposequence; Caatinga

1. INTRODUÇÃO

As florestas tropicais secas são amplamente distribuídas nos trópicos. Representam, aproximadamente, 40% das florestas tropicais (MURPHY; LUGO, 1986) e cobrem uma área estimada de $1,059 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ (MILES et al., 2006). No Brasil, a Caatinga, encontra-se na região semiárida com área estimada em 844.453 km^2 (BRASIL, 2014). Apesar da elevada riqueza de espécies da fauna e da flora e da estreita relação da vegetação com o sustento de comunidades locais, mais de 46% da Caatinga foram desmatados e apenas 7,5% de sua área é protegida por unidades de conservação, cerca de 1% sob regime de proteção integral (BRASIL, 2018).

A pressão antrópica pelos recursos naturais da Caatinga tem causado um rápido processo de alteração e degradação ambiental, a exemplo do que ocorre com a vegetação do município de Araripina, em Pernambuco (GRANJA et al., 2017). A lenha, oriunda em sua maioria de desmatamentos ilegais, é responsável por 73% da matriz energética do Arranjo Produtivo Local do Polo Gesseiro do Araripe, principal produtor de gesso do País (CRISPIM, 2015). Isso colabora para a fragmentação da vegetação local, sobretudo, em áreas de baixa altitude (CUNHA, 2017).

De acordo com o artigo 31 da Lei 12.651 de 2012, Código Florestal, (BRASIL, 2012), a exploração de florestas nativas e formações sucessoras, seja de domínio público ou privado, salvo algumas exceções, depende de licenciamento pelo órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente, mediante aprovação prévia de Plano de Manejo Florestal Sustentável. Assim, a implantação de outras áreas para o Manejo Florestal e a expansão das existentes podem permitir a continuidade da exploração da gipsita e a conservação dos ecossistemas florestais locais.

Em Caatinga, o ciclo de corte para Planos de Manejo Florestal Sustentável é de, no mínimo, 15 anos (CPRH, 2006). Porém, ao analisar a qualidade de solo de Caatinga sob a ótica do carbono, Araújo Filho et al. (2018) concluíram que são necessários, no mínimo, 30 anos para permitir que o solo reconstrua 50% dos estoques significativos desse elemento. Resultados como esse, indicam que outros aspectos devem ser observados ao se determinar o ciclo de corte.

Para que se proponham medidas de preservação ou conservação da vegetação ou, ainda, propostas de adequação aos Planos de Manejo Florestal Sustentável, é necessário ampliar os conhecimentos já adquiridos. Pesquisas sobre a ciclagem de nutrientes podem fornecer subsídios para entender os ciclos biogeoquímicos, elementares para manutenção da diversidade genética e biológica. O ciclo bioquímico trata da retranslocação interna de nutrientes (MENGEL; KIRKBY, 1982), enquanto que o biogeoquímico aborda desde a decomposição dos resíduos orgânicos e a liberação de seus nutrientes, bem como a absorção deles pelas raízes (REIS; BARROS, 1990).

Conforme entendimento de Martin-Prevel, Gaenar e Gautier (1984), as folhas são as principais responsáveis pelas atividades fisiológicas das plantas. Tecido em que ocorrem importantes reações metabólicas e onde alterações oriundas de distúrbios nutricionais são mais evidentes. Por isso, a análise foliar é uma das técnicas utilizadas para a avaliação do estado nutricional das plantas, o que possibilita verificar a ocorrência de desequilíbrios nutricionais, em seus diferentes níveis (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Contudo, analisar apenas o teor de nutrientes pode resultar em uma compreensão precipitada em nível de espécie e ambiente. Por isso, é necessário a análise do conteúdo ou estoque de nutrientes, relação direta entre massa seca total da espécie e o teor do nutriente. Essa informação permite avançar nos estudos nutricionais ao inferir sobre a contribuição do componente foliar de cada espécie para a ciclagem de nutrientes (ESPIG et al., 2008).

Na avaliação da dinâmica nutricional, a eficiência de utilização biológica dos nutrientes pelas espécies constitui a razão entre a biomassa total do compartimento e o conteúdo do nutriente acumulado nessa biomassa (BARROS; NOVAIS; CARMO, 1986). Espécies com maior eficiência produzem mais biomassa utilizando menos nutrientes. Nessa perspectiva, Molica (1992) recomenda a introdução de espécies com maior eficiência em solos de baixa fertilidade natural. Esse indicador pode auxiliar os planos de recuperação de áreas degradadas e na restauração florestal.

Em Caatinga, as chuvas são irregulares tanto entre os anos como dentro de um mesmo ano. Monitoramento dos últimos vinte anos no município de Araripina revelou que em 1998, a precipitação pluviométrica acumulada foi de apenas 23 mm e em 2013 foi de 843 mm. Em 2017, a diferença registrada entre o mês de março e o de setembro foi de 151 mm (APAC, 2018). Isso resulta em mudanças no teor e na eficiência de utilização biológica dos nutrientes pelas espécies, pois a movimentação do nutriente em direção à raiz depende da umidade do solo (FAQUIN, 2005).

Como adaptação, a maioria das espécies apresenta fenologia foliar decídua (LIMA; RODAL 2010; LIMA et al., 2012). Também, há relatos de redução da área foliar naquelas que mantêm suas folhas como alternativa para diminuir a transpiração e, assim, conservar o restrito estoque de água no solo por mais tempo (SILVA et al., 2010; NASCIMENTO et al., 2011). A caducifolia restringe a realização de pesquisas ao período de maior precipitação pluviométrica (MEDEIROS, SANTOS; TERTULIANO, 2008; BARBOSA, 2012; ALVES et al., 2017).

O município de Araripina apresenta outra particularidade: o gradiente de altitude, representado pela Chapada do Araripe (LOPES, 2005; CUNHA, 2017). Normalmente, mudanças nos aspectos climáticos em função do aumento da altitude incluem: diminuição da temperatura;

mudança do balanço hídrico, da umidade absoluta e da pressão parcial de O₂ e CO₂; aumento da radiação ultravioleta e diminuição da velocidade dos ventos (KÖRNER et al., 1989).

Ferraz et al. (2003), no sertão do Pajeú, PE, verificaram em áreas com menor altitude, que as chuvas diminuíram em 50% e que houve aumento de 3 °C na temperatura do ar em relação a cota mais alta. A área mais baixa apresentou maior deficiência hídrica, menor reposição de água, sem excedente hídrico. Áreas de Caatinga sob maiores altitudes apresentam umidade relativa do ar mais elevada, balanço hídrico mais favorável e menores taxas de evapotranspiração (SAMPAIO, 2010).

Lopes (2005) verificou na bacia do rio Brígida no semiárido pernambucano que, em áreas de baixa altitude, a precipitação pluviométrica acumulada anual variou entre 400 e 500 mm e, na chapada do Araripe, esses valores atingiram médias entre 700 e 800 mm. O aumento das chuvas permite a movimentação dos nutrientes para as raízes das plantas (FAQUIN, 2005) porém, quando curtas e torrenciais possibilitam o escoamento superficial, a lixiviação de bases trocáveis e perdas de solo por erosão (MENEZES et al., 2012). Esses processos são potencializados em áreas de solo arenoso, comuns na Chapada do Araripe que, normalmente, apresentam baixa capacidade de retenção de água e nutrientes (DONAGEMMA et al., 2016), prejudicando a nutrição das espécies.

Portanto, no período seco, apenas o ciclo bioquímico atua na ciclagem devido a retranslocação de nutrientes das folhas mais velhas para as mais novas e remanescentes (MENGEL; KIRKBY, 1982). No período úmido, o solo passaria a exercer maior influência, via ciclo biogeoquímico, fornecendo nutrientes para as plantas (REIS; BARROS, 1990).

Nesse contexto, essa pesquisa teve por objetivo avaliar a eficiência de utilização biológica dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg pelas espécies florestais inseridas ao longo de um gradiente de altitude, bem como avaliar o efeito da sazonalidade climática sobre os teores de carbono orgânico total (COT), N, P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ no solo e de N, P, K, Ca e Mg em espécies florestais de fenologia foliar não-decídua, em fragmentos de floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco.

Testarem-se as seguintes hipóteses: 1) a eficiência de utilização biológica dos nutrientes pelas espécies apresenta relação positiva com a elevação da altitude. Assim, espera-se que espécies em áreas sob baixa altitude apresentem menor eficiência de utilização biológica de nutrientes. 2) o teor de COT e dos nutrientes no solo e os teores de nutrientes na biomassa foliar de espécies florestais de fenologia foliar não-decídua sofrem alteração em resposta às variações na disponibilidade de água no solo durante o período úmido e seco em Caatinga. Assim, acredita-se que, no período seco, ocorre o acúmulo de nutrientes no solo, sobretudo, nas camadas superficiais. No período úmido, as espécies florestais concentram mais nutrientes no tecido foliar.

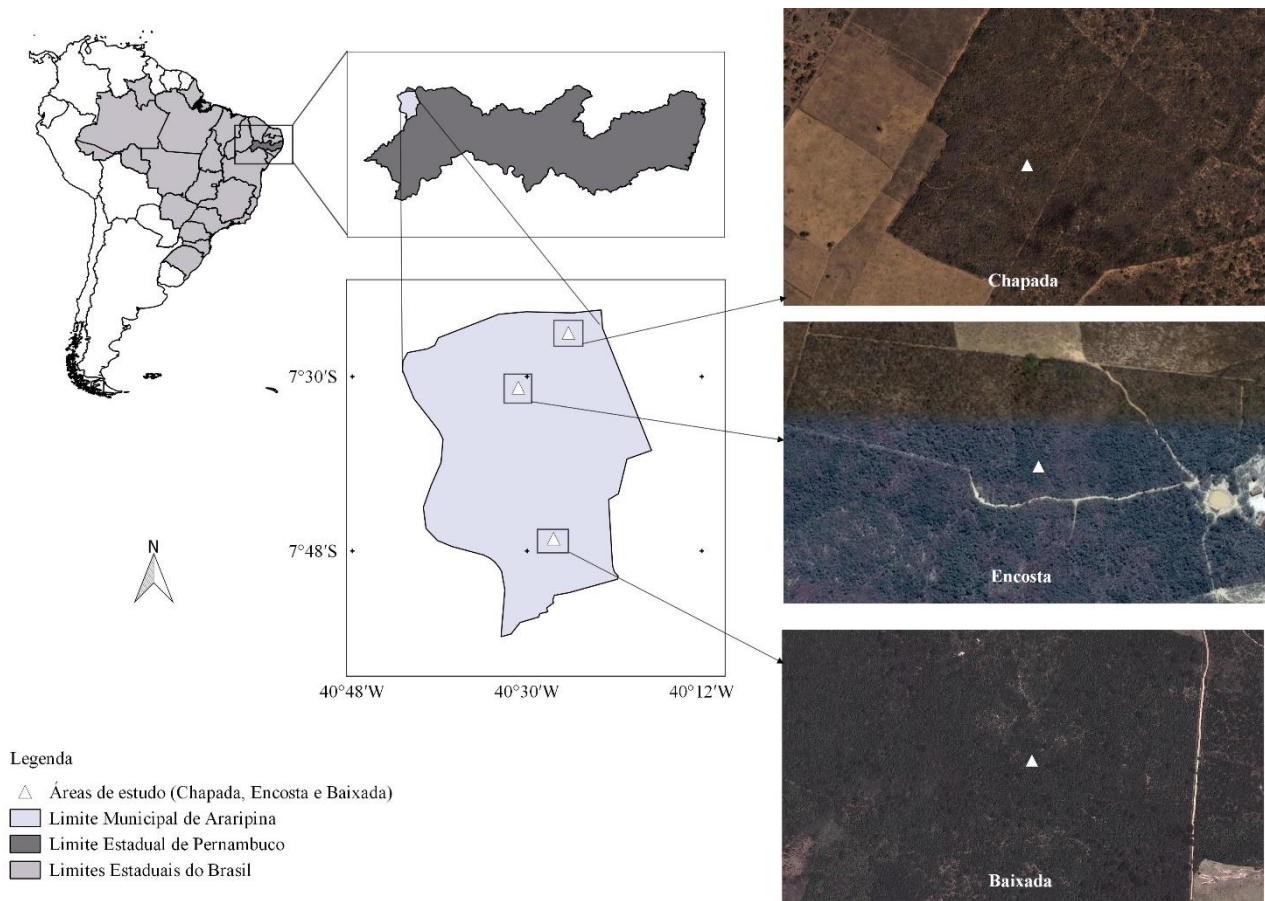
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 AMBIENTES DE ESTUDO

2.2.1 Características gerais

O município de Araripina localiza-se na bacia do rio Brígida, a oeste do estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil e está situado sob as seguintes coordenadas geográficas: 07°34'34''S e 40°29'54''W. Apresenta altitude média de 522 m e área total de 1914,40 km² (IBGE, 2010) (Figura 1).

Figura 1. Localização geográfica dos ambientes Chapada, Encosta e Baixada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco, nordeste do Brasil



Os ambientes estão distribuídos nesse município ao longo de um gradiente de altitude (toposequência). Classificou-se como ambiente Baixada, o fragmento florestal com altitude de até 600 m; ambiente Encosta, aquele cuja altitude situou-se entre 600 e 750 m; e ambiente Chapada, o

fragmento localizado acima dos 750 m, conforme proposto por Cunha (2017). A localização geográfica e as principais características de cada ambiente estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1. Localização, características climáticas, vegetacionais e de solo dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Ambiente	Baixada	Encosta	Chapada
Localização	Araripina, Pernambuco (07°46'58,28"S e 40°27'13,73"O)	Araripina, Pernambuco (07°31'9,16"S e 40°30'54,01"O)	Araripina, Pernambuco (07°25'36,28"S e 40°25'44,71"O)
Área	100 ha	100 ha	20 há
Clima ¹	BShw'	BShw'	BShw'
Altitude	540 m	664 m	847 m
Precipitação ²	400-500 mm	400-500 mm	700-800 mm
Temperatura ¹	24 a 26°C	24 a 26°C	24 a 26°C
Domínio ³	FTS ⁴	FTS	FTS
Fitofisionomia	Caatinga arbórea	Contato Caatinga-Carrasco	Carrasco
DA (ni ha ⁻¹) ⁵	872	1688	1288
H' (nats ha ⁻¹) ⁶	2,45	2,33	2,32
Solo/Classificação	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) ⁷	Neossolo Litólico (NL) ⁷	Latossolo Amarelo distrófico (LAd) ^{7,8}
Uso e ocupação ⁹	Agropecuária	Floresta densa	Floresta esparsa
pH (H ₂ O)	5,92	4,77	4,82
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	5,56	0,50	0,88
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,02	0,40	0,63
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,49	0,15	0,10
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,00	0,24	0,18
(H+Al) (cmol _c dm ⁻³)	2,26	3,41	3,51
P (mg dm ⁻³)	5,70	4,60	1,40
CTC _{efetiva} (cmol _c dm ⁻³) ¹⁰	8,13	1,32	1,81
CTC _{potencial} (cmol _c dm ⁻³) ¹¹	10,39	4,49	5,14
V (%) ¹²	77,72	24,46	31,42
m (%) ¹³	0,00	18,40	10,54
COT (g kg ⁻¹) ¹⁴	59,30	15,80	6,30
N (g kg ⁻¹)	1,25	0,64	0,98

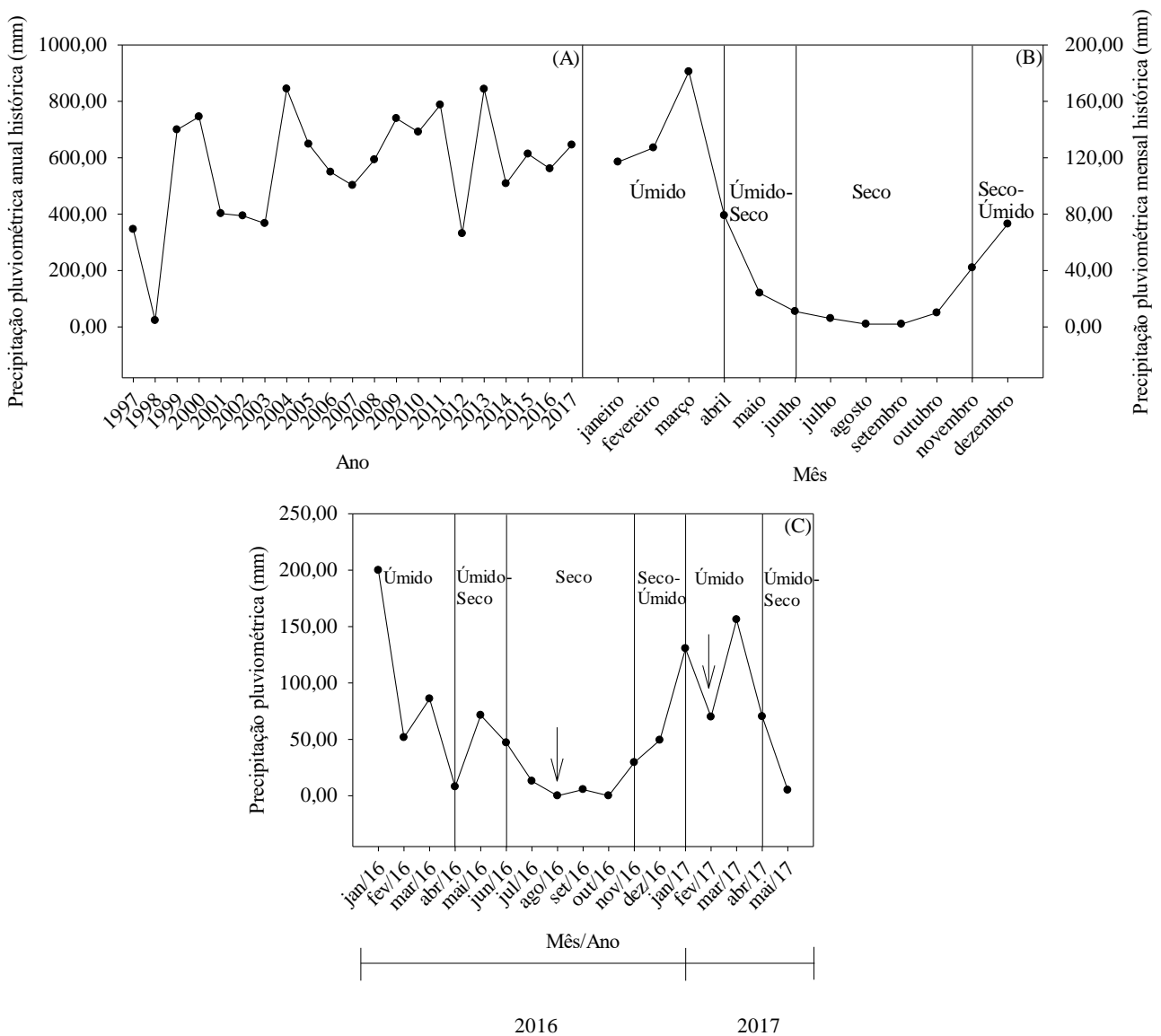
¹Clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude ou clima semiárido quente (ALVARES et al., 2013); ²LOPES (2005); ³IBGE (2012); ⁴Floresta tropical seca; ⁵Densidade absoluta (número de indivíduos ha⁻¹); ⁶Índice de diversidade de Shannon-Wiener; ⁷EMBRAPA (2013); ⁸REZENDE (2017); ⁹CUNHA (2017); ¹⁰Capacidade de troca de cátions efetiva; ¹¹Capacidade de troca de cátions potencial; ¹²Saturação por bases; ¹³Saturação por alumínio; ¹⁴Teor

de C orgânico total do solo. Todos os atributos químicos do solo foram determinados em amostras coletadas em até 20 cm de profundidade e conforme procedimentos metodológicos da EMBRAPA (2011).

2.1.2 Períodos de avaliação

A série histórica da precipitação pluviométrica dos últimos 20 anos (1997-2017) mostrou a irregularidade no regime hídrico do município, cujo acumulado oscilou entre 23 mm (em 1998) e 843 mm (em 2013). A média registrada nesse período foi de 563 mm (Figura 2A) (APAC, 2018).

Figura 2. Precipitação pluviométrica anual histórica entre os anos de 1997 e 2017 do município de Araripina, Pernambuco, Brasil (A) e precipitação pluviométrica mensal histórica, subdivida em períodos úmido, seco e de transição (B). Precipitação pluviométrica (essa pesquisa), subdivida em períodos úmido, seco e de transição. As setas indicam o período de coleta de folhas e solo (C)
Fonte: APAC (2018)



Ressalta-se também, a irregularidade na distribuição das chuvas ao longo de um mesmo ano. Em março, o acumulado foi de 181 mm e em setembro e outubro, apenas 2 mm (Figura 2B). A partir da média mensal da série histórica (1997 a 2017), foram definidos quatro períodos: úmido, seco e de transição úmido-seco e seco-úmido. Considerou-se período úmido, os meses de janeiro a março, cuja média foi de 142 mm; período seco, os meses de junho a outubro, com média de 6 mm; período de transição úmido-seco, os meses de abril e maio e transição seco-úmido, os meses de novembro e dezembro, ambos com médias entre 51-58 mm.

Dessa forma, foram escolhidos dois períodos extremos quanto à precipitação pluviométrica para coleta de folhas e solo: seco e úmido. As coletas ocorreram no mês de agosto de 2016 e fevereiro de 2017, respectivamente (Figura 2C). O comportamento climático entre janeiro de 2016 e maio de 2017 foi monitorado por meio da precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e temperatura do ar (Tabela 2).

Tabela 2. Precipitação pluviométrica (média e acumulada referente ao período dessa pesquisa e da série histórica, entre 1997 e 2007), umidade relativa do ar e temperatura do ar subdivididos em períodos úmido, úmido-seco, seco e seco-úmido entre os meses de janeiro de 2016 a maio de 2017 no município de Araripina, Pernambuco

Período/Ano	Precipitação pluviométrica (mm)				UR ² (%)	T ³ (°C)
	Média (essa pesquisa)	Média (série histórica ¹)	Acumulada (essa pesquisa)	Acumulada (série histórica ¹)		
Úmido/2016	112,43	141,67	337,30	425,00	69,38	24,16
Úmido-Seco/2016	39,70	51,50	79,40	103,00	67,88	24,42
Seco/2016	13,10	6,20	65,50	31,00	57,97	23,95
Seco-Úmido/2016	39,40	57,50	78,80	115,00	55,34	26,07
Úmido/2017	118,83	146,67	356,50	425,00	72,68	24,31
Úmido-Seco/2017	37,60	51,50	75,20	103,00	70,31	23,97

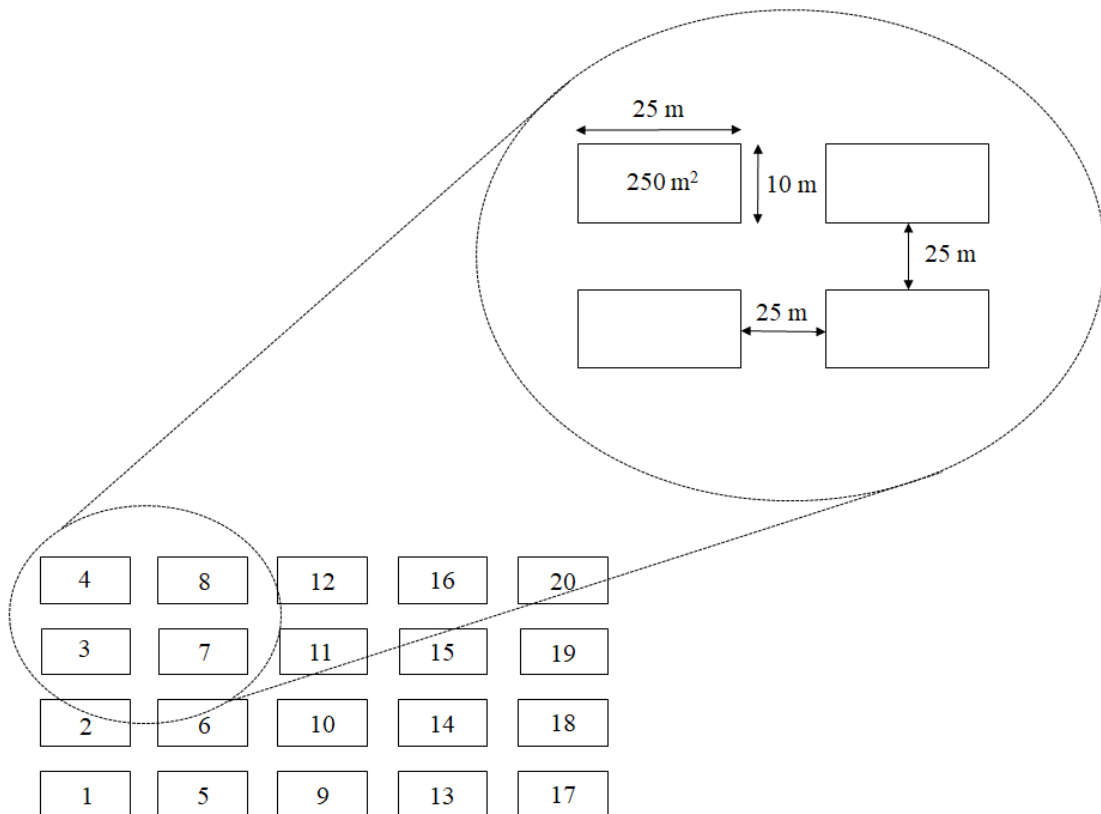
¹Referente aos últimos 20 anos (1997-2017); ²Umidade relativa do ar; ³Temperatura do ar. Fonte (APAC, 2017).

2.1.3 Levantamento florístico e fitossociológico

Em cada ambiente, foi realizado levantamento florístico e fitossociológico para indivíduos adultos das espécies de hábito arbustivo e arbóreo. Para isso, foram instaladas, em cada um deles, 20 parcelas nas dimensões de 10 x 25 m (250 m²), distribuídas de forma sistemática, equidistantes 25 m umas das outras (Figura 3).

Os indivíduos foram selecionados de acordo com o critério de inclusão que foi a circunferência a 1,30 do solo ser maior ou igual a 10 cm (CAP 1,30 \geq 10 cm).

Figura 3. Distribuição das parcelas nos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco



A identificação, em nível de espécie, foi feita por meio de comparação com exsicatas depositadas no Herbário Sérgio Tavares (HST), localizado no Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Na identificação, foi utilizado o sistema de classificação APG III (2009). A correção da grafia e a autoria dos nomes científicos das espécies obedeceram ao preconizado pelo Missouri Botanical Garden (MOBOT, 2018). Assim, foram escolhidas, em cada ambiente, as cinco espécies de maior densidade absoluta (DA) (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Espécie	Hábito	Fenologia foliar	Família-Subfamília	DA ¹ (Ind. ha ⁻¹)	DR ² (%)
Baixada					
<i>Croton blanchetianus</i> Baill	Arbóreo	Decíduo	Euphorbiaceae	304	34,86
<i>Poincianella gardneriana</i> (Benth.) L.P. Queiroz	Arbóreo	Decíduo	Fabaceae- Caesalpinioideae	162	18,58
<i>Parapiptadenia zehntneri</i> (Harms) M.P. Lima & H.C. Lima	Arbóreo	Decíduo	Fabaceae-Mimosoideae	48	5,50
<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart.	Arbóreo	Decíduo	Apocynaceae	40	4,59
<i>Croton</i> sp. ³	Arbustivo	Decíduo	Euphorbiaceae	40	4,59
∑ das cinco espécies (maior DA)	-	-	-	594	68,12
∑ das outras espécies	-	-	-	278	31,88
Total	-	-	-	872	100,00
Encosta					
<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	Arbóreo	Decíduo	Combretaceae	304	18,01
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J. Presl	Arbustivo	Não-decíduo	Capparaceae	278	16,47
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton	Arbóreo	Decíduo	Fabaceae-Mimosoideae	278	16,47
<i>Swartzia flaemingii</i> Raddi	Arbóreo	Decíduo	Fabaceae-Papilionoideae	204	12,09
<i>Piptadenia viridiflora</i> (Kunth) Benth.	Arbóreo	Decíduo	Fabaceae-Mimosoideae	198	11,73
∑ das cinco espécies (maior DA)	-	-	-	1262	74,76
∑ das outras espécies	-	-	-	426	25,24
Total	-	-	-	1688	100,00
Chapada					
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Arbóreo	Decíduo	Nyctaginaceae	310	24,07
<i>Croton limae</i> A.P.S. Gomes, M.F. Sales & P.E. Berry	Arbóreo	Decíduo	Euphorbiaceae	236	18,32
<i>Metrodorea mollis</i> Taub.	Arbóreo	Não-decíduo	Rutaceae	232	18,01
<i>Annona leptopetala</i> (R.E.Fr. H. Rainer)	Arbustivo	Decíduo	Annonaceae	104	8,07
<i>Pilocarpus spicatus</i> subst. aracatensis Kaastra	Arbustivo	Não-decíduo	Rutaceae	102	7,92
∑ das cinco espécies (maior DA)	-	-	-	984	76,40
∑ das outras espécies	-	-	-	304	23,60
Total	-	-	-	1288	100,00

¹Densidade absoluta = (número de indivíduos da espécie i/ha); ²Densidade relativa = (número de indivíduos da espécie i/número total de indivíduos) × 100 (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974); ³Identificada apenas em nível de gênero.

Entende-se por DA, o número de indivíduos por unidade de área no povoamento amostrado, calculado conforme a seguinte expressão (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974):

$$DA = \frac{ni}{A} \quad (1)$$

DA: densidade absoluta da espécie *i* (Ind. ha⁻¹); *ni*: número de indivíduos da espécie *i*; A: área em hectare (ha). Os indivíduos de cada espécie foram mensurados em 20 parcelas nas dimensões de 10 x 25 m (5.000 m²). Posteriormente, os dados foram extrapolados para 10.000 m² (um hectare).

2.1.4 Estimativa da biomassa foliar

Em cada ambiente, estimaram-se a biomassa foliar média por espécie (kg indivíduo⁻¹) e total (kg ha⁻¹). As equações alométricas de potência utilizadas para estimar a biomassa foliar foram as propostas por Silva e Sampaio (2008) para espécies de hábito arbustivo e arbóreo (Tabela 4). Ambas utilizam como variável preditiva o diâmetro à altura do peito (DAP, em cm). Para calcular o diâmetro à altura do peito, utilizou-se a seguinte equação:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (2)$$

CAP: circunferência à altura do peito (cm) medida a 1,30 m do solo no levantamento fitossociológico.

Para estimar a biomassa foliar individual (kg indivíduo⁻¹) das espécies de hábito arbóreo utilizou-se a equação:

$$\hat{Y} = 0,0681 \times DAP^{1,5829} \quad (3)$$

\hat{Y} : biomassa foliar (kg); 0,0681: parâmetro do modelo; DAP: diâmetro à altura do peito (cm); 1,5829: parâmetro do modelo.

Para as espécies com hábito arbustivo foi utilizada a seguinte equação:

$$\hat{Y} = 0,1900 \times DAP^{2,0515} \quad (4)$$

\hat{Y} : biomassa foliar (kg); 0,1900: parâmetro do modelo; DAP: diâmetro à altura do peito (cm); 2,0515: parâmetro do modelo.

Para quantificar a biomassa foliar total (em kg ha⁻¹) das cinco espécies de maior DA de cada ambiente (Tabela 4), somaram-se as biomassas foliares individuais. Os indivíduos, por espécie, foram mensurados em 20 parcelas nas dimensões de 10 x 25 m (5.000 m²). Posteriormente, os dados foram extrapolados para 10.000 m² (um hectare) (ESPIG et al., 2008).

Ressalta-se que, como se trata de uma estimativa indireta relacionada à biomassa foliar das espécies no período úmido, com pleno estrato foliar (SILVA; SAMPAIO, 2008), não foi possível

estimar a biomassa foliar das espécies no período seco, porque a diferença no DAP entre os períodos seco e úmido é muito pequena e não alteraria significativamente esse valor.

Tabela 4. Biomassa foliar das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Espécie	Hábito	DA ¹	DAP ²	Biomassa foliar	
		(Ind. ha ⁻¹)	(cm)	(kg ind. ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
Baixada					
<i>Croton blanchetianus</i>	Arbóreo	304	4,74	0,82	250,66
<i>Poincianella gardneriana</i>	Arbóreo	162	7,99	2,12	343,93
<i>Parapiptadenia zehntneri</i>	Arbóreo	48	8,16	2,54	121,76
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Arbóreo	40	5,20	0,97	38,78
<i>Croton</i> sp. ³	Arbustivo	40	4,09	3,53	141,21
Total	-	-	-	-	896,34
Encosta					
<i>Combretum glaucocarpum</i>	Arbóreo	304	5,32	1,04	315,17
<i>Cynophalla flexuosa</i>	Arbustivo	278	4,85	5,52	1533,88
<i>Senegalia polyphylla</i>	Arbóreo	278	5,59	1,10	307,02
<i>Swartzia flaemingii</i>	Arbóreo	204	5,36	1,00	204,20
<i>Piptadenia viridiflora</i>	Arbóreo	198	4,57	0,78	154,13
Total	-	-	-	-	2514,40
Chapada					
<i>Guapira opposita</i>	Arbóreo	310	5,41	1,05	325,80
<i>Croton limae</i>	Arbóreo	236	4,10	0,65	154,18
<i>Metrodorea mollis</i>	Arbóreo	232	4,45	0,78	180,94
<i>Anonna leptopetala</i>	Arbustivo	104	4,75	4,89	508,30
<i>Pilocarpus spicatus</i>	Arbustivo	102	3,88	3,44	351,35
Total	-	-	-	-	1520,57

¹Densidade absoluta; ²Diâmetro à altura do peito; ³Identificada apenas em nível de gênero.

2.2 COLETAS E ANÁLISES

2.2.1 Tecido foliar

Para análise dos nutrientes nas folhas das cinco espécies de maior DA de cada ambiente, foram escolhidos cinco indivíduos sadios por espécie, semelhantes quanto ao porte. Para isso, foram utilizados dois critérios: altura (m) e DAP (cm) (Tabela 5).

Tabela 5. Caracterização dos indivíduos, das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia, escolhidos para análise foliar nos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Espécie	Hábito	Altura	CAP ¹	DAP ²	Biomassa foliar
		(m)	(cm)	(cm)	(kg ind ⁻¹)
Baixada					
<i>Croton blanchetianus</i>	Arbóreo	4,80	13,75	4,38	0,70
<i>Poincianella gardneriana</i>	Arbóreo	5,60	16,60	5,28	0,95
<i>Parapiptadenia zehntneri</i>	Arbóreo	5,54	17,20	5,47	1,03
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Arbóreo	4,30	15,30	4,87	0,84
<i>Croton</i> sp. ³	Arbustivo	5,00	13,35	4,25	0,68
Encosta					
<i>Combretum glaucocarpum</i>	Arbóreo	6,40	14,26	4,54	0,75
<i>Cynophalla flexuosa</i>	Arbustivo	5,30	13,31	4,24	3,67
<i>Senegalia polyphylla</i>	Arbóreo	6,70	18,20	5,79	1,10
<i>Swartzia flaemingii</i>	Arbóreo	7,10	15,56	4,95	0,86
<i>Piptadenia viridiflora</i>	Arbóreo	7,10	14,00	4,46	0,73
Chapada					
<i>Guapira opposita</i>	Arbóreo	3,70	16,34	5,20	0,93
<i>Croton limae</i>	Arbóreo	4,20	12,41	3,95	0,60
<i>Metrodorea mollis</i>	Arbóreo	3,50	12,09	3,85	0,57
<i>Anonna leptopetala</i>	Arbustivo	4,50	15,95	5,08	5,38
<i>Pilocarpus spicatus</i>	Arbustivo	3,60	12,03	3,83	2,99

¹Circunferência à altura do peito; ²Diâmetro à altura do peito; ³Identificada apenas a nível de gênero.

No período seco, não foi possível realizar a coleta de folhas nas espécies de fenologia foliar decídua. Portanto, o efeito da sazonalidade climática sobre a nutrição das espécies só foi possível ser avaliado nas espécies de fenologia foliar não-decídua: *Cynophalla flexuosa* (localizada na Encosta), *Metrodorea mollis* e *Pilocarpus spicatus* (ambas localizadas na Chapada). Para avaliar a eficiência de utilização biológica de nutrientes pelas espécies no período úmido, todas as espécies de maior DA por ambiente foram analisadas, com exceção da *Croton blanchetianus* (localizada no ambiente Baixada), cujos indivíduos selecionados para a amostragem não apresentaram material foliar nos períodos escolhidos para a coleta.

Assim, foram coletadas folhas maduras e sadias localizadas no terço médio superior e nos quatro pontos cardinais de cada indivíduo (norte, sul, leste e oeste). Em seguida, as folhas foram acondicionadas em ambiente refrigerado e levadas à estufa de circulação forçada de ar regulada a 65 °C até atingir peso constante. Foram moídas em moinho de facas e armazenadas adequadamente.

A composição química das folhas foi determinada pelos teores dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg. O N foi extraído por digestão sulfúrica e determinado por destilação e titulação pelo método Kjeldahl (TEDESCO et al.,1995). O P foi extraído por digestão sulfúrica e dosado por colorimetria pelo método do molibdato de amônio (EMBRAPA, 2009).

A extração do K, Ca e Mg foi feita por digestão úmida através de micro-ondas, com alterações. Na digestão, foram utilizados 0,2 g de amostra seca, 5 ml de ácido nítrico e 5 ml de peróxido de hidrogênio. O digestor estava configurado na potência máxima de 1600 W, a 160 °C de temperatura e o tempo total de digestão foi de 30 minutos. O K foi determinado por fotometria de chama e o Ca e o Mg por espectrofotometria de absorção atômica (EMBRAPA, 2009).

O teor dos nutrientes foi expresso em g kg⁻¹. O conteúdo foi obtido multiplicando-se o teor do nutriente pela biomassa foliar total de cada espécie (kg ha⁻¹). A eficiência de utilização biológica dos nutrientes pelas espécies foi calculada pela razão entre a biomassa foliar da espécie e o conteúdo do nutriente acumulado nesse compartimento, expressa em kg kg⁻¹ (BARROS; NOVAIS; CARMO, 1986). A dinâmica nutricional (teor, conteúdo e a eficiência de utilização biológica dos nutrientes) foi utilizada para avaliar o comportamento das diferentes espécies por ambiente. O teor de nutrientes para avaliar o comportamento das diferentes espécies nos períodos seco e úmido.

2.2.2 Solo

Em cada ambiente, os atributos químicos do solo foram determinados em três profundidades (0-5; 5-10 e 10-20 cm) e em dois períodos (seco e úmido). Foram coletadas 3 amostras simples em cada uma das 20 parcelas, sendo uma amostra por profundidade. Portanto, para representar cada ambiente foram coletadas 120 amostras, 60 no período seco e 60 no período úmido.

Os solos foram caracterizados pelo N total, extraído via digestão sulfúrica e dosado por destilação e titulação pelo método Kjeldahl (TEDESCO et al.,1995), como também aferido o seu pH e determinados os teores P, K, Ca, e Mg de acordo com a metodologia preconizada pela Embrapa (2009). Além disso, determinou-se o carbono orgânico total (COT) através da oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) e determinado por titulação com sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr), de acordo com o método da Embrapa (2009).

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Os dados foram submetidos às suposições de normalidade e homocedasticidade, requisitos necessários à análise de variância (ANOVA), por meio dos testes de Shapiro-Wilk (SHAPIRO;

WILK, 1965) e Levene (LEVENE, 1960), respectivamente (ambos ao nível de 5% de probabilidade). Quando necessário, foi realizada a transformação dos dados utilizando $\sqrt{x + 1}$.

Os dados foram submetidos a ANOVA utilizando-se o teste de F ao nível de 5% de probabilidade. Quando os efeitos principais e/ou as interações foram significativos até o nível de 5% de probabilidade, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. O pacote estatístico utilizado foi o SISVAR® versão 5.2 (FERREIRA, 2008) e os gráficos foram confeccionados por meio do uso do software SigmaPlot® versão 14.0.

Pela presença majoritária de espécies de fenologia foliar decídua em todos os ambientes, a dinâmica nutricional (teor, conteúdo e eficiência de utilização biológica dos nutrientes pelas espécies para N, P, K, Ca e Mg) foi avaliada apenas no período úmido, com exceção da espécie *Croton blanchetianus*. Em cada ambiente, as espécies foram comparadas entre si, com 5 repetições.

Devido à pouca influência da precipitação pluviométrica no DAP das espécies (o que impossibilitou a estimativa da biomassa foliar no período seco e, conseqüentemente, calcular o conteúdo e a eficiência de utilização biológica dos nutrientes) e da presença de apenas três espécies de fenologia foliar não decídua em todos os ambientes, só foi possível verificar os efeitos da sazonalidade climática na nutrição das espécies quanto ao teor de N, P, K, Ca e Mg e para as espécies *Metrodorea mollis*, *Pilocarpus spicatus* e *Cynophalla flexuosa*. Os resultados foram comparados por meio de esquema fatorial (3 x 2) referente a combinação dessas espécies e períodos de avaliação (seco e úmido), com 5 repetições.

Em relação ao pH e os teores de COT, N, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e P, seus resultados foram comparados por meio de esquema fatorial (3 x 2) referente a combinação dos períodos de avaliação (seco e úmido) e das profundidades (0-5; 5-10 e 10-20 cm), com 60 repetições. Para essas análises, os ambientes de estudo foram desconsiderados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DINÂMICA NUTRICIONAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS AO LONGO DE UM GRADIENTE DE ALTITUDE

3.1.1 Teor de nutrientes

Os teores de N, P, K, Ca e Mg na biomassa foliar das espécies presentes na Baixada e na Chapada apresentaram a seguinte ordem decrescente: N>Ca>K>Mg>P. Esse resultado é semelhante ao observado por Alves et al. (2017). Na Encosta, observou-se que o teor de K foi superior ao de Ca (Tabela 6), associado as relações entre os teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ no solo (Tabela 1).

Tabela 6. Teor foliar de N, P, K, Ca e Mg das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Espécie	N	P	K	Ca	Mg
Baixada					
<i>Poincianella gardneriana</i>	27,40 b	2,53	7,21 b	7,26 b	0,85 c
<i>Parapiptadenia zehntneri</i>	29,80 b	1,86	11,90 a	16,75 a	3,06 b
<i>Aspidosperma pyriforme</i>	22,60 c	1,28	15,33 a	23,64 a	4,75 a
<i>Croton</i> sp. ¹	40,02 a	2,23	13,98 a	20,59 a	5,48 a
Média	29,95	1,97	12,11	17,04	3,54
Teste F	39,17***	3,89 ^{ns}	8,83**	17,97***	74,91***
CV (%) ²	6,79	7,38	8,20	9,49	11,64
Encosta					
<i>Combretum glaucocarpum</i>	24,99 c	2,22 b	8,94	3,26 d	1,80 b
<i>Cynophalla flexuosa</i>	21,38 c	1,37 d	14,01	12,04 a	3,95 a
<i>Senegalia polyphylla</i>	28,86 b	1,61 d	3,71	9,68 b	1,69 b
<i>Swartzia flaemingii</i>	29,19 b	2,87 a	16,05	6,76 c	2,42 b
<i>Piptadenia viridiflora</i>	40,23 a	1,94 c	8,64	7,30 c	2,46 b
Média	28,93	2,00	10,26	7,81	2,47
Teste F	33,35***	56,74***	2,88 ^{ns}	22,83***	10,00**
CV (%)	7,34	6,69	17,65	15,30	20,03
Chapada					
<i>Guapira opposita</i>	41,19 a	1,10 a	4,50 b	8,30 a	3,64 a
<i>Croton limae</i>	33,96 b	0,90 a	6,53 b	6,28 b	3,40 a
<i>Metrodorea mollis</i>	25,14 d	0,62 b	9,31 a	8,24 a	4,14 a
<i>Annona leptopetala</i>	22,44 d	0,76 b	4,23 b	6,61 b	1,48 b
<i>Pilocarpus spicatus</i>	28,36 c	0,93 a	10,28 a	8,21 a	3,27 a
Média	30,22	0,86	6,97	7,53	3,18
Teste F	43,77***	6,51**	3,68*	17,32***	23,33***
CV (%)	6,48	14,37	14,71	5,52	3,99

¹Identificada apenas em nível de gênero; ²Coefficiente de variação = (desvio padrão/média) × 100. Letras iguais nas colunas, por ambiente, não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. NS = Não significativo; *, ** e *** = significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

No solo da Encosta, as relações Ca²⁺/K⁺ e Mg²⁺/K⁺ são menores do que as observadas para os demais ambientes. Esse solo apresenta menor fertilidade natural do que os demais, com menores

teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} e teores mais altos para o K^+ (Tabela 1), o que facilitou a absorção de K pelas espécies. O K^+ é mais absorvido pelas plantas por ser monovalente e de menor grau de hidratação quando comparado a cátions divalentes e ainda pode atravessar a membrana plasmática com maior facilidade. Também, pode ocorrer relação antagônica entre Ca^{2+} e Mg^{2+} , em que o excesso de um no solo prejudicou a absorção do outro (PRADO, 2008). No entanto, na Baixada, o elevado teor de Ca^{2+} no solo (Tabela 1) não prejudicou a absorção de Mg pelas espécies (Tabela 6).

As espécies florestais presentes na Baixada apresentaram os maiores teores de K, Ca e Mg (Tabela 6). Ao contrário da Encosta, esse ambiente é o que apresenta solo com maior fertilidade (Tabela 1). Embora a precipitação pluviométrica durante o período úmido seja menor do que em áreas de altitude mais elevadas (LOPES, 2005), o teor de água no solo foi suficiente para que absorção desses nutrientes ocorresse. Pode-se acrescentar também, a maior exigência por nutrientes. A Baixada apresentou indivíduos cujas espécies possuem os maiores DAP (Tabela 4).

Apesar da grande diferença entre os ambientes quanto ao carbono orgânico total (COT) (Tabela 1), o teor de N na biomassa foliar das espécies foi similar (Tabela 6). Na Chapada, esse resultado que pode estar relacionado a decomposição da matéria orgânica. De acordo com Michel e Matzner (2002), ocorre aumento na disponibilidade de N com o avanço da decomposição da matéria orgânica. O acúmulo de COT na Chapada foi bem menor do que nos demais (Tabela 1). Esse ambiente foi o segundo em número de indivíduos e produção de biomassa foliar (Tabela 4) o que denota que o fornecimento de N se relacionou a elevada decomposição de matéria orgânica, proporcionada pela maior precipitação pluviométrica (LOPES, 2005).

Os ambientes Encosta e Baixada apresentam espécies da família *Fabaceae* dentre as de maior densidade absoluta (Tabela 3). Sabe-se que algumas espécies dessa família possuem a capacidade de fixar de N_2 da atmosfera, o que pode ter ajudado a elevar os teores médios de N, sobretudo, na Encosta, de solo mais pobre quimicamente. Além disso, a Baixada possui solo com elevada fertilidade natural, disponibilizando mais N as espécies (Tabela 1).

Houve menor diferença entre as espécies quando presentes em solo quimicamente mais rico, com tendência ao agrupamento, ou seja, grupos de espécies obtiveram teores de nutrientes elevados. Na Baixada, que apresentou solo de elevada fertilidade natural (PVA) com saturação por bases de 77% (Tabela 1), o teor de P não se diferenciou entre as espécies e os teores de K, Ca e Mg foram semelhantes entre grupos de espécies (Tabela 6).

Na Chapada, com solo de média fertilidade natural (LAd) e saturação por bases de 31,42% (Tabela 1), os teores de P, K, Ca e Mg também foram semelhantes entre grupos de espécies (Tabela

6). Já a pobreza química do solo da Encosta (NL), que apresentou apenas 24,46% de saturação por bases (Tabela 1), proporcionou que apenas uma espécie apresentasse os teores mais elevados, diferindo das demais: a *Piptadenia viridiflora* para o N, a *Swartzia flaevingii* para o P e a *Cynophalla flexuosa* para Ca e Mg (Tabela 6).

Portanto, nos ambientes de solo mais ricos quimicamente (Baixada e Chapada), a capacidade de absorção das espécies ocorreu por grupos. Por outro lado, ambiente de solo com maior pobreza química (Encosta), a responsabilidade da absorção foi individualizada. No entanto, esse comportamento não se confirmou quanto ao N, mesmo em solos de maior fertilidade natural, onde somente uma espécie obteve maior teor. O *Croton* sp., a *Piptadenia viridiflora* e a *Guapira opposita* foram as espécies que mais absorveram N na Baixada, Encosta e Chapada, respectivamente (Tabela 6).

Diferenças no teor de nutrientes entre espécies em um mesmo ambiente podem estar relacionadas ao componente genético e a eficiência na absorção de nutrientes. Segundo Fageria (1998), a variabilidade genética refere-se às características hereditárias que distinguem, em crescimento e desenvolvimento, as espécies quando submetidas a condições ideais ou adversas.

Além disso, Fageria e Baligar (1993) relacionaram características morfológicas e fisiológicas desejáveis para espécies de alta eficiência na absorção de nutrientes: sistema radicular eficiente; alta relação raízes/parte aérea; sistema radicular extensivo; colonização do sistema radicular por micorrizas e bactérias promotoras de crescimento, capazes de fixar o N₂ atmosférico. Quanto à fisiologia: modificação da rizosfera em função da baixa disponibilidade de nutrientes; manutenção normal do metabolismo com baixo teor de nutrientes nos tecidos e alta taxa fotossintética.

Faquin (2002) estabeleceu níveis críticos para algumas espécies florestais, cujos valores médios foram: 24,60; 1,67; 11,93; 7,49; 2,31 e de 1,89 g kg⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. De maneira geral, os teores de nutrientes verificados nessa pesquisa foram similares aos de Faquin (2002), com exceção do P (Tabela 6).

Os teores de P disponível no solo foram considerados baixos, sobretudo, na Chapada (Tabela 1). Rezende (2017) também verificou valores baixos de P disponível no solo em quatro ambientes, em que os resultados médios das camadas (0 a 5 cm; 5 a 10 cm e 10 a 20 cm) foram: 1,03; 0,62; 1,68; 1,72 mg dm⁻³, para Caatinga preservada, degradada, cultivo de mandioca e de eucalipto, respectivamente, todos situados na Chapada do Araripe.

Em solos de pH baixo, como observado nesses ambientes (Tabela 1), o P pode ser fixado, via adsorção, por ligações covalentes de alta energia com as argilas e com os oxihidróxidos de Fe e

Al, como também formar precipitados com os íons Al, Fe e Ca ou fazer parte de compostos orgânicos, tornando-se indisponível às plantas (NOVAIS; SMYTH, NUNES, 2007). Em Caatinga, é comum observar valores baixos de P disponível nos solos (MENEZES et al., 2012).

Pesquisa desenvolvida por Medeiros, Santos e Tertuliano (2008) em dez espécies arbóreas representativas da flora da Caatinga, observou que o teor de N variou de 16,1 a 31,4 g kg⁻¹, o de P oscilou entre 1,1 e 3,3 g kg⁻¹, o de K entre 7,3 e 17,3 g kg⁻¹, o de Ca variou de 10,0 a 30,6 g kg⁻¹ e o de Mg de 1,2 a 8,1 g kg⁻¹. Exceto para o Ca, todos os teores foliares do estudo de Medeiros, Santos e Tertuliano (2008) estão abaixo da referência de Faquin (2002). As espécies avaliadas por Alves (2011) e Barbosa (2012) também apresentaram teor de N abaixo desse nível crítico.

Os níveis propostos por Faquin (2002) foram estabelecidos para espécies em florestas plantadas e manejadas com adubações frequentes. Em sistemas em equilíbrio, como os de Caatinga preservada desse estudo, os teores de nutrientes são menores porque a ciclagem é mais lenta e a disponibilidade de nutrientes no solo é menor. Lima et al. (2018) discutem essas referências nutricionais em ambientes florestais em equilíbrio, comparativamente a ambientes de florestas plantadas e manejadas para produção. Florestas em equilíbrio apresentariam menor nível crítico de nutrientes e a ciclagem de nutrientes explicaria a exuberância das florestas tropicais. Teores de nutrientes mais baixos, como os verificados nessa pesquisa (Tabela 5) ratificam a necessidade de um nível de referência para ambientes preservados de Caatinga.

Apesar das limitações nutricionais, a diferença nos teores entre as espécies confere equilíbrio ao ecossistema florestal, uma vez que essas não possuem a mesma capacidade de absorção de nutrientes, portanto, o sistema não se encontra sobrecarregado. Os processos ocorrem de forma paulatina, integrada e estável, com capacidade de manter seus processos ecossistêmicos.

3.1.2 Conteúdo de nutrientes

O conteúdo ou o estoque de nutrientes em folhas é uma relação direta entre o teor de nutrientes e a biomassa. Na Encosta, a *Cynophalla flexuosa* foi a espécie que mais estocou nutrientes em sua biomassa foliar com destaque para o Mg, em que foi responsável por, aproximadamente, 76% do estoque total (Tabela 7).

Tabela 7. Conteúdo foliar de N, P, K, Ca e Mg das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Espécie	N	P	K	Ca	Mg
Baixada					
<i>Poincianella gardneriana</i>	9,42 a	0,87 a	2,48 a	2,49 a	0,29 b
<i>Parapiptadenia zehntneri</i>	3,63 c	0,23 b	1,45 b	2,04 a	0,37 b
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	0,88 d	0,05 b	0,59 c	0,92 b	0,18 b
<i>Croton</i> sp. ¹	5,65 b	0,31 b	1,97 a	2,91 a	0,77 a
Total	19,58	1,46	6,49	8,36	1,61
Média	4,89	0,36	1,62	2,09	0,40
F espécie	96,31***	16,70***	17,66***	7,15*	36,78***
CV (%) ²	12,97	4,69	6,07	9,04	2,68
Encosta					
<i>Combretum glaucocarpum</i>	7,87 b	0,70 b	2,82 b	1,03 c	0,57 b
<i>Cynophalla flexuosa</i>	32,79 a	2,10 a	21,49 a	18,46 a	6,07 a
<i>Senegalia polyphylla</i>	8,86 b	0,50 d	1,14 c	2,97 b	0,52 b
<i>Swartzia flaemingii</i>	5,96 c	0,59 c	3,28 b	1,38 c	0,50 b
<i>Piptadenia viridiflora</i>	6,20 c	0,30 e	1,33 c	1,13 c	0,38 b
Total	61,68	4,19	30,06	24,97	8,04
Média	12,34	0,84	6,01	4,99	1,60
F espécie	177,43***	1406,30***	106,71***	131,06***	146,88***
CV (%)	4,46	0,96	11,05	6,61	5,16
Chapada					
<i>Guapira opposita</i>	13,42 a	0,36 a	1,47 b	2,71 b	1,19 a
<i>Croton limae</i>	5,23 d	0,14 b	1,01 b	0,97 c	0,53 c
<i>Metrodorea mollis</i>	4,55 e	0,11 b	1,69 b	1,49 c	0,75 b
<i>Annona leptopetala</i>	11,41 b	0,39 a	2,15 b	3,36 a	0,75 b
<i>Pilocarpus spicatus</i>	9,97 c	0,33 a	3,61 a	2,88 b	1,15 a
Total	44,58	1,33	9,93	11,41	4,37
Média	8,91	0,26	1,98	2,28	0,87
F espécie	221,62***	40,23***	6,65**	145,05***	40,74***
CV (%)	2,46	1,38	10,41	2,06	2,08

¹Identificada apenas a nível de gênero; ²Coefficiente de variação = (desvio padrão/média) × 100. Letras iguais nas colunas, por ambiente, não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *, ** e *** = significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

O fator que mais influenciou o acúmulo de nutrientes nessa espécie foi sua elevada biomassa foliar, tanto individual quanto por área. Superior a todas as espécies, inclusive, as dos demais ambientes. Trata-se de uma espécie de hábito arbustivo (Tabela 4). Esse resultado corrobora com o observado por Barbosa (2012) e Alves et al. (2017), em que as espécies que apresentaram os maiores conteúdos de nutrientes foram aquelas com alta produção de biomassa foliar.

Adicionalmente, a *Cynophalla flexuosa* também apresentou teores mais elevados de Ca e Mg em relação as outras espécies de seu ambiente (Tabela 6). Portanto, qualquer dano fitossanitário ou ação antrópica que impacte na população dessa espécie poderá interferir negativamente na ciclagem de N, P, K, Ca e Mg na Encosta, comprometendo a funcionalidade do fragmento. Isso é ainda mais relevante porque, nesse ambiente, a fertilidade natural do solo é muito baixa (Tabela 1), o que significa que nutrição florestal depende quase que exclusivamente da ciclagem de nutrientes.

Assim como verificado para os teores foliares (Tabela 6), nos ambientes constituídos de solo com maior fertilidade natural, como na Baixada e na Chapada (Tabela 1), grupos de espécies obtiveram maiores conteúdos de nutrientes, com exceção do N, em que apenas uma espécie obteve maior conteúdo. A *Poincianella gardneriana*, na Baixada e *Guapira opposita*, na Chapada, foram as que apresentaram uma das maiores biomassas foliares em seus ambientes (Tabela 4).

Em relação aos ambientes estudados nessa pesquisa, na Baixada, a espécie *Poincianella gardneriana* estocou mais N e P e a *Croton* sp. estocou mais Mg. Na Chapada, a *Guapira opposita* estocou mais N, a *Pilocarpus spicatus* mais K e a *Annona leptopetala* mais Ca (Tabela 7). Assim, é necessário prestar atenção especial a essas espécies seja na restauração florestal, em Planos de Recuperação de Áreas Degradadas como nos Planos de Manejo Florestal Sustentáveis devido a contribuição delas para o aporte de nutrientes no solo.

Araújo Filho et al. (2018) sugeriram aumentar o ciclo de corte para no mínimo 30 anos em Caatinga baseados na reconstrução dos estoques de carbono no solo, fato não observado nos Planos de Manejo Florestal Sustentável. Nessa pesquisa, sugere-se acrescentar a esses planos conhecimentos sobre a nutrição das espécies locais e a responsabilidade de cada uma delas no processo de ciclagem de nutrientes a fim de manter o suprimento de nutrientes adequados para a conservação da floresta e de seus serviços ecossistêmicos.

3.1.3 Eficiência de utilização biológica de nutrientes

A eficiência de utilização biológica de nutrientes pelas espécies apresentou a seguinte ordem decrescente: P>Mg>K>Ca>N. Na Encosta, a eficiência em Ca foi maior do que para o K (Tabela 8).

Tabela 8. Eficiência de utilização biológica de N, P, K, Ca e Mg das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Espécie	N	P	K	Ca	Mg
Baixada					
<i>Poincianella gardneriana</i>	36,94 b	424,41 b	141,63 a	156,09 a	1345,80 a
<i>Parapiptadenia zehntneri</i>	33,64 b	539,92 b	90,13 b	63,38 b	335,38 b
<i>Aspidosperma pyriforme</i>	44,25 a	800,45 a	65,23 b	42,40 b	210,85 b
<i>Croton</i> sp. ¹	24,99 c	452,84 b	71,56 b	48,68 b	183,19 b
Média	34,96	544,41	92,14	77,64	518,81
F espécie	26,64***	8,28**	10,23**	5,77*	8,34**
CV (%) ²	7,67	18,59	9,65	18,09	21,40
Encosta					
<i>Combretum glaucocarpum</i>	40,65 a	450,86 d	112,49 b	310,86 a	584,84 a
<i>Cynophalla flexuosa</i>	47,05 a	729,39 a	71,96 b	84,09 c	255,60 b
<i>Senegalia polyphylla</i>	34,78 b	620,84 b	273,98 a	103,54 c	597,53 a
<i>Swartzia flaemingii</i>	34,26 b	349,33 e	80,27 b	156,55 b	442,14 a
<i>Piptadenia viridiflora</i>	24,87 c	518,49 c	115,82 b	137,96 b	415,21 a
Média	36,32	533,78	130,90	158,60	459,06
F espécie	15,61***	94,62***	30,17***	24,52***	4,35*
CV (%)	4,54	4,92	11,07	9,00	11,94
Chapada					
<i>Guapira opposita</i>	24,30 e	919,62 b	223,02 a	120,50 b	275,46 b
<i>Croton limae</i>	29,62 d	1127,35 b	165,45 b	159,93 a	294,65 b
<i>Metrodorea mollis</i>	39,96 b	1655,86 a	120,05 b	121,48 b	246,56 b
<i>Annona leptopetala</i>	44,62 a	1323,37 a	236,94 a	151,90 a	676,77 a
<i>Pilocarpus spicatus</i>	35,30 c	1092,09 b	109,18 b	122,04 b	306,34 b
Média	34,76	1223,66	170,92	135,17	359,95
F espécie	38,97***	6,50**	6,07**	15,53***	132,76***
CV (%)	6,44	15,60	13,56	11,64	4,12

¹Identificada apenas a nível de gênero; ²Coefficiente de variação = (desvio padrão/média) × 100. Letras iguais nas colunas, por ambiente, não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *, ** e *** = significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

A eficiência de utilização biológica de nutrientes pelas espécies é uma relação entre a biomassa foliar e o conteúdo do nutriente (BARROS; NOVAIS; CARMO, 1986). De acordo com

Molica (1992), espécies com maior eficiência devem ser introduzidas em ambientes com solos de menor fertilidade natural para que haja o melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis no solo.

Normalmente, espécies com elevados teores nutricionais são pouco eficientes em converter essa quantidade de nutrientes em biomassa (ESPIG et al., 2008; ALVES et al., 2017). A eficiência de utilização biológica é uma relação quadrática e não linear. Pode-se estimar a eficiência nutricional através da determinação do teor do nutriente, porque possuem relação inversa. Nas pesquisas realizadas por Espig et al. (2008) e Alves et al. (2017), o nutriente com maior teor foliar foi aquele de menor eficiência de utilização.

Assim, a eficiência de utilização biológica dos nutrientes pelas espécies nos ambientes de solos de maior fertilidade natural, como o da Baixada (Tabela 1), indicou que apenas duas espécies foram responsáveis pela eficiência nutricional do fragmento florestal: a *Aspidosperma pyrifolium* pela eficiência de utilização de N e P e a *Poincianella gardneriana* pela eficiência de utilização de K, Ca e Mg (Tabela 7). Vale salientar também que essas espécies foram as que apresentaram os menores teores de N, P, K, Ca e Mg (Tabela 5), porém a *Aspidosperma pyrifolium* produziu apenas 38,78 kg ha⁻¹ de biomassa foliar (Tabela 4).

Em solo de menor fertilidade natural, como o da Encosta (Tabela 1) a eficiência de utilização biológica de N, P, K e Ca foi maior em apenas uma espécie por nutriente: a *Cynophalla flexuosa* foi mais eficiente em utilizar P, a *Senegalia polyphylla* em utilizar K e a *Combretum glaucocarpum* em utilizar de forma mais eficiente o Ca (Tabela 7). Como os teores de Mg²⁺ no solo na Encosta foram muito baixos (Tabela 1), um maior número de espécies foi responsável em utilizar com mais eficiência esse nutriente (*Combretum glaucocarpum*, *Senegalia polyphylla*, *Swartzia flaeamingii* e *Piptadenia viridiflora*), sugerindo que quanto mais limitante for o teor de um nutriente no solo, mais espécies são responsáveis pela sua eficiência de utilização.

A eficiência de utilização biológica dos nutrientes permite melhor tomada de decisão sobre a adequação das espécies às condições de fertilidade do solo. As espécies de maior eficiência, nesses ambientes de Caatinga, devem ser consideradas na restauração florestal e em Planos de Recuperação de Áreas Degradadas e nos de Manejo Florestal Sustentável devido a maior capacidade de converter nutrientes em biomassa foliar, o que pode acelerar o reestabelecimento dos processos ecossistêmicos, como a ciclagem de nutrientes.

3.2 NUTRIÇÃO FOLIAR DE ESPÉCIES FLORESTAIS E ALTERAÇÕES QUÍMICAS NO SOLO EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA

3.2.1 Efeitos nas espécies

As espécies *Metrodorea mollis*, *Pilocarpus spicatus* e *Cynophalla flexuosa* apresentaram biomassa foliar nos períodos seco e úmido, mesmo com a precipitação pluviométrica média próxima aos 13 mm e umidade relativa do ar em 58 % constatadas no período seco (Tabela 2). Espécies de maior longevidade foliar suportam à seca com modificações nos atributos funcionais (FICHTLER; WORBES; BLANCHART, 2013), modificações foliares e presença de compostos hidrofóbicos (FIGUEIREDO et al., 2015; PEREIRA, 2016), o que as permite conservar água em seus tecidos por mais tempo.

Em termos nutricionais, essas espécies apresentam menores concentrações de nutrientes (ARAÚJO; HARIDASAN, 2007; MOURA, 2010), o que pode se refletir em maior eficiência de utilização biológica (ESPIG et al., 2008). Nessa pesquisa, em seção anterior, as espécies *Metrodorea mollis*, *Pilocarpus spicatus* e *Cynophalla flexuosa* apresentaram teores de N e P menores que as espécies de fenologia foliar não decídua, porém apenas a *Cynophalla flexuosa* obteve melhor eficiência de uso para esses dois elementos.

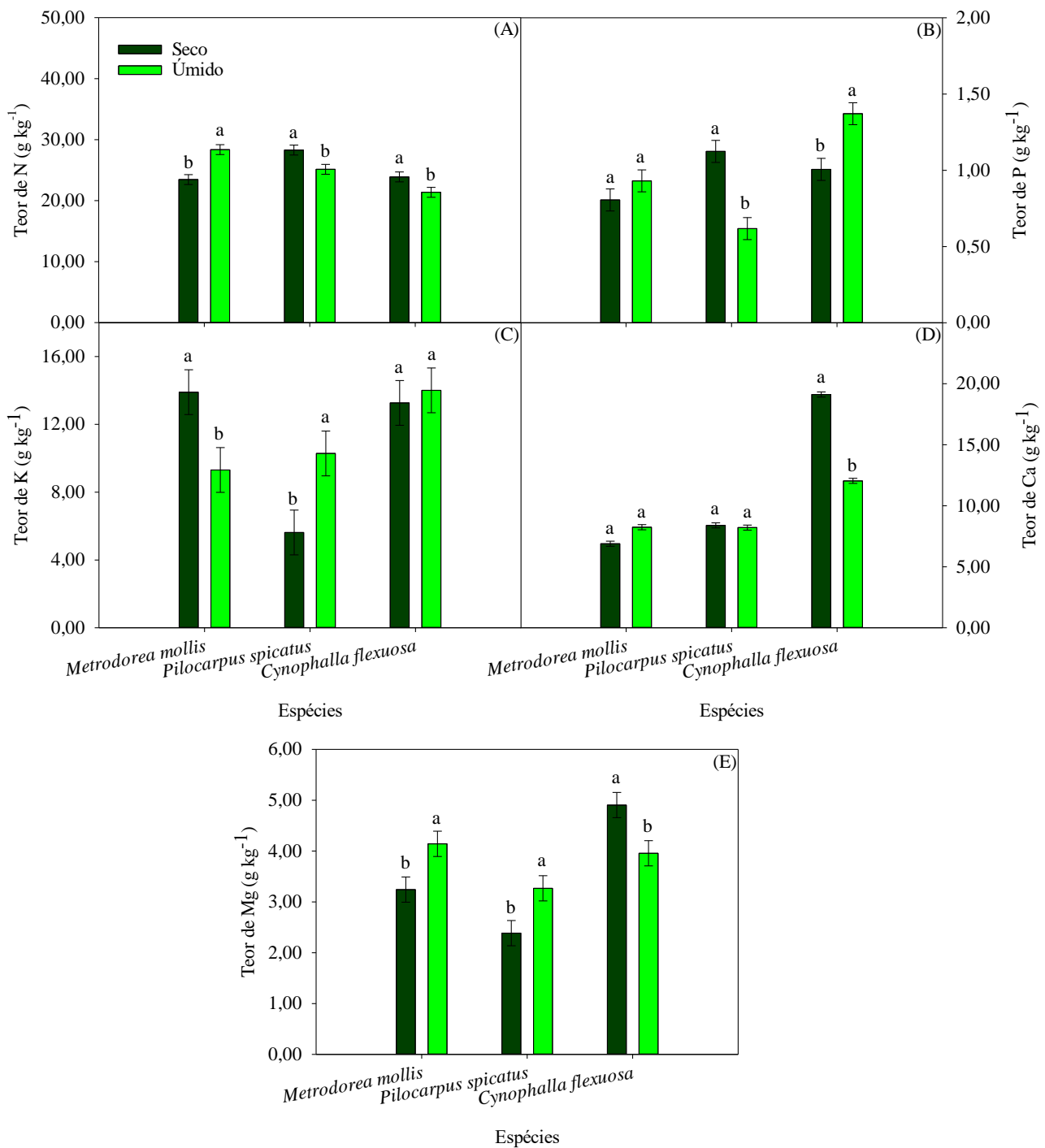
O teor de nutrientes das espécies *Metrodorea mollis*, *Pilocarpus spicatus* e *Cynophalla flexuosa* obedeceu ao seguinte padrão decrescente: N>K>Ca>Mg>P (Figuras 4 e 5). Esse comportamento foi diferente do observado por Barbosa (2012) e Alves et al. (2017) também em áreas de Caatinga. Essas diferenças podem estar relacionadas as características vegetacionais e edafoclimáticas dos fragmentos florestais. Nessa pesquisa, os teores observados estão próximos ao nível crítico, específico para cada nutriente, de acordo com Faquin (2002), com exceção do P.

O baixo teor de P no tecido foliar é reflexo do baixo teor de P disponível nos ambientes Chapada onde se encontram as espécies *Metrodorea mollis* e *Pilocarpus spicatus* e na Encosta, para a *Cynophalla flexuosa* (Tabela 1). Em solos de pH baixo, como observado nesses ambientes (Tabela 1), pode ocorrer a fixação de P por adsorção, precipitação ou por ser constituinte de compostos orgânicos, tornando-o indisponível às plantas (NOVAIS; SMYTH; NUNES, 2007).

Os solos de Caatinga são deficientes em nutrientes, sobretudo para N e P (MENEZES et al., 2012). Na Chapada do Araripe, Rezende (2017) verificou, em Latossolo Amarelo, baixos teores de P disponível em função de diferentes coberturas vegetais. Também na Chapada do Araripe e sob Latossolo Amarelo, Santos et al. (2012) verificou saturação por Al de 41% em subsuperfície (camada

de 20-40 cm). A latolização, processo de formação dos Latossolos, tem por característica maior lixiviação das bases de caráter básico e acidificação por Al (CAVALCANTI; LOPES, 1994).

Figura 4. Teor foliar de N, P, K, Ca e Mg em função dos períodos seco e úmido para cada espécie florestal (*Metrodorea mollis*, *Pilocarpus spicatus* e *Cynophalla flexuosa*)



Analisando o teor foliar dos nutrientes em função dos períodos seco e úmido (desdobramento da interação), pode-se observar comportamento bastante variável. A *Metrodorea mollis* apresentou mais N e Mg no período úmido e mais K no período seco (Figura 4A, C e E). A *Pilocarpus spicatus* apresentou mais N e P no período seco e mais K e Mg no período úmido (Figura 4A, B, C e E). A *Cynophalla flexuosa* apresentou mais N e P no período úmido e mais Ca e Mg no período seco (Figura 4B, D e E).

No período seco, ocorreram os maiores teores de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ no solo (Tabela 9), indicando menor absorção de nutrientes nesse período. No entanto, observou-se que as espécies apresentaram também para alguns nutrientes, elevados teores no período seco (Figura 4). Dessa forma, percebe-se o ciclo bioquímico, com a retranslocação de nutrientes das folhas em processo de abscisão ou das folhas velhas para as remanescentes (REIS; BARROS, 1990). Isso possibilitou maior concentração de nutrientes nessas folhas (Figura 4).

No entanto, esse comportamento só ocorreu com o N e o P na *Pilocarpus spicatus* (Figura 4A e B), para o K na *Metrodorea mollis* (Figura 4C) e para o Ca e o Mg na *Cynophalla flexuosa* (Figura 4D e E). Outrossim, mesmo que não tenha havido retranslocação, como no caso do Ca que é pouco móvel na planta, a quantidade de Ca já existente na planta se concentrou em uma menor biomassa. Algumas espécies diminuem sua área foliar ou até mesmo perdem folhas precocemente, no período seco, afim de minimizar as perdas de água por transpiração e manter os seus tecidos hidratados (SILVA et al., 2010 e NASCIMENTO et al., 2011).

A retranslocação de nutrientes possibilita a redução das perdas nutricionais que ocorrem com a redução das chuvas em Caatinga e pode aumentar a eficiência de uso do nutriente. Além disso, em solos quimicamente pobres, sobretudo, o da Encosta, esse mecanismo pode ser fundamental a sobrevivência das espécies, uma vez que a nutrição se torna mais dependente da retranslocação de nutrientes. Neves (1999) relatou que o ciclo bioquímico aumenta à medida que a demanda de nutrientes para formar a biomassa é maior do que o disponível no solo.

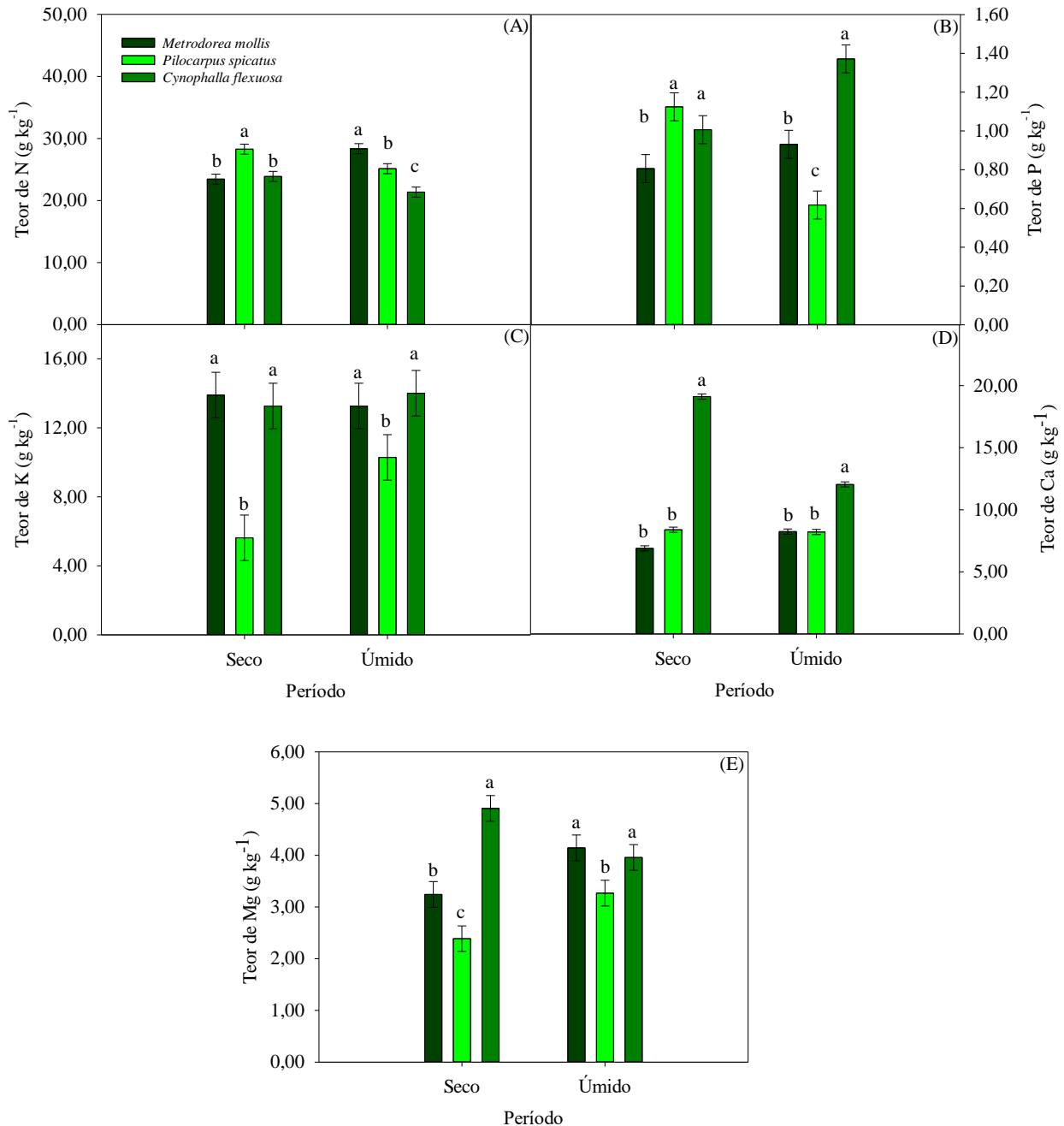
Em pesquisa desenvolvida por Moura (2010) verificou-se a retranslocação absoluta de nutrientes entre folhas novas e senescentes em 11 espécies de Caatinga. As diferenças foram de 9,86 e 0,36 e 1,73 g kg⁻¹ para N, P e K, respectivamente. Porém, a retranslocação absoluta não ocorreu para todos os nutrientes e espécies. Os autores concluíram que o elevado teor do nutriente no solo possibilita as espécies a não retranslocarem nutrientes. A eficiência de retranslocação média de N, P e K foi de 36, 22 e 11%, respectivamente.

Nessa pesquisa, as folhas escolhidas para a amostragem foram apenas as verdes e maduras, mas também não se observou retranslocação para todos os nutrientes e espécies quando comparada o teor foliar da espécie em períodos de avaliação distintos (Figura 4). Os solos no qual essas espécies se encontram foram considerados de média (Chapada) e baixa fertilidade (Encosta) (Tabela 1). Quanto ao N, P e K, a *Cynophalla flexuosa* foi a que apresentou menos diferença para o teor desses nutrientes entre os períodos de avaliação (Figuras 4A, B e C).

No período úmido, com maior disponibilidade de água no solo, ocorreu também maior teor de K, Ca e Mg nas folhas (Figura 4), indicando maior absorção de nutrientes, comprovada pelos menores teores encontrados no solo (Tabela 9). Nesse caso, esses resultados podem ser explicados por meio do ciclo biogeoquímico que se refere a ciclagem de nutrientes entre o solo e a vegetação por meio da mineralização e reabsorção de nutrientes (PRITCHETT, 1986). Como água exerce papel fundamental no contato entre o íon e a raiz (FAQUIN, 2005), no período úmido, o solo assume uma importância maior, fornecendo nutrientes. No entanto, esses efeitos também não foram generalizados em todas as espécies e nutrientes.

Analisando o teor foliar dos nutrientes em função das espécies florestais (desdobramento da interação), também pode-se observar comportamento variável. No período seco, a *Cynophalla flexuosa* concentrou mais Ca e Mg (Figura 5D e E), a *Pilocarpus spicatus* mais N e P (Figura 5A e B) e a *Metrodorea mollis* mais K (Figura 5C). No período úmido a *C. flexuosa* concentrou mais P, K, Ca e Mg (Figura 5B, C, D e E) e a *Metrodorea mollis* mais N (Figura 5A).

Figura 5. Teor foliar de N, P, K, Ca e Mg em função das espécies florestais *Metrodorea mollis*, *Pilocarpus spicatus* e *Cynophalla flexuosa* para cada período (seco e úmido)



Portanto, constatou-se que a responsabilidade de absorver nutrientes foi compartilhada entre as espécies nas condições adversas de umidade (período seco) e concentrada em uma única espécie no período úmido. Diferentes capacidades de absorver nutrientes podem estar relacionadas ao fator

genético, inerente a cada espécie como relatado por Faregia (1998) e por características associadas a qualidades morfológicas e fisiológicas desejáveis às plantas (FAREGIA; BALIGAR, 1993).

3.2.2 Efeitos no solo

O pH do solo decresceu no período úmido e também com o aumento da profundidade. Isso possivelmente ocorreu devido a lixiviação das bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) (Tabela 9). Dentre os ambientes, a Chapada apresenta solo de textura arenosa com drenagem acentuada (REZENDE, 2017) e, portanto, mais susceptível a perda de nutrientes (DONAGEMMA et al., 2016). Ademais, na Chapada é onde ocorre o maior volume de chuvas (LOPES, 2005), torrenciais e concentradas em um curto período de tempo (ALVARES et al., 2013), o que potencializa esse processo.

Tabela 9. pH e teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P, COT e N em função da sazonalidade climática e das profundidades do solo em fragmentos de floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Período	pH	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^+	P	COT ¹	N
Seco	5,27 a	1,74 a	0,70 a	0,23 a	5,28 a	5,74 a	0,97 b
Úmido	5,06 b	1,16 b	0,56 b	0,14 b	3,56 b	4,94 b	1,21 a
Média	5,16	1,45	0,63	0,19	4,42	5,34	1,09
Teste F	69,35***	18,10***	19,29***	43,26***	24,58***	7,38**	14,18***
Profundidade (cm)							
0-5	5,41 a	2,38 a	0,84 a	0,23 a	6,30 a	6,29 a	1,44 a
5-10	5,14 b	1,06 b	0,58 b	0,19 a	3,83 b	6,19 a	0,85 b
10-20	4,96 c	0,93 b	0,45 c	0,13 b	3,10 b	3,56 b	0,98 b
Média	5,17	1,46	0,62	0,18	4,41	5,35	1,09
Teste F	101,41***	45,05***	54,74***	17,67***	32,17***	36,91***	32,71***
CV (%) ²	4,70	89,88	46,98	69,43	73,47	52,24	54,85

¹Carbono orgânico total; ²Coefficiente de variação = (desvio padrão/média) × 100. Letras iguais nas linhas não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ** e *** = significativo a 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e P se acumularam no solo no período seco (Tabela 8). Nesse período, a movimentação dos íons para as raízes é prejudicada pela falta de umidade do solo (FAQUIN, 2005). Logo, as plantas reduziram a absorção de nutrientes, que se acumularam no solo. Por outro lado, os menores teores de nutrientes no período úmido decorreram da maior umidade do solo que facilitou o contato do íon com a raiz, porque a água é o principal veículo de transporte de

nutrientes. Malavolta (1980) relatou que o fluxo de massa e a difusão são os processos que mais contribuem relativamente para o fornecimento de nutrientes às plantas e que dependem da água.

Ressalta-se que, na Chapada do Araripe, Rezende (2017) verificou valores baixos de P disponível no solo. Os resultados encontrados por essa pesquisa foram mais elevados pois abrangeu áreas sob altitudes mais baixas, como a Baixada, que apresentou teores mais elevados de P disponível (Tabela 1).

No período úmido, os teores de N foram maiores em função da elevada decomposição da matéria orgânica (MICHEL; MAYZNER, 2002), constatada pela redução dos teores de COT (Tabela 9). As plantas absorveram muito N nesse período (Tabela 8 e figuras 4 e 5), mas a mineralização pode ter sido tão intensificada, que além de atender a demanda nutricional das espécies, houve acúmulo de N no solo. Os demais nutrientes também foram beneficiados pela decomposição da matéria orgânica nesse período, porém não se acumularam como o N. O fornecimento desses nutrientes na serapilheira foliar é menor do que o de N (SCHEER, 2008).

Tanto o COT, como os nutrientes minerais concentraram-se na camada mais superficial do solo (Tabela 8) mostrando que, nesses ambientes, é fundamental manter o solo protegido para evitar a perda de nutrientes. De acordo com Menezes et al. (2012), os principais processos de perda de nutrientes e água em Caatinga são as queimadas, erosão do solo, escoamento e colheita de cultivos e produtos animais. Essas práticas possibilitam o acesso da matéria orgânica do solo aos agentes decompositores, com relação inversa aos mecanismos de estabilização. No entanto, acredita-se que em ambientes preservados, haja redução desses processos, permitindo com que a matéria orgânica do solo seja estabilizada devido a própria composição da serapilheira, por mecanismos de proteção química, interação com silte e argila, ou ainda pela alocação da MOS dentro dos agregados do solo (SOLLINS, HOMANN; CALDWELL, 1996).

Contudo, a retirada ilegal da vegetação de Caatinga para uso energético, em especial nessa região para atender a demanda do Polo Gesseiro do Araripe (GRANJA et al., 2017), o corte não seletivo de espécies em Planos de Manejo Florestal Sustentável e a produção de culturas de subsistência como a mandioca, o milho e o feijão (IBGE, 2015) desconsideram o manejo adequado dos solos e os expõem a elevados níveis de erosão e a perda da capacidade de fornecimento de água e nutrientes (MENEZES et al., 2012).

Na Chapada do Araripe, Rezende (2017) verificou teores mais baixos de nutrientes na área de Caatinga preservada do que em área degradada. Isso ratifica que, nesse município, a manutenção da vegetação nativa e da serapilheira sobre o solo podem auxiliar na manutenção dos teores de

nutrientes no solo haja vista a dinâmica das chuvas em Caatinga e a presença de solos de textura arenosa. Esses dois fatores aliados aceleram as perdas de solo, água e nutrientes.

4. CONCLUSÕES

A eficiência de utilização biológica dos nutrientes pelas espécies florestais apresentou a seguinte ordem decrescente: $P > Mg > K > Ca > N$. Em ambientes de solo com maior fertilidade natural, a eficiência de utilização biológica de nutrientes foi mais concentrada em poucas espécies e, em solos menos férteis, um maior número de espécies tornou-se eficiente em sua utilização. Quanto menor o teor do nutriente no solo, maior número de espécies tornou-se eficiente em sua utilização.

A capacidade de absorver nutrientes foi mais compartilhada entre as espécies nas condições adversas de umidade (período seco) e mais concentrada em uma única espécie no período úmido. Além disso, os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P e COT se concentraram na camada superficial do solo e durante o período seco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). **Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/>>. Acesso em: 2 abr. 2018.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, A. R. et al. Conteúdo de nutrientes na biomassa e eficiência nutricional em espécies da caatinga. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 377-390, 2017.

APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v.161, p.105-121, 2009.

BARBOSA, M. D. **Composição florística, regeneração natural, decomposição e ciclagem de nutrientes, em área de caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Pernambuco**. 2012. 181 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais: Área de concentração em Ecologia e conservação de ecossistemas florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; CARMO, D. N. Classificação nutricional de sítios florestais – Descrição de uma metodologia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 112-120, 1986.

CAVALCANTI, A. C.; LOPES, O. F. **Condições edafoclimáticas da Chapada do Araripe e viabilidade de produção sustentável de culturas**. Brasília, Embrapa, 1994. 42p.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE RECURSOS HÍDRICOS (CPRH). **Instrução Normativa CPRH Nº 007/2006**. Disponível em: <www.cprh.pe.gov.br/downloads/IN%20007%2006.doc>. Acesso em: 15 set. 2018.

- CUNHA, J. S. A. **Estrutura da paisagem em ambientes com diferentes altitudes no semiárido pernambucano**. 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais: Área de concentração em Ecologia e conservação de ecossistemas florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.
- DONAGEMMA, G. K. et al. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 9, p.1003-1020, 2016.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de análise química de solo, planta e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 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, v. 18, n. 3, p. 309-316, 2008.
- FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 1, p.6-16, 1998.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR. V.C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESS, Lincoln, 1993. **Proceedings**. Lincoln: University of Nebraska, 1993. p.248-268.
- FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2002. 77 p.
- FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2005. 186 f. Dissertação (Especialização em Solos e Meio Ambiente) – Curso de Pós-graduação “Lato Sensu” a Distância em Solos e Meio Ambiente. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- FICHTLER, E; WORBES, M.; BLANCHART, S. Relations between water balance, wood traits and phenological behavior of tree species from a tropical dry forest in Costa Rica a multifactorial study. **Tree Physiology**, Victoria, v. 33, p. 527–536, 2013.
- FIGUEIREDO, K. V. et al. Changes in leaf epicuticular wax, gas exchange and biochemistry metabolism between *Jatropha mollissima* and *Jatropha curcas* under semiarid conditions. **Acta Physiologiae Plantarum**, Warszawa, v. 37, n. 108, 11p, 2015.
- GRANJA, C.V.A. et al. Degradação Ambiental: Exploração de gipsita no Polo Gesseiro do Araripe. **Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, v. 11, n. 36, p.239-267, 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ªed revisada e ampliada. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (IBGE). **Censo demográfico 2010**. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (IBGE). **Censo 2010**. Disponível em: < <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>>. Acesso em: 03 mar. 2016.

KÖRNER, C. et al. Functional morphology of mountain plants. **Flora**, Ankara, v.182, n. 5-6, p. 353– 383, 1989.

LEVENE, H. Robust Test for Equality of Variances. In: I. O. et al. (Ed.). **Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling**. California: Stanford University Press, 1960, p. 278-292.

LIMA, A. L. A. et al. Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil? **Trees**, Berlin, v. 26, p. 1605-1616, 2012.

LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, London, v. 74, p. 1363-1373, 2010.

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

LOPES, H. L. **Modelagem de parâmetros biofísicos para avaliação de risco à desertificação**. 2005. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba, SP: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

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

MARTIN-PREVEL, P.; GAENARD, J.; GAUTIER, P. L'analyse vegetable dans le controle de l'alimentation des plantes temperées et tropicales. **Technique e Documentation**, 1984. 802 p.

MEDEIROS, M. L. D.; SANTOS, R. V.; TERTULIANO. Avaliação do estado nutricional de dez espécies arbóreas ocorrentes no semi-árido paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.3, p.31-39, 2008.

MENEZES, R. S. C. et al. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 72, n. 3, p.643-653, 2012.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Bern, Switzerland: International Potash Institute, 1982. 655 p.

MICHEL, K.; MATZNER, E. Nitrogen content of forest floor Oa layers affects carbon pathways and nitrogen mineralization. **Soil Biology Biochemistry**, Amsterdam, v. 24, p. 1807-1813, 2002.

MISSORI BOTANICAL GARDEN (MOBOT). Disponível em: <mobot.org> Acesso em: 20 jun. 2018.

- MOLICA, S. G. **Produção de biomassa e eficiência nutricional de híbridos interespecíficos de eucalipto, em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais.** 1992. 84 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology.** New York, NY: John Wiley & Sons, 1974.
- PEREIRA, S. C. F. **Efeito da remoção da cera epicuticular e disponibilidade hídrica sobre o metabolismo fotossintético foliar de uma espécie sempre verde de Caatinga.** 2016. 76 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.
- PRADO, R. M. **Nutrição de plantas.** São Paulo, SP: Editora Unesp, 2008. 407 p.
- PRITCHETT, W. L. **Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento.** México: Limusa, 1986. 634 p.
- REIS, M.G.F.; BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto.** Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.265-301.
- REZENDE, J. S. **Qualidade de Latossolos na chapada do Araripe sob diferentes coberturas vegetais.** 2017. 116 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Concentração em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.
- SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização do bioma caatinga. In: GARIGLIO, M.A., et al. (Eds.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga.** Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010, p. 27-48.
- SCHEER, M. B. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba (PR). **FLORESTA**, Curitiba, v. 38, n. 2, 2008.
- SANTOS, R. L. et al. Extração e eficiência de uso de nutrientes em capim-elefante na presença de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 36, p.497-505, 2012.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality. **Biometrika**, Oxford, v. 52, n.3/4, p. 591-611,1965.
- SILVA, G. C; SAMPAIO, E. V. S. B. Biomassas de partes aéreas em plantas da Caatinga. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 567-575, 2008.
- SOLLINS, P.; HOMMAN, P.; CALDWELL, B. A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: Mechanisms and controls. **Geoderma**, v. 74, p. 65-105, 1996.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2. ed. rev. e amp. Porto Alegre, RS: UFRGS, 1995. 174 p. il. (Boletim técnico, 5).

APÊNDICES

Apêndice A. Caracterização do componente arbustivo-arbóreo do ambiente Baixada, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Família/Nome científico	Nome comum	DA (ni ha ⁻¹) ¹	Código HST/UFRPE ²
ANACARDIACEAE			
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Aroeira	20	-
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Baraúna	4	-
ANNONACEAE			
<i>Annona leptopetala</i> (R.E. Fr.) H. Rainer	Bananinha	34	-
APOCYNACEAE			
<i>Aspidosperma pyriformium</i> Mart.	Pereiro preto	40	21697
BURSERACEAE			
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	Imburana de cambão	28	21942
CAPPARACEAE			
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	Feijão bravo	2	21691
CARICACEAE			
<i>Jacaratia corumbensis</i> Kuntze	Mamãozinho	2	-
COMBRETACEAE			
<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	Sipaúba	6	-
ERYTHROXYLACEAE			
<i>Erythroxylum amplifolium</i> Baill.	-	4	-
EUPHORBIACEAE			
<i>Cnidoscolus bahianus</i> (Ule) Pax & K. Hoffm.	Faveleiro	14	21940
<i>Croton blanchetianus</i> ³	Marmeleiro preto	304	21944
<i>Croton</i> sp. ³	Quebra faca	40	21938
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	Pinhão bravo	16	-
<i>Manihot carthagenensis</i> (Jacq.) Müll. Arg.	Maniçoba	8	21946
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Burra leiteira	8	-
FABACEAE			
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm.	Imburana de cheiro	12	-
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico de caroço	8	21936
<i>Bauhinia subclavata</i> Benth.	Mororó	16	21937
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	Mulungu	10	21941
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.	Sábia	2	-

Apêndice A. Continuação

Família/Nome científico	Nome comum	DA (ni ha ⁻¹) ²	Código HST/UFRPE ¹
FABACEAE			
<i>Mimosa</i> sp. ³	Jurema lambe beijo	2	-
<i>Parapiptadenia zehntneri</i> (Harms) M.P. Lima & H.C. Lima	Angico branco	48	-
<i>Piptadenia viridiflora</i> (Kunth) Benth.	Jurema branca	30	21940
<i>Poincianella gardneriana</i> (Benth.) L.P. Queiroz	Catingueira	162	21698
<i>Senegalia bahiensis</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Rama de boi	2	-
<i>Senna splendida</i> (Vogel) H.S. Irwin & Barneby	Canafistula de bode	2	21701
MALVACEAE			
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A. St.-Hil., Juss. & Cambess.) A. Robyns	Embiratanha	2	22491
MYRTACEAE			
<i>Campomanesia</i> sp. ³	Cascudo	10	-
NYCTAGINACEAE			
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Pau piranha	2	21776
RUBIACEAE			
Indeterminada 1 ⁴	-	4	-
SALICACEAE			
<i>Casearia silvestris</i> Sw.	Pau branco	4	-
<i>Xylosma prockia</i> (Turcz.) Turcz.	Pau amarelo	4	21982
SAPINDACEAE			
<i>Allophylus quercifolius</i> Radlk.	Cascudo da serra	16	-
Indeterminada 1 ⁴	-	4	-
Total	-	872	-

¹Densidade absoluta = (número de indivíduos da espécie i ha⁻¹) (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974); ²Código no Herbário Sérgio Tavares da UFRPE; ³Identificadas apenas em nível de gênero; ⁴Não identificadas.

Apêndice B. Caracterização do componente arbustivo-arbóreo do ambiente Encosta, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Família/Nome científico	Nome comum	DA (ni ha ⁻¹) ¹	Código HST/UFRPE ²
ANACARDIACEAE			
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Baraúna	132	21705
ANNONACEAE			
<i>Annona leptopetala</i> (R.E. Fr.) H. Rainer	Bananinha	16	-
BIGNONIACEAE			
<i>Godmania dardanoi</i> (J.C. Gomes) A.H. Gentry	Taipó	6	-
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê	2	-
<i>Jacaranda jasminoides</i> (Thunb.) Sandwith	Chifre de carneiro	12	21974
BORAGINACEAE			
<i>Cordia rufescens</i> A. DC.	Grão de galo	4	21950
CAPPARACEAE			
<i>Colicodendron yco</i> Mart.	Incó	4	21689
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	Feijão bravo	278	21691
COMBRETACEAE			
<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	Sipaúba	304	-
ERYTHROXYLACEAE			
<i>Erythroxylum</i> sp. ³	Guabiraba	8	-
EUPHORBIACEAE			
<i>Croton limae</i>	Marmeleiro branco	4	21966
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Burra leiteira	4	-
FABACEAE			
<i>Bauhinia subclavata</i> Benth.	Mororó	18	21937
<i>Chloroleucon foliolosum</i> (Benth.) G.P. Lewis	Arapiraca	76	-
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	Violete da serra	2	-
Indeterminada ⁴	Espinheiro	2	-
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	Rama de boi	62	-
<i>Piptadenia viridiflora</i> (Kunth) Benth.	Jurema branca	198	21940
<i>Senegalia langsdorffii</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Jiquiri	38	21778

Apêndice B. Continuação

Família/Nome científico	Nome comum	DA (ni ha ⁻¹) ¹	Código HST/UFRPE ²
FABACEAE			
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Espinheiro preto	278	21779
<i>Senna</i> sp. ³	Canafístula	4	-
<i>Senna splendida</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	Canafístula de bode	2	-
<i>Swartzia flaemingii</i> Raddi	Jacarandá - Banheira	204	21702
MYRTACEAE			
Indeterminada ⁴	Canela de velho	4	-
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	Pimentinha do sertão	12	21700
NYCTAGINACEAE			
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Pau piranha	10	21776
RUTACEAE			
<i>Zanthoxylum hamadryadicum</i> Pirani	Laranjinha	2	-
<i>Zanthoxylum</i> sp. ³	Laranjinha	2	-
Total	-	1688	-

¹Densidade absoluta = (número de indivíduos da espécie i ha⁻¹) (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974); ²Código no Herbário Sérgio Tavares da UFRPE; ³Identificadas apenas em nível de gênero; ⁴Não identificadas.

Apêndice C. Caracterização do componente arbustivo-arbóreo do ambiente Chapada, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Família/Nome científico	Nome comum	DA (ni ha ⁻¹) ¹	Código HST/UFRPE ²
ANNONACEAE			
<i>Annona leptopetala</i> (R.E. Fr.) H. Rainer	Bananinha	104	-
APOCYNACEAE			
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	Pereiro preto	2	21697
BIGNONIACEAE			
<i>Jacaranda jasminoides</i> (Thunb.) Sandwith	Chifre de carneiro	16	21974
COMBRETACEAE			
<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	Sipaúba	4	-
ERYTHROXYLACEAE			
<i>Erythroxylum caatingae</i> Plowman	Rasga gibão	2	-
<i>Erythroxylum</i> sp. ³	Guabiraba	24	21968
EUPHORBIACEAE			
<i>Croton limae</i> ³	Marmeleiro branco	236	21966
FABACEAE			
<i>Bauhinia acuruana</i> Moric.	Mororó da serra	4	-
<i>Mimosa</i> sp. ³	Jurema unha de gato	2	-
<i>Piptadenia viridiflora</i> (Kunth) Benth.	Jurema branca	18	21940
<i>Poeppegia procera</i> C. Presl	Cabo de inchó/coronheiro	6	22482
<i>Senegalia langsdorffii</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Jiquiri	50	21778
<i>Senna cearensis</i> Afr. Fern.	Canafistula de bezerro	4	21958
<i>Swartzia flaemingii</i> Raddi	Jacarandá	48	21702
MALPIGHIACEAE			
<i>Byrsonima gardneriana</i> A. Juss.	Murici	26	21979
MELIACEAE			
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	Maria preta	2	-

Apêndice C. Continuação

Família/Nome científico	Nome comum	DA (ni ha ⁻¹) ¹	Código HST/UFRPE ²
MYRTACEAE			
<i>Eugenia flavescens</i> DC.	Murta	4	21976
<i>Eugenia stictopetala</i> DC.	-	2	21973
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	Pimentinha do sertão	10	21700
NYCTAGINACEAE			
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Pau piranha	310	21776
RHAMNACEAE			
<i>Colubrina cordifolia</i> Reissek	João vermelho	8	21959
RUTACEAE			
<i>Metrodorea mollis</i> Taub.	Cundurú	232	-
<i>Pilocarpus spicatus</i> subsp. aracatensis Kaastra	Pimentinha da serra	102	22485
<i>Zanthoxylum hamadryadicum</i> Pirani	Laranjinha	36	21970
Indeterminada 1 ⁴	Canela de velho	12	-
Indeterminada 2 ⁴	-	2	21972
Indeterminada 3 ⁴	Grajau	20	-
Indeterminada 4 ⁴	-	2	-
Total	-	1288	-

¹Densidade absoluta = (número de indivíduos da espécie i ha⁻¹) (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974); ²Código no Herbário Sérgio Tavares da UFRPE; ³Identificadas apenas em nível de gênero; ⁴Não identificadas.

Apêndice D. Teor foliar de N, P, K, Ca e Mg das espécies florestais *Metrodorea mollis*, *Pilocarpus spicatus* e *Cynophalla flexuosa* em função da sazonalidade climática, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Espécie	N (g kg ⁻¹)			P (g kg ⁻¹)			K (g kg ⁻¹)		
	Período			Período			Período		
	Seco	Úmido	Média	Seco	Úmido	Média	Seco	Úmido	Média
<i>Metrodorea mollis</i>	24,46 bB	28,36 aA	26,41	0,81 Ba	0,93 bA	0,87	13,90 aA	9,31 bB	11,61
<i>Pilocarpus spicatus</i>	28,29 aA	21,37 cB	24,83	1,12 Aa	0,62 cB	0,87	5,63 bB	10,28 aA	7,96
<i>Cynophalla flexuosa</i>	23,89 bB	25,14 bA	24,52	1,01 Ab	1,37 aA	1,19	13,26 aA	14,01 aA	13,64
Média	25,55	24,96		0,98	0,97		10,93	11,20	
				Teste de F					
F período		0,14 ^{NS}			0,01 ^{NS}			0,06 ^{NS}	
F espécie		14,21 ^{***}			13,03 ^{***}			9,52 ^{**}	
F período x F espécie		15,22 ^{***}			19,36 ^{***}			6,18 [*]	
CV (%) ¹		5,60			12,82			10,56	
Espécie	Ca (g kg ⁻¹)			Mg (g kg ⁻¹)					
	Período			Período					
	Seco	Úmido	Média	Seco	Úmido	Média			
<i>Metrodorea. Mollis</i>	6,89 bA	8,24 aB	7,57	3,24 bB	4,14 aA	3,69			
<i>Pilocarpus spicatus</i>	8,39 bA	8,21 aB	8,30	2,39 cB	3,27 bA	2,83			
<i>Cynophalla flexuosa</i>	19,12 aA	12,04 bA	15,58	4,91 aA	3,95 aB	4,43			
Média	11,47	9,50		3,51	3,79				
				Teste de F					
F período		8,87 [*]			1,86 ^{NS}				
F espécie		59,83 ^{***}			20,86 ^{***}				
F período x F espécie		15,26 ^{***}			9,21 ^{**}				
CV (%) ¹		5,26			11,78				

¹Coeficiente de variação = (desvio padrão/média) × 100. Letras maiúsculas iguais nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *, ** e *** = significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{NS} = Não significativo.

Apêndice E. pH e teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P, Al^{3+} , COT e N em função da sazonalidade climática e das profundidades do solo, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Profundidade (cm)	pH água (1:2,5)			Ca^{2+} (cmol _c dm ⁻³)			Mg^{2+} (cmol _c dm ⁻³)			K^+ (cmol _c dm ⁻³)		
	Período			Período			Período			Período		
	Seco	Úmido	Média	Seco	Úmido	Média	Seco	Úmido	Média	Seco	Úmido	Média
0-5	5,57 aA	5,24 aB	5,41	2,45 aA	2,30 aA	2,38	0,78	0,91	0,84 a	0,34 aA	0,12 bB	0,23
5-10	5,22 bA	5,05 bB	5,14	1,58 bA	0,53 bB	1,06	0,56	0,61	0,58 b	0,20 bA	0,18 aA	0,19
10-20	5,03 cA	4,89 cB	4,96	1,20 bA	0,65 bB	0,93	0,34	0,57	0,45 c	0,14 cA	0,12 bA	0,13
Média	5,27	5,06		1,74	3,48		0,56 B	0,70 A		0,23	0,14	
Teste de F												
F profundidade	101,41***			45,05***			54,74***			17,67***		
F período	69,35***			18,10***			19,29***			43,26***		
P profundidade x F período	5,18**			3,65*			2,50 ^{NS}			23,14***		
CV (%)	4,70			89,88			46,98			69,43		

Profundidade (cm)	P (mg dm ⁻³)			COT (g kg ⁻¹)			N (g kg ⁻¹)		
	Período			Período			Período		
	Seco	Úmido	Média	Seco	Úmido	Média	Seco	Úmido	Média
0-5	7,53	5,07	6,30 a	5,47 bB	7,10 aA	6,29	1,34	1,55	1,44 a
5-10	4,59	3,07	3,83 b	7,91 aA	4,47 bB	6,19	0,75	0,95	0,85 b
10-20	3,65	2,55	3,10 a	3,85 cA	3,26 cA	3,56	0,83	1,12	0,97 b
Média	5,28 A	3,56 B		5,74	4,94		0,97	1,21	
Teste de F									
F profundidade	32,17***			36,91***			32,71***		
F período	24,58***			7,38**			14,18***		
P profundidade x F período	1,38 ^{NS}			24,92***			0,20 ^{NS}		
CV (%)	73,47			52,24			54,85		

¹Coefficiente de variação = (desvio padrão/média) × 100. Letras maiúsculas iguais nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *, ** e *** = significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{NS} = Não significativo.

CAPÍTULO II

DINÂMICA DA SERAPILHEIRA E APORTE DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA E DO GRADIENTE DE ALTITUDE EM FLORESTA TROPICAL SECA

RESUMO

A dinâmica da serapilheira está intimamente relacionada ao ambiente. Em Araripina, Pernambuco, variações na precipitação pluviométrica, típicas do clima semiárido quente, além do gradiente de altitude, representado pela Chapada do Araripe, podem influenciar a produção, o acúmulo e a decomposição da serapilheira. Alterações decisivas na ciclagem de nutrientes, processo ecossistêmico fundamental a conservação de florestas tropicais. Acredita-se que a produção e o acúmulo de serapilheira apresentam relação negativa com o aumento da altitude e da precipitação pluviométrica; que o aporte de N, P, K, Ca e Mg pela serapilheira produzida e acumulada tem relação positiva com o aumento da altitude e da precipitação pluviométrica; e que a decomposição da serapilheira acumulada se relaciona negativamente com a altitude, mas positivamente com o aumento da precipitação pluviométrica. Objetivou-se avaliar o efeito da sazonalidade climática e do gradiente de altitude sobre a produção, o acúmulo e o aporte de N, P, K, Ca e Mg em frações representativas da serapilheira, bem como a decomposição da serapilheira acumulada em três fragmentos de floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco. Os fragmentos florestais estão inseridos no município de Araripina/PE e distribuídos em três ambientes conforme altitude: Baixada (<600 m), Encosta (600-750 m) e Chapada (>750 m). Foram quantificados a produção e o acúmulo da serapilheira total e fracionada (folhas, galhos e cascas, estruturas reprodutivas e miscelânea), o teor e o aporte de N, P, K, Ca e Mg de suas frações mais representativas. A produção de serapilheira foi influenciada pelo gradiente de altitude, de caráter sazonal, com acréscimos no período seco. A concentração e o aporte de nutrientes na fração foliar apresentaram a ordem decrescente: $Ca > N > K > Mg > P$, com maior aporte no período seco. O acúmulo de serapilheira foi maior na Baixada, com o seguinte padrão quanto a concentração e aporte pela fração galhos e cascas: $Ca > N > K > Mg > P$. O período seco comprometeu a decomposição da serapilheira acumulada que, na Baixada, se decompõe mais lentamente. No período úmido, os tempos de decomposição foram mais elevados para a Chapada. No seco, para a Baixada. A fração a galhos e cascas é a que permanece por mais tempo no piso florestal.

Palavras-chave: decomposição; ciclagem de nutrientes; topossequência; Savana-Estépica; semiárido brasileiro

ABSTRACT

The litter dynamics is closely related to the environment. In Araripina, Pernambuco, Brazil, variations in rainfall, typical of the hot semiarid climate, and the altitude gradient, represented by the Araripe Plateau, can influence litter's production, accumulation and decomposition. Decisive changes in nutrient cycling, a key ecosystem process for the conservation of tropical forests. It is believed that the production and accumulation of litter present a negative relation with the increase of the altitude and rainfall; the contribution of N, P, K, Ca and Mg by the litter produced and accumulated is positively related to the increase in altitude and rainfall; and the decomposition of accumulated litter is negatively related to altitude but positively with increasing rainfall. The study objective was to evaluate the effect of climatic seasonality and altitude gradient on the production, accumulation and contribution of N, P, K, Ca and Mg in representative fractions of the litter, as well as the decomposition of litter accumulated in three fragments of dry tropical forest in Araripina, Pernambuco. The forest fragments are located in the municipality of Araripina/PE and distributed in three environments according to altitude: Lowland (<600 m), Slope (between 600 and 750 m) and Plateau (>750 m). The production and accumulation of total and fractionated litter (leaves, branches and bark, reproductive and miscellaneous structures), the content and the contribution of N, P, K, Ca and Mg of their most representative fractions were quantified. The litter production was influenced by the seasonally elevated altitude gradient with increases in the dry period. The concentration and nutrient intake in the leaf fraction showed the decreasing order: Ca>N>K>Mg>P, with the highest contribution in the dry period. The accumulation of litter was higher in the Lowland, with the following pattern as the concentration and contribution by the fraction of the branches and peels: Ca>N>K>Mg>P. The dry period compromised the decomposition of accumulated litter which, in the Lowland, decomposes more slowly. In the wet period, the decomposition times were higher for the Plateau. In the dry period, for the Lowland. The fraction of branches and barks is the one that stays the longest on the forest floor.

Keywords: decomposition; nutrient cycling; toposequence; Caatinga; Brazilian semiarid

1. INTRODUÇÃO

As florestas tropicais secas representam quase metade das florestas tropicais (MURPHY; LUGO, 1986), com área estimada em $1,059 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ (MILES et al., 2006). No Brasil, a Caatinga (Savana-Estépica) (IBGE, 2012), encontra-se na região semiárida, considerada a mais populosa do mundo. Nela, habitam 23,5 milhões de habitantes, o que representa 34% da população brasileira, além da maior população rural do País (BRASIL, 2017). Certamente essa população utiliza recursos naturais, porém por meio de práticas não sustentáveis, pois mais de 46% da vegetação de Caatinga já foram desmatados (MMA, 2018).

Em 16 anos (entre 2000 e 2016), a perda de vegetação alcançou os 11 milhões de hectares (MapBiomass, 2016). As áreas degradadas correspondem a 40% e aquelas em processo de desertificação, 8% (BRASIL, 2016). O Arranjo Produtivo Local do Polo Gesseiro do Araripe, em Araripina, Pernambuco, também contribui para esses números. Sua principal matriz energética é a lenha, contudo, explorada ilegalmente (CRISPIM, 2015). O resultado é expresso pela fragmentação da vegetação local, principalmente, em áreas de baixa altitude (CUNHA, 2017).

De acordo com o artigo 32 da Instrução Normativa 007/2006 da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH, 2006), o ciclo de corte para Planos de Manejo Florestal Sustentável desenvolvidos na Caatinga é de, no mínimo, 15 anos. Porém, pesquisa realizada por Araújo Filho et al. (2018) ressaltam que esse tempo é insuficiente para os estoques de C no solo sejam restituídos, o que alerta que outros fatores devem ser considerados ao se determinar o ciclo de corte. Outrossim, Granja et al. (2017) reiteram a urgência de mudanças na obtenção de lenha da Caatinga, adequando as leis ambientais vigentes pois o estoque de lenha é suficiente para atender a demanda do Polo Gesseiro do Araripe apenas pelos próximos 35 anos.

Nesse contexto, pesquisas sobre a dinâmica da serapilheira em Caatinga podem auxiliar na compreensão de processos ecossistêmicos, como a ciclagem de nutrientes, identificando fatores fundamentais para a manutenção dos estoques de C e nutrientes no solo, conservando as espécies *in situ*. A serapilheira é fundamental para ciclagem de nutrientes pois relaciona a vegetação ao solo. Constitui uma das formas de entrada de C e nutrientes no solo e contribui com a formação da matéria orgânica em ecossistemas florestais (MAGUIRE, 1994). O volume da serapilheira no piso florestal é o resultado do balanço entre deposição, decomposição, mineralização e humificação. Logo, toda a sua dinâmica está relacionada ao ambiente e suas variações climáticas.

Na Caatinga, o clima é o semiárido quente (ALVARES et al., 2013) em que as chuvas são irregulares tanto entre anos, como dentro de um mesmo ano. Monitoramento dos últimos vinte anos

(2007 a 2017) em Araripina, PE, mostrou que em 2004, a precipitação pluviométrica acumulada foi de 844,00 mm e em 1998, 23 mm. A média mensal histórica no período úmido foi de 140 mm e de apenas 7 mm no período seco (APAC, 2018).

Em Caatinga, a produção de serapilheira é inversamente proporcional ao volume de chuvas (HENRIQUES et al., 2016; SOUZA et al., 2016; AQUINO et al., 2017; HOLANDA et al., 2017). Isso porque, as folhas são a principal fração da serapilheira, com aproximadamente 70% do total (LIMA et al., 2015; SOUZA et al., 2016; HOLANDA et al., 2017). A deciduidade é a adaptação das espécies ao baixo conteúdo de água no solo e contribui para sobrevivência das plantas em condições adversas de umidade. As espécies de fenologia foliar semi-decídua e, sobretudo, decídua, são mais comuns em ambientes secos (LIMA; RODAL, 2010; LIMA et al., 2012).

O município de Araripina, em Pernambuco, apresenta outra particularidade: o gradiente de altitude, descrito por Lopes (2005) e Cunha (2017). Mudanças climáticas em função do aumento da altitude incluem: diminuição da temperatura; mudança no balanço hídrico, na umidade absoluta e na pressão parcial de O₂ e CO₂; aumento da radiação ultravioleta e diminuição da velocidade dos ventos (KÖRNER et al., 1989). Áreas sob menor altitude apresentam maior temperatura do ar, redução no volume de chuvas e menor reposição de água (FERRAZ et al., 2003). Sampaio (2010) acrescentou que, áreas de Caatinga inseridas em maior altitude apresentam umidade relativa do ar mais elevada, balanço hídrico mais favorável e menores taxas de evapotranspiração.

Lopes (2005) verificou na bacia do rio Brígida no semiárido de Pernambuco que, na Chapada do Araripe chove em torno de 700 a 800 mm. Enquanto que, em áreas de baixa altitude, entre 400 e 500 mm. Porém o aumento no volume de chuvas em áreas de solos arenosos, como os da Chapada do Araripe, pode potencializar o escoamento superficial, lixiviação de bases trocáveis e perdas de solo por erosão em Caatinga como relatado por Menezes et al. (2012). Isso pode restringir a ciclagem de nutrientes via ciclo biogeoquímico devido à baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, o que compromete a nutrição das espécies (DONAGEMMA et al., 2016).

Por outro lado, áreas de baixa altitude apresentam temperaturas mais elevadas (FERRAZ et al., 2003) o que pode incrementar a decomposição da matéria orgânica e favorecer a ciclagem de nutrientes (SCHEER, 2008; SANTANA, SOUTO, 2011).

Mudanças na altitude podem alterar também a diversidade de espécies e a diversidade funcional (SILVA et al. 2014; PESSOA, 2017). Isso se reflete na qualidade da serapilheira, descrita como fator crítico para o processo de decomposição (GESSNER et al., 2010; CARDINALE et al., 2011; LECERF et al., 2011; KARA et al., 2014; JEWEEL et al., 2016). A diversidade de plantas

por meio da composição química ou através da diversidade da comunidade de plantas hospedeiras (JEWELL et al., 2016) e a funcional (SCHINDLER; GEESNER; 2009), particularizando a importância de cada espécie nos processos ecossistêmicos. Essas diferenças são fundamentais para que a ciclagem de nutrientes seja contínua e equilibrada.

Salgado et al. (2015) verificaram, em Caatinga, que o tempo necessário para que 95% da serapilheira fosse decomposta foi de 4,25 anos, em General Sampaio/CE. Nessa área de estudo a precipitação pluviométrica registrada foi de 763,10 mm e a temperatura do ar acima dos 18°C. Henriques et al. (2016) observaram 2,20 anos, em Santa Terezinha/PB. A precipitação observada foi menor que 1000 mm e a temperatura do ar, acima dos 25°C e Aquino et al. (2017) constataram 4,48 anos, em Iguatu/CE. Nesse caso, a precipitação pluviométrica registrada foi 970 mm e a temperatura do ar esteve entre 26 e 28°C. Além das diferenças quanto as variáveis climáticas, a composição florística dessas áreas de estudo também diferiu.

Em ambientes naturais, a decomposição da serapilheira ocorre de forma lenta e equilibrada, mantendo a funcionalidade e produtividade de áreas florestadas. Em vegetação Cerrado/Caatinga decídua (Floresta Natural), Lima et al. (2010) verificaram que o aporte médio de N, P, K, Ca e Mg para folhas e galhos foi de 46,10; 13,65; 15,20; 43,90 e 10,20 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Lima et al. (2015) verificaram que o aporte de N, P e K pela serapilheira de Caatinga arbustivo-arbórea foi de 93,07; 0,37 e 2,08 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente.

Nesse contexto, essa pesquisa teve por objetivo avaliar o efeito da sazonalidade climática e do gradiente de altitude sobre a produção, o acúmulo e o aporte de N, P, K, Ca e Mg em frações representativas da serapilheira, bem como a decomposição da serapilheira acumulada em três fragmentos de floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco.

Especificamente, testarem-se as seguintes hipóteses: 1) A produção e o acúmulo de serapilheira apresentam relação negativa com o aumento da altitude e da precipitação pluviométrica. Assim, espera-se que a Baixada apresente maior produção de serapilheira. No período seco, ocorre maior produção, sobretudo, da fração foliar e, para o acúmulo, da fração galhos e cascas; 2) O aporte de N, P, K, Ca e Mg da serapilheira produzida e acumulada tem relação positiva com o aumento da altitude e da precipitação pluviométrica. Assim, espera-se que o aporte de nutrientes seja mais intenso na Chapada e durante o período úmido; 3) A decomposição da serapilheira acumulada relaciona-se negativamente com a altitude, mas positivamente com o aumento da precipitação pluviométrica. Assim, espera-se que a serapilheira seja decomposta mais rapidamente na Baixada e durante o período úmido.

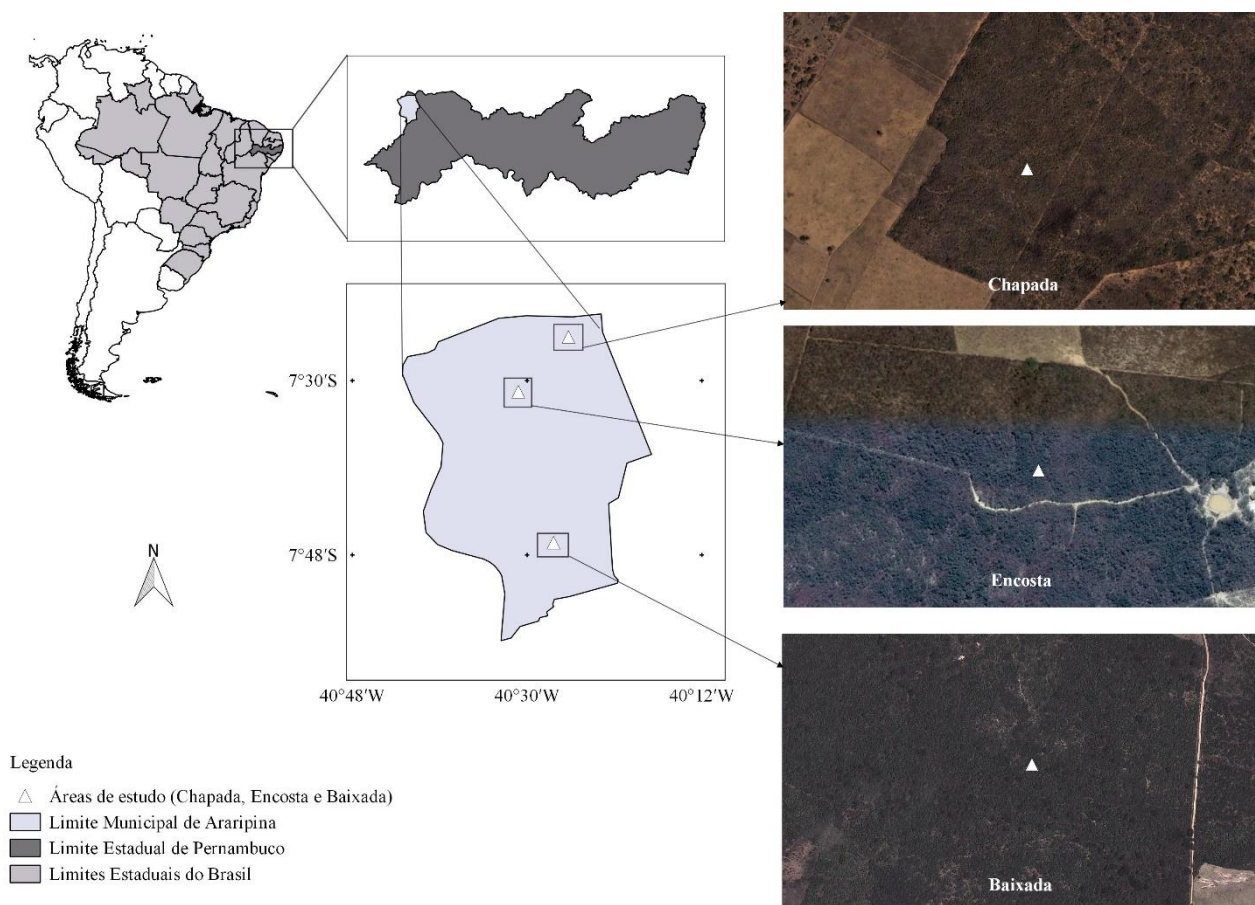
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 AMBIENTES DE ESTUDO

2.1.1 Características gerais

O município de Araripina localiza-se na bacia do rio Brígida, a oeste do estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil e está situado sob as seguintes coordenadas geográficas: 07°34'34"S e 40°29'54"W. Apresenta altitude média de 522 m e área total de 1914,40 km² (IBGE, 2010) (Figura 1).

Figura 1. Localização geográfica dos ambientes Chapada, Encosta e Baixada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco, nordeste do Brasil



Os ambientes estão distribuídos nesse município ao longo de um gradiente de altitude (topossequência). Classificou-se como ambiente Baixada, o fragmento florestal com altitude de até 600 m; ambiente Encosta, aquele cuja altitude situou-se entre 600 e 750 m; e ambiente Chapada, o fragmento localizado acima dos 750 m, conforme proposto por Cunha (2017). A localização geográfica e as principais características de cada ambiente estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1. Localização, características climáticas, vegetacionais e de solo dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Ambiente	Baixada	Encosta	Chapada
Localização	Araripina, Pernambuco (07°46'58,28"S e 40°27'13,73"O)	Araripina, Pernambuco (07°31'9,16"S e 40°30'54,01"O)	Araripina, Pernambuco (07°25'36,28"S e 40°25'44,71"O)
Área	100 ha	100 ha	20 ha
Clima ¹	BShw'	BShw'	BShw'
Altitude	540 m	664 m	847 m
Precipitação ²	400-500 mm	400-500 mm	700-800 mm
Temperatura ¹	24 a 26°C	24 a 26°C	24 a 26°C
Domínio ³	FTS ⁴	FTS	FTS
Fitofisionomia	Caatinga arbórea	Contato Caatinga-Carrasco	Carrasco
DA (ni ha ⁻¹) ⁵	872	1688	1288
H' (nats ha ⁻¹) ⁶	2,45	2,33	2,32
Solo/Classificação	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) ⁷	Neossolo Litólico (NL) ⁷	Latossolo Amarelo distrófico (LAd) ^{7,8}
Uso e ocupação ⁹	Agropecuária	Floresta densa	Floresta esparsa
pH (H ₂ O)	5,92	4,77	4,82
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	5,56	0,50	0,88
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,02	0,40	0,63
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,49	0,15	0,10
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,00	0,24	0,18
(H+Al) (cmol _c dm ⁻³)	2,26	3,41	3,51
P (mg dm ⁻³)	5,70	4,60	1,40
CTC _{efetiva} (cmol _c dm ⁻³) ¹⁰	8,13	1,32	1,81
CTC _{potencial} (cmol _c dm ⁻³) ¹¹	10,39	4,49	5,14
V (%) ¹²	77,72	24,46	31,42
m (%) ¹³	0,00	18,40	10,54
COT (g kg ⁻¹) ¹⁴	59,30	15,80	6,30
N (g kg ⁻¹)	1,25	0,64	0,98

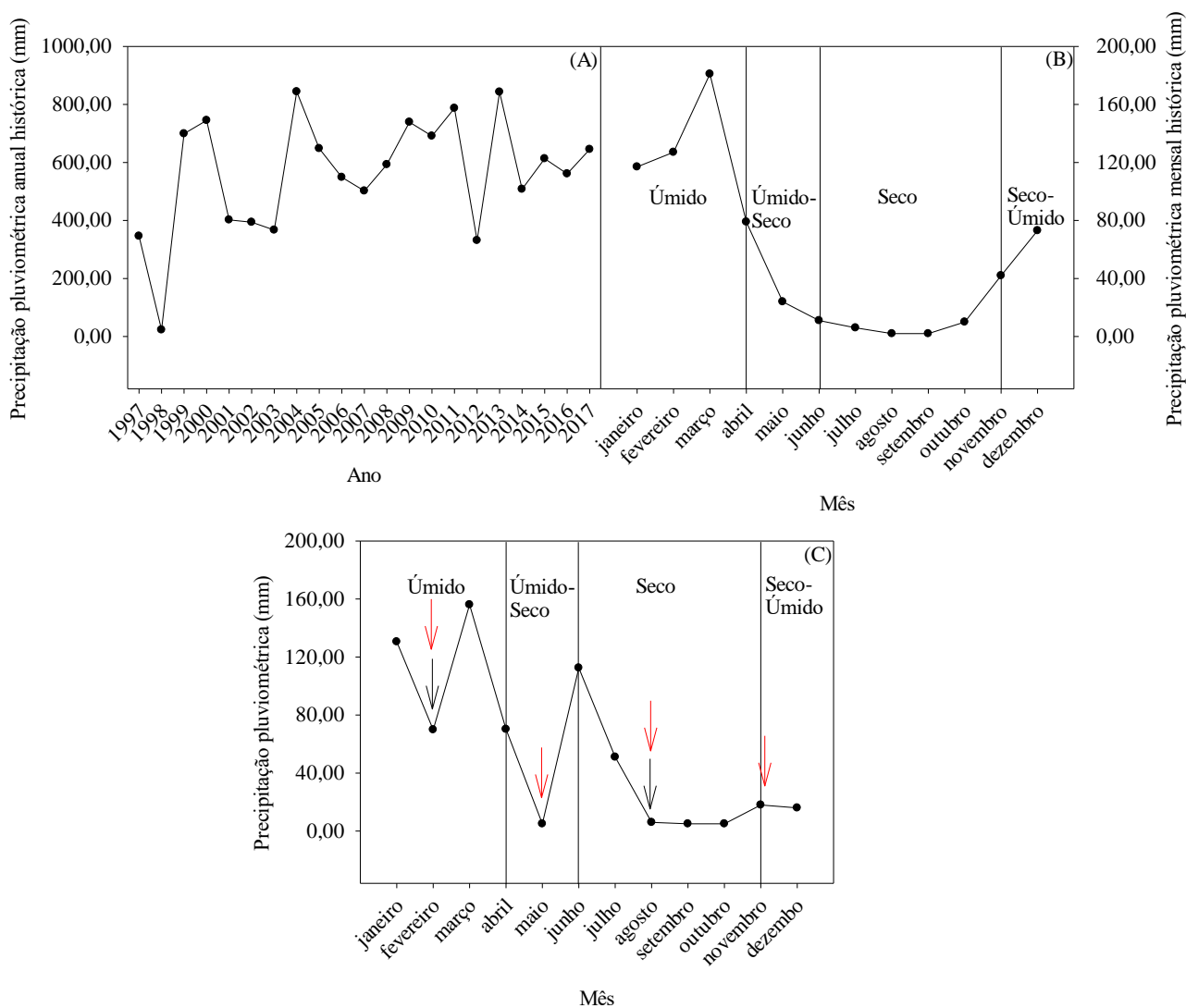
¹Clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude ou clima semiárido quente (ALVARES et al., 2013); ²LOPES (2005); ³IBGE (2012); ⁴Floresta tropical seca; ⁵Densidade absoluta (número de indivíduos ha⁻¹); ⁶Índice de diversidade de Shannon-Wiener; ⁷EMBRAPA (2013); ⁸REZENDE (2017); ⁹CUNHA (2017); ¹⁰Capacidade de troca de cátions efetiva; ¹¹Capacidade de troca de cátions potencial; ¹²Saturação por bases; ¹³Saturação por alumínio; ¹⁴Teor de C orgânico total do solo. Todos os atributos químicos do solo foram determinados em amostras coletadas em até 20 cm de profundidade e conforme procedimentos metodológicos da EMBRAPA (2011).

2.1.2 Períodos de avaliação

A série histórica da precipitação pluviométrica dos últimos 20 anos (1997-2017) mostrou a irregularidade no regime hídrico do município, cujo acumulado oscilou entre 23 mm (em 1998) e 843 mm (em 2013). A média registrada nesse período foi de 563 mm (Figura 2A) (APAC, 2018).

Figura 2. Precipitação pluviométrica anual histórica entre os anos de 1997 e 2017 do município de Araripina, Pernambuco, Brasil (A) e precipitação pluviométrica mensal histórica, subdivida em períodos úmido, seco e de transição (B). Precipitação pluviométrica (essa pesquisa), subdivida em períodos úmido, seco e de transição. As setas vermelhas indicam o período e o mês de coleta da serapilheira produzida e as setas pretas indicam o período e o mês de coleta da serapilheira acumulada (C)

Fonte: APAC (2018).



Ressalta-se também, a irregularidade na distribuição das chuvas ao longo de um mesmo ano. Em março, o acumulado foi de 181 mm e em setembro e outubro, de 2 mm (Figura 2B). O monitoramento da precipitação pluviométrica nos últimos 20 anos mostrou a irregularidade no regime hídrico da região, cuja média registrada foi de 563 mm (Figura 2A) (APAC, 2018).

A partir da média mensal da série histórica (1997 a 2017), foram definidos quatro períodos: úmido, seco e de transição úmido-seco e seco-úmido. Considerou-se período úmido, os meses de janeiro a março, cuja média foi de 142 mm; período seco, os meses de junho a outubro, com média de 6 mm; período de transição úmido-seco, os meses de abril e maio e transição seco-úmido, os meses de novembro e dezembro, com médias entre 51-58 mm.

Dessa forma, foram escolhidos quatro períodos para a coleta da serapilheira produzida (úmido, úmido-seco, seco e seco-úmido) que ocorreram nos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro de 2017, respectivamente. Para a serapilheira acumulada, os períodos escolhidos foram o úmido e o seco de 2017 (Figura 2C). O comportamento climático entre janeiro a dezembro de 2017 foi monitorado por meio da precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar, temperatura do ar, velocidade do vento, radiação solar global e pressão atmosférica (Tabela 2).

Tabela 2. Precipitação pluviométrica (média e acumulada referente ao período dessa pesquisa e da série histórica, entre 1997 e 2007), umidade relativa do ar, temperatura do ar velocidade do vento, radiação solar global e pressão atmosférica, subdivididos em períodos úmido, úmido-seco, seco e seco-úmido entre os meses de janeiro a dezembro de 2017 no município de Araripina, Pernambuco

Período	Precipitação pluviométrica (mm)		UR ² (%)	T ³ (°C)	V ⁴ (m s ⁻¹)	Rg ⁵ (Watts m ⁻²)	patm ⁶ (hPa)
	Média (essa pesquisa)	Média (histórica)					
Úmido	118,83	141,67	72,68	24,31	3,09	294135,43	919,99
Úmido-Seco	37,60	51,50	70,31	23,97	3,27	331629,08	921,53
Seco	35,90	6,20	65,38	23,39	4,75	287375,64	922,83
Seco-Úmido	17,00	57,50	55,01	26,28	3,79	326574,12	919,12

¹Média histórica dos últimos 20 anos (1997-2017) dividida em períodos; ²Umidade relativa do ar; ³Temperatura do ar. ⁴Velocidade do vento; ⁵Radiação solar global; ⁶Pressão atmosférica. Fonte (APAC, 2018).

2.2 PRODUÇÃO, ACÚMULO E TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA

A produção de serapilheira foi quantificada apenas nos ambientes Baixada e Chapada. Foram lançadas, em cada fragmento, 20 parcelas de 10 x 25 m (250 m²), distribuídas de forma sistemática, equidistantes 25 m umas das outras. No centro de cada parcela, foi instalado um coletor suspenso com 1,0 m² de área e malha de 1 mm, a 1,30 m do solo. As avaliações ocorreram a cada três meses, todas realizadas em 2017 e nos seguintes períodos: úmido, úmido-seco, seco e seco-

úmido. No ambiente Encosta não foi possível fazer a coleta da serapilheira produzida devido a dificuldade na manutenção dos coletores em campo.

O acúmulo de serapilheira foi quantificado por meio de um gabarito com 1,0 m² lançado aleatoriamente sobre o solo. Essas avaliações ocorreram nos períodos: úmido e seco de 2017, nos meses coincidentes com a coleta de serapilheira produzida.

A produção e o acúmulo de serapilheira foram quantificados por meio da coleta de todo o material vegetal, separado em três frações: foliar; galhos e cascas; e estrutura reprodutiva e miscelânea. Considerou-se fração galhos e casca, estruturas lenhosas com até 3 cm de diâmetro e frações estrutura reprodutiva e miscelânea, aquelas compostas por flores, frutos, sementes (fração reprodutiva), além de material vegetal cuja identificação não foi possível, representada por corpos, restos de animais e material fecal (fração miscelânea).

Após separadas as frações, o material foi seco em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, moído e pesado, para determinação da massa seca. A produção total e fracionada de serapilheira (kg ha⁻¹) foi calculada pelo somatório do que foi produzido em cada período de avaliação (úmido e seco e os de transição úmido-seco e seco-úmido). O acúmulo total e fracionado de serapilheira (kg ha⁻¹) foi calculado pelo somatório de cada período de avaliação (úmido e seco).

A taxa de decomposição da serapilheira total e fracionada foi estimada apenas nos períodos úmido e seco e nos ambientes Baixada e Chapada por meio de equação proposta por Olson (1963) e utilizada por Salgado et al. (2015) e Henriques et al. (2016) para estimar a contribuição de serapilheira no domínio das florestas tropicais secas (Caatinga):

$$K = L/X_{ss} \quad (1)$$

K: Taxa de decomposição instantânea (kg ha⁻¹/kg ha⁻¹); L: Produção de serapilheira no período (úmido ou seco) (kg ha⁻¹); X_{ss}: Média da serapilheira acumulada sobre o solo no período (úmido ou seco) (kg ha⁻¹).

Neste caso, considerou-se como produção de serapilheira, a soma do que foi depositado em cada período de avaliação (úmido e seco) e como acúmulo de serapilheira, a média do que foi acumulado nesses dois períodos.

O tempo médio de renovação da serapilheira foi estimado por $1/K$ e os tempos necessários para decomposição de 50%, meia-vida, ($t_{0,5}$) e 95% ($t_{0,05}$) da serapilheira (em anos) também foram estimados, conforme proposto por Shanks e Olson (1961):

$$t_{0,5}=0,693/K \quad (2)$$

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

$t_{0,5}$: Tempo para que 50% da serapilheira seja decomposta, meia-vida (anos); $t_{0,05}$: Tempo para que 95% da serapilheira seja decomposta (anos); K: Taxa de decomposição instantânea ($\text{kg ha}^{-1}/\text{kg ha}^{-1}$).

2.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA E ACUMULADA

A composição química das frações da serapilheira produzida e acumulada foi determinada pelos teores dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg. O N foi extraído por digestão sulfúrica e determinado por destilação e titulação pelo método Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995). O P, extraído por digestão sulfúrica e dosado por colorimetria pelo método do molibdato de amônio (EMBRAPA, 2009).

A extração do K, Ca e Mg foi feita por digestão úmida através de micro-ondas pelo método da EMBRAPA (2009), com alterações. Na digestão, foram utilizados 0,2 g de amostra seca, 5 ml de ácido nítrico e 5 ml de peróxido de hidrogênio. O digestor estava configurado na potência máxima de 1600 W, 160 °C de temperatura e o tempo total de digestão foi de 30 minutos. Após isso, o K foi determinado por fotometria de chama e o Ca e o Mg por espectrofotometria de absorção atômica (EMBRAPA, 2009).

Dessa forma, o aporte de nutrientes foi calculado multiplicando-se o teor da fração da serapilheira produzida ou acumulada (g kg^{-1}) pela sua referida massa seca (kg). Optou-se por considerar apenas as frações mais representativas da serapilheira produzida e depositada. Para a serapilheira produzida a fração foliar representou, aproximadamente, 60 e 73% do total produzido na Baixada e na Chapada, respectivamente. Outrossim, para a serapilheira acumulada, a fração galhos e cascas por representar, aproximadamente, 79; 78 e 68% do total acumulado nos ambientes Baixada, Encosta e Chapada, respectivamente.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Os dados foram submetidos às suposições de normalidade e homocedasticidade, requisitos necessários à análise de variância (ANOVA), por meio dos testes de Shapiro-Wilk (SHAPIRO;

WILK, 1965) e Levene (LEVENE, 1960), respectivamente (ambos ao nível de 5% de probabilidade). Quando necessário, foi realizada a transformação dos dados utilizando $\sqrt{x + 1}$.

Os dados foram submetidos a ANOVA utilizando-se o teste de F ao nível de 5% de probabilidade. Quando os efeitos principais e/ou as interações foram significativos até o nível de 5% de probabilidade, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. O pacote estatístico utilizado foi o SISVAR® versão 5.2 (FERREIRA, 2008) e os gráficos foram confeccionados por meio do uso do software SigmaPlot® versão 14.0.

Devido a impossibilidade de se manter os coletores de serapilheira na Encosta, a produção de serapilheira e o seu aporte de nutrientes foram comparados estatisticamente por meio de esquema fatorial (2 x 4), referente a combinação de dois ambientes (Baixada e Chapada) e quatro períodos de avaliação (úmido, úmido-seco, seco e seco-úmido), com 20 repetições. Optou-se por analisar apenas a fração mais representativa da serapilheira produzida, a fração foliar.

Enquanto que, para a serapilheira acumulada e o seu aporte de nutrientes foram comparados estatisticamente por meio de esquema fatorial (3 x 2), referente a combinação de três ambientes (Baixada, Encosta e Chapada) e dois períodos de avaliação (úmido e seco), com 20 repetições. Sua fração mais representativa foi a galhos e cascas.

Foram calculados os percentuais médios das frações da serapilheira produzida e acumulada (foliar; galhos e cascas e estruturas reprodutivas e miscelâneas) e seus desvios padrões.

A taxa de decomposição instantânea e os tempos de renovação da serapilheira acumulada só foram possíveis de serem calculados nos ambientes Baixada e Chapada também devido a problemas na manutenção dos coletores na Encosta. Essas variáveis foram quantificadas apenas nos períodos seco e úmido e expressas apenas por médias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E APORTE DE NUTRIENTES PELA SERAPILHEIRA

3.1.1 Produção da serapilheira

A produção total de serapilheira na Baixada foi de 1522,09 kg ha⁻¹ e, na Chapada, de 1479,95 kg ha⁻¹ (Figura 3). Santana e Souto (2011) constataram produção total de serapilheira de 2068,55 kg ha⁻¹ e Silva et al. (2015) contabilizaram 1630,50 kg ha⁻¹. Produções próximas as encontradas por essa pesquisa. No entanto, outros autores relataram produções bem mais elevadas, como Maciel et al. (2012), Lima et al. (2015) e Souza et al. (2016), que observaram 6671,86;

8440,00 e 6800,67 kg ha⁻¹, respectivamente. Todos esses estudos foram realizados em floresta tropical seca, Caatinga arbustivo-arbórea.

A dinâmica da serapilheira é bastante relacionada ao ambiente. Portanto, qualquer mudança abiótica ou biótica interfere nesse processo. A exemplo do balanço hídrico, da capacidade de retenção de água nos solos (SAMPAIO, 2010), diversidade de espécies e diversidade funcional (SCHINDLER; GEESNER, 2009; JEWELL et al., 2016), presença de espécies de fenologia foliar não-decídua (LIMA; RODAL 2010; LIMA et al., 2012), dentre outros. Silva (2014) verificou aumento na produção de serapilheira em função do estágio sucessional da floresta, sendo maior no tardio se comparado ao inicial, em 2178,96 kg ha⁻¹. Isso pode explicar produções de serapilheira tão diversas, mesmo se tratando do mesmo domínio, como o das florestas tropicais secas.

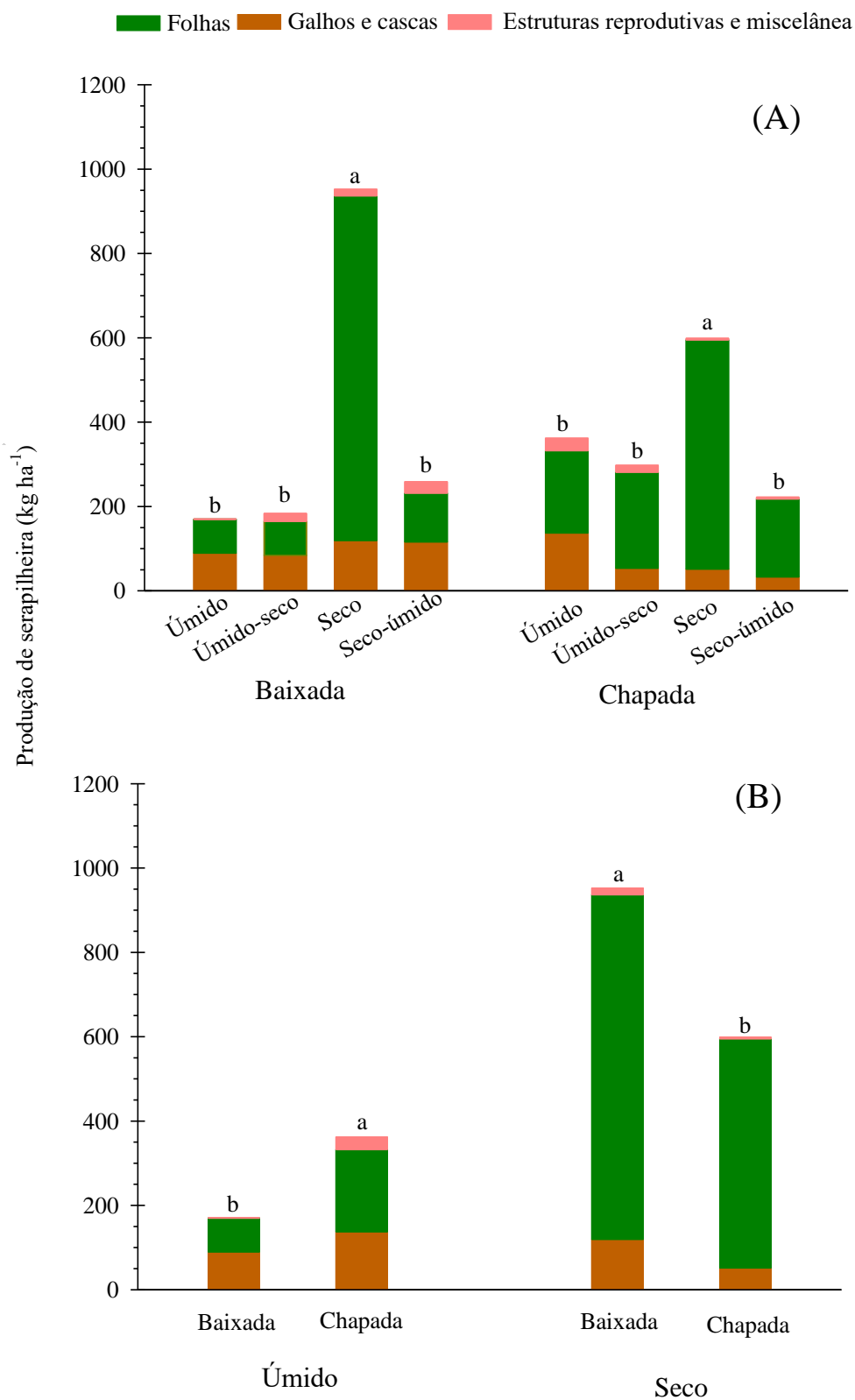
A produção de serapilheira foi de caráter sazonal (Figura 3). Em florestas tropicais secas, a produção está estreitamente relacionada a precipitação pluviométrica (SALGADO et al., 2015; HENRIQUES et al., 2016; SOUZA et al., 2016; AQUINO et al., 2017; HOLANDA et al., 2017). Assim, o período seco proporcionou maior produção de serapilheira total (Figura 3A), corroborando com Lima et al. (2015).

A fração foliar foi a que mais contribuiu para a formação da serapilheira (Figura 3 e Tabela 3). A abscisão precoce de folhas pode ser acelerada em função da redução no conteúdo de água no solo porque as plantas utilizam esse mecanismo para evitar perdas de água por transpiração. De acordo com Trovão et al. (2007), algumas modificações anatomo-morfológicas das plantas quanto expostas à seca incluem aprofundamento do sistema radicular, diminuição no tamanho da folha, expansão caulinar e perda de folhas.

No período seco, a produção de serapilheira total na Baixada foi maior do que na Chapada (Figura 3B), indicando que houve maior abscisão da fração foliar das espécies que compõe a Baixada. Em média, a precipitação pluviométrica no período seco foi de 35,90 mm e no período úmido foi de 118,83 mm (Tabela 2). Na Baixada, a precipitação pluviométrica é menor do que na Chapada em torno de 350 mm (LOPES, 2005), fazendo com que a abscisão foliar se intensifique, justificada pela menor precipitação pluviométrica desse ambiente.

No período úmido, a produção de serapilheira total na Chapada foi maior (Figura 3B). Isso pode ser justificado pelo alto impacto da gota da chuva, devido as precipitações mais elevadas e torrenciais (LOPES, 2005; MENEZES et al., 2012), comuns nesse período, associado a velocidade do vento que, na Chapada, são considerados de velocidade média a elevada, com maior força à noite devido a mudanças na temperatura do ar (CANAL ENERGIA, 2016).

Figura 3. Produção total de serapilheira e de suas frações nos períodos úmido, úmido-seco, seco e seco-úmido em função dos ambientes Baixada e Chapada (A) e nos ambientes Baixada e Chapada em função dos períodos úmido e seco (B) em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco



A diferença entre os ambientes em relação a sazonalidade climática, pode estar atrelada a maior quantidade de espécies de fenologia foliar não-decídua na Chapada. Das cinco espécies de maior densidade absoluta constatadas pela fitossociologia nesse ambiente, duas mantiveram suas folhas no período seco (*Metrodorea mollis* e *Pilocarpus spicatus*) e a biomassa foliar estimada dessas espécies foi de 180,94 e 351,35 kg ha⁻¹, respectivamente. Portanto, uma parte bem considerável dessa biomassa foliar não foi depositada. Outrossim, na Baixada, constatou-se que todas as cinco espécies de maior densidade absoluta eram de fenologia foliar decídua e com elevadas biomassas foliares, a exemplo da *Poincianella gardneriana*, com 343,93 kg ha⁻¹.

A caducifolia é vista como a adaptação mais extrema e perceptível à sobrevivência das espécies em face da redução drástica do conteúdo de água no solo (LARCHER, 2004; TURKAN, 2011). Em florestas tropicais secas, algumas espécies perdem total ou parcialmente suas folhas (LIMA; RODAL 2010; LIMA et al., 2012) mas, com as primeiras chuvas as recuperam rapidamente. Pesquisas realizadas por Arcoverde et al. (2011), Nascimento (2013) e Santos (2014) abordam a resiliência de espécies da Caatinga durante à seca e seu grau de recuperação com o reestabelecimento da umidade do solo. Isso permite a sobrevivência dessas espécies e a manutenção dos ciclos biogeoquímicos (LARCHER, 2004).

Adicionalmente, o custo da produção de uma folha pode ser definido como a quantidade de glicose necessária para construir os esqueletos de C e está indiretamente relacionado às taxas de crescimento das plantas (WILLIAMS et al., 1987). Existem espécies que conseguem emitir novas folhas a baixo custo. Assim, a taxa de aparecimento de folhas é elevada e não há preferência em manter as folhas antigas (ZHU et al., 2013). Por outro lado, espécies com alto custo de produção de folhas preferem investir em metabólitos de defesa, energeticamente caros (WESTOBY et al., 2002). Essa eficiência pode ser medida pelo tempo de retorno, que é o balanço entre a produção de folhas e o processo fotossintético (POORTER et al., 2006).

Em termos percentuais, a produção de serapilheira seguiu a ordem decrescente: folhas>galhos e cascas>estruturas reprodutivas e miscelâneas, independentemente do período de avaliação e do gradiente de altitude (Tabela 3). Esse resultado é ratificado pela literatura conforme pesquisas realizadas por Lima et al. (2015), Lopes, Araújo e Vasconcelos (2015), Silva et al. (2015) e Holanda et al. (2017). As folhas correspondem, em média, a aproximadamente 70% da serapilheira produzida, com reflexos no volume total (SANTANA; SOUTO, 2011; LIMA et al., 2015; SOUZA et al., 2016; HOLANDA et al., 2017).

Tabela 3. Frações percentuais da serapilheira produzida em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Período sazonal	Frações percentuais (%)					
	Folhas		Galhos e cascas		Estruturas reprodutivas e Miscelâneas	
	Ambiente		Ambiente		Ambiente	
	Baixada	Chapada	Baixada	Chapada	Baixada	Chapada
Úmido	54,09±1,82	46,58±2,22	45,74±1,55	37,67±1,93	0,16±0,19	9,09±2,57
Úmido-Seco	50,11±1,40	77,58±0,71	41,37±1,13	17,23±1,23	8,52±1,84	5,59±1,02
Seco	83,86±1,94	92,12±0,82	12,17±1,61	7,23±1,85	3,97±1,38	0,71±0,41
Seco-Úmido	52,84±2,41	79,69±1,09	33,71±2,48	16,11±1,84	13,45±2,65	2,20±1,53

3.1.2 Teor de nutrientes da fração foliar da serapilheira produzida

O teor de nutrientes na fração foliar da serapilheira produzida apresentou a seguinte ordem decrescente: Ca>N>K>Mg>P (Tabela 4), semelhante ao verificado por Holanda et al. (2017) em Caatinga hiperxerófila, na Paraíba. Porém, diferente do relatado por outros autores como Souto et al. (2009), que constatarem N>Ca>S>K>Mg>P, Barbosa (2012) que observou N>K>Ca>Mg e por Almeida (2015) que relatou N>K>P>Mg>Ca. Nos fragmentos estudados por esses autores, foram encontradas mais espécies da família *Fabaceae*. Algumas espécies dessa família são capazes de fixar N₂ da atmosfera e concentrar mais N em sua biomassa foliar.

O Ca foi o elemento de maior teor na serapilheira foliar (Tabela 4). Isso pode ocorrer devido a sua pouca mobilidade no floema depois de translocado para as folhas, no ciclo bioquímico, (MALAVOLTA et al., 1999) e por sua função estruturante, o que o faz permanecer por mais tempo nos tecidos celulares. Na forma de pectato de Ca, não solúvel em água, esse elemento é o principal componente da lamela média da parede celular (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). O N foi o segundo nutriente com maior teor (Tabela 4), o que pode estar relacionado a presença de indivíduos da família *Fabaceae*. Na Baixada, 33,72% dos indivíduos pertenciam a essa família e na Chapada 10,56%, conforme levantamento fitossociológico.

A presença de K na serapilheira foliar pode se relacionar com a precipitação pluviométrica, pois há lixiviação desse nutriente das folhas da copa das árvores e escoamento pelo tronco para serapilheira produzida (PEREZ-MARIN; MENEZES, 2008). No entanto, isso é mais comum em florestas tropicais úmidas, áreas de precipitação pluviométrica mais elevadas. Por se tratar de um cátion monovalente, sua ciclagem no sistema solo-planta ocorre mais rápido (CALDEIRA, 2008). Quanto ao Mg, esse nutriente é absorvido em menor quantidade. Além disso, apresenta alta mobilidade, migrando dos tecidos velhos para os mais novos (MARENCO; LOPES, 2009).

Tabela 4. Teor de nutrientes da fração foliar da serapilheira produzida em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Período	Teor de nutrientes (g kg ⁻¹)								
	N			P			K		
	Baixada	Chapada	Média	Baixada	Chapada	Média	Baixada	Chapada	Média
Úmido	14,33	26,36	23,94 a	1,74 aA	1,06 aB	1,40	2,53	1,52	1,63 d
Úmido-seco	20,29	22,69	21,49 a	1,18 bA	0,83 aB	1,01	4,44	3,18	3,81 c
Seco	13,53	16,47	15,00 b	0,67 cA	0,63 bA	0,65	6,36	5,72	6,04 a
Seco-úmido	13,56	17,93	15,74 b	0,87 cA	0,65 bA	0,76	4,69	4,46	4,58 b
Média	17,22 B	20,86 A		1,12	0,79		4,30 A	3,72 B	
Teste F									
F período	8,75***			21,51***			48,11***		
F ambiente	6,10*			20,06***			4,86*		
F per. × amb.	0,15 ^{NS}			3,48*			0,86 ^{NS}		
CV (%) ¹	11,59			5,53			8,16		
Teste de F									
	Ca		Média	Mg		Média			
	Baixada	Chapada		Baixada	Chapada				
Úmido	20,84 dA	8,32 cB	14,58	1,97 Ba	2,06 Ca	2,02			
Úmido-seco	20,66 cA	15,78 bA	18,22	3,13 Ab	4,81 Aa	3,97			
Seco	40,45 aA	39,24 aA	39,85	2,69 Ab	5,12 Aa	3,91			
Seco-úmido	29,23 bA	28,71 dA	28,97	2,23 Bb	3,76 Ba	3,00			
Média	27,80	23,01		2,51	3,94				
Teste de F									
F período	77,54***			37,98***					
F ambiente	1350,00***			92,73***					
F per. × amb.	18,13***			10,72***					
CV (%)	10,65			5,45					

¹Coefficiente de variação = (desvio padrão/média) × 100. Letras maiúsculas iguais nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. * e *** = significativo a 5 e 0,1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{NS} = Não significativo.

O teor de N na serapilheira foliar variou de 13,53 a 26,36 g kg⁻¹ (Tabela 4). Pesquisas em florestas tropicais secas como as de Holanda et al. (2017) apresentaram teores de N nessa fração da serapilheira similares ao constatado nessa pesquisa. Os teores de K variaram de 1,52 a 6,36 g kg⁻¹ (Tabela 4), semelhantes aos verificados por Souto et al. (2009) e Holanda et al. (2017).

Os teores de Ca variaram entre 8,32 e 40,45 g kg⁻¹, com média de 25,40 g kg⁻¹ (Tabela 4). Holanda et al. (2017) relatou teor médio de 20,86 g kg⁻¹, similar, em média, a essa pesquisa. No entanto, Souto et al. (2009) verificaram 8,10 g kg⁻¹ e Barbosa (2012) constatou 2,50 g kg⁻¹. Para o Mg, a variação do teor constatado foi de 1,97 e 5,12 g kg⁻¹ (Tabela 4), similar ao teor encontrado por Holanda et al. (2017). Em relação aos teores de P, a variação foi de 0,63 a 1,74 g kg⁻¹, com média de 0,96 g kg⁻¹ (Tabela 4), semelhante a verificada por Souto et al. (2009), 1,30 g kg⁻¹.

Os dados de teores de nutrientes na fração foliar da serapilheira mostraram que, no período úmido, houve maior concentração de N e P e, no período seco, maior concentração de K, Ca e Mg (Tabela 4), o que mostra a dinâmica nutricional em função da sazonalidade climática.

No período seco, houve maior concentração de K, Ca e Mg (Tabela 4). De acordo com Kolm e Poggiani (2003), o K apresenta alta mobilidade no floema, porém com a redução do metabolismo vegetal durante a seca, sua retranslocação é reduzida, concentrando-se nesse período e enriquecendo a serapilheira foliar. A maior concentração de Ca no o período seco (Tabela 4) pode ser justificado pela maior deposição da fração foliar (Figura 3A) contendo folhas ainda jovens, com elevado teor de Ca, como relatado por Souto et al. (2009).

O teor de Mg, no período seco, foi superior ao observado para os demais períodos, principalmente na Baixada (Tabela 4). Maiores concentrações de Mg com a redução da precipitação pluviométrica também foi relatado por Souto et al. (2009), concomitantemente a participação desse elemento na fotossíntese. Algumas espécies de Caatinga concentram pigmentos fotossintéticos quando submetidas a restrição hídrica no solo (NASCIMENTO; 2013; SANTOS, 2014).

O teor de N foi intensificado no período chuvoso (Tabela 4). Esse resultado pode ser explicado pela abscisão de folhas jovens, ricas em N, durante esse período (SOUTO et al., 2009), como também, ao acréscimo de N na serapilheira oriundo da transferência do N₂ atmosférico pela ação das chuvas (FERREIRA et al., 2007; PEREZ-MARIN; MENEZES 2008).

Os nutrientes que se concentram preferencialmente nas folhas são N, P, Mg e S. A casca e o fuste contêm um teor de Ca mais elevado (LARCHER, 2004). Essa maior concentração de nutrientes nas folhas justifica-se porque são nelas que ocorrem as principais reações metabólicas. Diferente de alguns órgãos, nas folhas, a maioria das células encontram-se vivas e tendem a acumular maiores quantidades de nutrientes para suprir a demanda da planta (BELLOTE, 1990).

3.1.3 Aporte de nutrientes pela fração foliar da serapilheira produzida

O aporte de nutrientes pela fração foliar da serapilheira produzida apresentou a seguinte ordem decrescente: Ca>N>K>Mg>P (Tabela 5). O retorno de nutrientes ao solo observado nessa pesquisa foi, em média, semelhante ao relatado por Holanda et al. (2017) para N, K e Mg, que verificaram aporte via folhas de 31,84; 14,57; e 8,60 kg ha⁻¹, para N, K e Mg, respectivamente.

O aporte de Ca foi, em média, mais de 2,5 vezes maior do que o aporte relatado por Holanda et al. (2017). Esse valor elevado foi muito influenciado pela maior produção de serapilheira no período seco (Figura 3) e os elevados teores de Ca constatados nessa serapilheira (Tabela 4). Durante o processo de abscisão foliar, há uma translocação de nutrientes móveis, como N, P, K e Mg e uma concentração de nutrientes pouco móveis, como o Ca (MOURA, 2010). Esse processo é ainda mais evidenciado no período seco, quando a perda de folhas é mais elevada.

Quanto ao P, o seu baixo aporte acompanhou os resultados do teor (Tabela 4), justificados pela indisponibilidade desse nutriente no solo (Tabela 1). Em Latossolo Amarelo na Chapada do Araripe, Rezende (2017) verificou valores baixos de P disponível em quatro ambientes, cujos resultados médios das camadas (0 a 5 cm; 5 a 10 cm e 10 a 20 cm) foram: 1,03; 0,62; 1,68; 1,72 mg dm⁻³, para Caatinga preservada, Caatinga degradada, cultivo de mandioca e de eucalipto, respectivamente. Além disso, os teores de P na biomassa foliar das cinco espécies de maior densidade absoluta também foram considerados baixos. Alves et al. (2017) relatou baixos teores de P em folhas e os relacionou a baixa disponibilidade desse nutriente em solos de Caatinga. Menezes et al. (2012) relataram que é comum constatar, em Caatinga, solos pobres em P.

O aporte é uma relação direta entre massa seca da fração e o teor do nutriente contido nessa massa. Durante o período seco, a produção de folhas foi superior aos demais períodos (Figura 3A), explicando o alto aporte de nutrientes nesse período (Tabela 5). O elevado aporte de N nesse período não foi influenciado pela concentração de N no solo. A biomassa produzida no período seco não se decompõe por falta de umidade no solo (SCHEER, 2008; SANTANA, SOUTO, 2011). No período chuvoso, ocorreu uma rápida decomposição dessa biomassa e uma intensa liberação de N, incrementando os teores de N do solo, mesmo com menor aporte de N nesse período (Tabela 5).

Tabela 5. Aporte de nutrientes pela fração foliar da serapilheira depositada em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Período sazonal	Aporte de nutrientes (kg ha ⁻¹)								
	N			P			K		
	Baixada	Chapada	Média	Baixada	Chapada	Média	Baixada	Chapada	Média
Úmido	2,20	6,96	4,59 b	0,09 bA	0,13 aA	0,11	0,20 bA	0,27 bA	0,24
Úmido-seco	2,52	9,28	5,89 b	0,07 bB	0,20 aA	0,13	0,49 bA	0,93 bA	0,72
Seco	20,35	12,52	16,44 a	0,35 aA	0,21 aB	0,28	7,45 aA	4,81 aB	6,13
Seco-úmido	1,89	4,47	3,17 b	0,06 bA	0,12 aA	0,09	0,65 bA	1,21 bA	0,93
Σ (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	26,96	33,23		0,57	0,66		8,79	5,22	
Média	6,74	8,31		0,14	0,16		2,2	1,31	
Teste F									
F período	8,10 ^{***}			9,64 ^{***}			42,99 ^{***}		
F ambiente	0,54 ^{NS}			0,62 ^{NS}			0,87 ^{NS}		
F per. × amb.	2,33 ^{NS}			4,10 [*]			3,20 [*]		
CV (%) ¹	31,29			3,71			15,97		
	Ca		Média	Mg		Média			
	Baixada	Chapada		Baixada	Chapada				
Úmido	2,17 bA	2,19 bA	2,18	0,24	0,51	0,37 b			
Úmido-seco	2,79 bA	4,73 bA	3,73	0,36	1,43	0,89 b			
Seco	46,84 aA	23,23 aB	35,03	3,11	4,21	3,67 a			
Seco-úmido	4,45 bA	7,29 bA	5,87	0,35	0,99	0,67 b			
Σ (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	56,25	37,44		4,05	7,13				
Média	14,06	9,36		1,01	1,78				
Teste F									
F período	61,54 ^{***}		33,86 ^{***}						
F ambiente	2,15 ^{NS}		8,75 ^{**}						
F per. × amb.	2,67 ^{NS}		0,57 ^{NS}						
CV (%) ¹	23,46		11,97						

¹Coefficiente de variação = (desvio padrão/média) × 100. Letras minúsculas iguais nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *, ** e *** = significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{NS} = Não significativo.

O aporte de K, P, Ca e Mg foi mais elevado no período seco (Tabela 5). Nesse caso, a falta de umidade no período seco reduziu a absorção das plantas e esses nutrientes se acumularam no solo, juntamente com a biomassa não decomposta. No período úmido, as plantas intensificam a absorção de nutrientes, o que reduziu os teores desses nutrientes no solo.

3.2 ACÚMULO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E APORTE DE NUTRIENTES PELA SERAPILHEIRA

3.2.1 Acúmulo da serapilheira

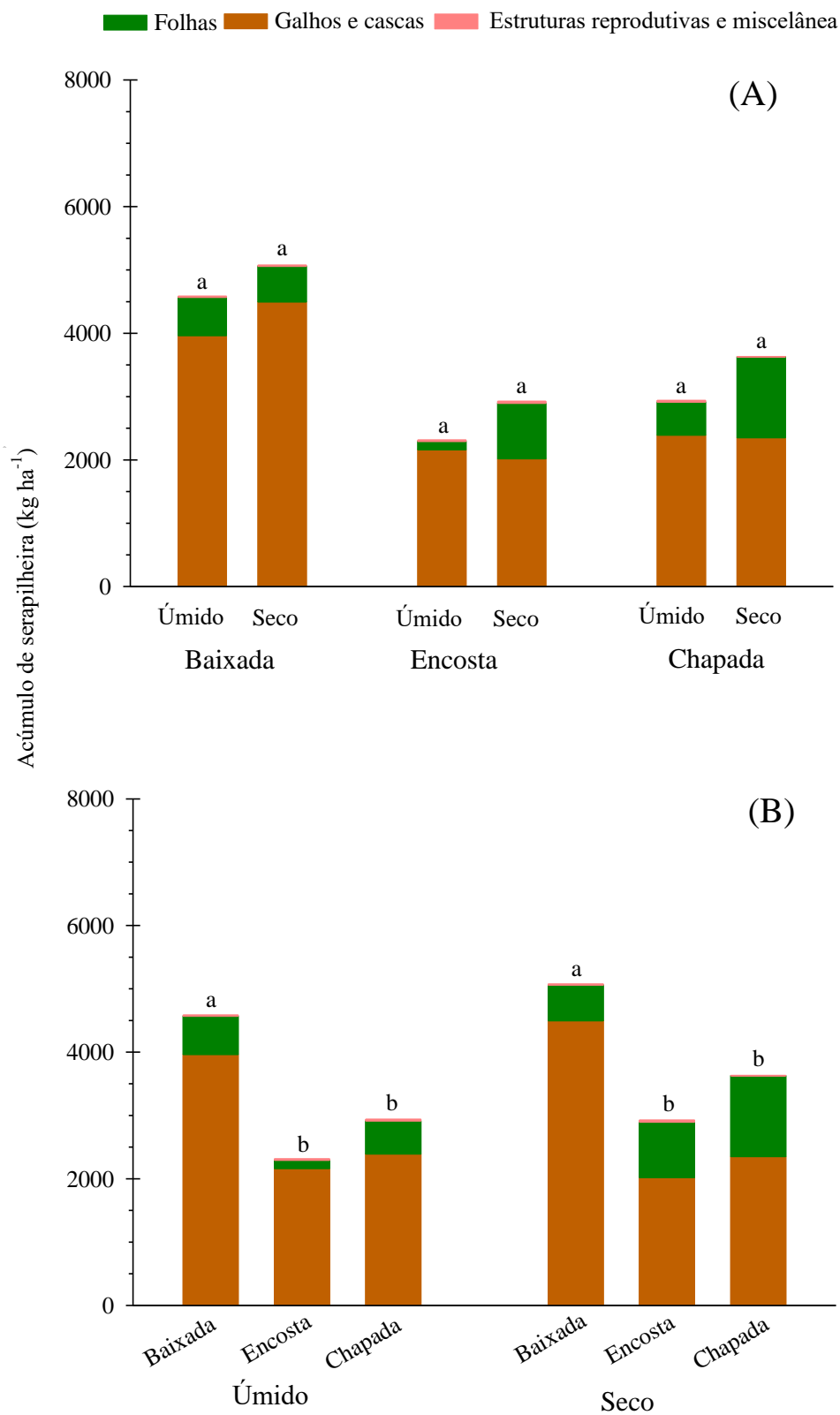
O acúmulo médio de serapilheira dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada foi de 3933,16 kg ha⁻¹ (Figura 4). São poucas as pesquisas que quantificam a serapilheira acumulada, cujos resultados são bastante diversos. Alves et al. (2006) verificaram acúmulo de 899,20 kg ha⁻¹ enquanto que, Lima et al. (2015) quantificaram 8210,00 kg ha⁻¹.

A sazonalidade não influenciou o acúmulo de serapilheira em nenhum dos ambientes (Figura 4A), diferente do observado para a serapilheira produzida (Figura 3A). Isso sugere que toda serapilheira produzida é rapidamente decomposta no período úmido e, por isso, o acúmulo não se diferencia entre os períodos de avaliação. Embora mais curto, esse resultado alerta para a importância do período úmido na dinâmica nutricional em floresta tropical seca.

Quando se avaliou os ambientes por período sazonal, constatou-se que tanto no período seco, como no úmido, a Baixada acumulou mais serapilheira (Figura 4B). Nesse ambiente, constatou-se a presença de espécies de maior porte. Em levantamento fitossociológico, o DAP médio (considerando as cinco espécies de maior densidade absoluta) foi de 6,04 cm e nos ambientes Encosta e Chapada foram de 5,14 e 4,52 cm, respectivamente.

A fração foliar que predominava na serapilheira depositada (Figura 3), na acumulada foi substituída pela fração galhos e cascas (Figura 4). Com isso, pode-se dizer que as folhas apresentam material de mais fácil decomposição, contrário a fração galhos e cascas. Normalmente, tecidos lenhosos apresentam elevados teores de lignina, celulose e hemicelulose, o que pode retardar a sua decomposição (KIRK; FARRELL, 1989; MEDEIROS NETO; OLIVEIRA; PAES, 2014), se acumulando na serapilheira.

Figura 4. Acúmulo total de serapilheira e de suas frações nos períodos úmido e seco em função dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada (A) e nos ambientes Baixada, Encosta e Chapada em função dos períodos úmido e seco (B), em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco



Em termos percentuais, o acúmulo das frações da serapilheira acumulada seguiu a seguinte ordem decrescente: galhos e cascas>folhas>estruturas reprodutivas e miscelâneas, independente do período de avaliação e do gradiente de altitude (Tabela 6). Esse resultado pode estar relacionado a baixa velocidade de decomposição dessa fração, pois é formada por compostos mais recalcitrantes como a lignina, o que o faz permanecer por mais tempo no piso florestal (KIRK; FARRELL, 1989; MEDEIROS NETO; OLIVEIRA; PAES, 2014).

Tabela 6. Frações percentuais da serapilheira acumulada em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Ambiente	Frações percentuais (%)					
	Folhas		Galhos e cascas		Estruturas reprodutivas e Miscelânea	
	Período sazonal		Período sazonal		Período sazonal	
	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco
Baixada	16,70±2,20	12,99±1,36	82,25±1,99	76,81±0,66	0,87±0,30	0,20±0,16
Encosta	10,27±2,08	31,40±1,55	88,86±2,00	67,77±1,08	0,86±0,56	0,83±0,43
Chapada	15,25±2,01	46,93±2,48	83,43±1,36	53,01±3,15	1,32±0,80	0,06±0,05

3.2.1 Teor de nutrientes da fração galhos e cascas da serapilheira acumulada

O teor de nutrientes na fração galhos e casca da serapilheira acumulada apresentou a seguinte ordem decrescente: Ca>N>K>Mg>P (Tabela 7). Apesar dos teores dos nutrientes serem muito baixos, essa fração é a fonte de nutrientes com maior permanência sobre o piso florestal, devido a sua composição química, (KIRK; FARRELL, 1989; MEDEIROS NETO; OLIVEIRA; PAES, 2014) e que os libera de forma lenta e permanente.

Houve pouca influência da sazonalidade climática e do gradiente de altitude sobre o teor de nutrientes da fração galhos e casca da serapilheira acumulada (Tabela 7). Com exceção dos teores de Ca, os demais nutrientes apresentaram teores muito baixos, o que pode explicar a não influência das fontes de variação quanto concentração ou diluição de nutrientes. Os teores de Ca foram semelhantes aos teores constatados na fração foliar da serapilheira produzida (Tabela 4), indicando que a ciclagem de Ca é lenta, porém contínua e permanente.

Tabela 7. Teor de nutrientes da fração galhos e cascas da serapilheira acumulada em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Período Sazonal	Teor de nutrientes (g kg ⁻¹)											
	N				P				K			
	Baixada	Encosta	Chapada	Média	Baixada	Encosta	Chapada	Média	Baixada	Encosta	Chapada	Média
Úmido	7,47	8,56	7,77	8,89	1,00	0,64	0,30	0,65	0,96	1,87	0,81	1,27
Seco	9,61	9,32	7,75	7,93	0,78	0,83	0,27	0,63	0,94	2,10	0,77	1,21
Média	8,54	8,94	7,75		0,89 A	0,74 A	0,29 B		0,95 B	1,98 A	0,79 B	
Teste de F												
F período		3,95 ^{NS}				8,11 ^{**}				0,03 ^{NS}		
F ambiente		2,07 ^{NS}				0,03 ^{NS}				5,68 ^{**}		
F per. × amb.		1,70 ^{NS}				0,89 ^{NS}				0,08 ^{NS}		
CV (%) ¹		15,71				9,35				15,27		
Teste de F												
	Ca			Média	Mg			Média				
	Baixada	Encosta	Chapada		Baixada	Encosta	Chapada					
Úmido	37,11 aA	9,85 aB	10,64 bB	19,20	1,47	1,13	1,17	1,26				
Seco	23,29 bA	11,13 aC	15,93 aB	16,78	1,06	1,08	1,18	1,10				
Média	30,20	10,49	13,29		1,26	1,10	1,18					
Teste de F												
F período		5,46 [*]				3,77 ^{NS}						
F ambiente		141,79 ^{***}				1,33 ^{NS}						
F per. × amb.		31,61 ^{***}				2,76 ^{NS}						
CV (%)		6,41				4,77						

¹Coefficiente de variação = (desvio padrão/média) × 100. Letras minúsculas iguais nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *, ** e *** = significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{NS} = Não significativo.

Na Baixada, houve uma maior concentração de Ca (Tabela 7), comportamento que já havia sido constatado na fração foliar da serapilheira produzida (Tabela 4). Esse ambiente com Latossolo Vermelho-Amarelo é mais fértil em Ca (Tabela 1) e as cinco espécies de maior densidade absoluta desse ambiente concentraram mais Ca em suas biomassas foliares. Mesmo para Ca, a sazonalidade climática não apresentou um comportamento coerente. Houve uma maior concentração no período úmido na Baixada e no período seco na Chapada (Tabela 4).

3.2.2 Aporte de nutrientes pela fração galhos e casca da serapilheira acumulada

A sazonalidade climática não influenciou o aporte de nutrientes pela fração galhos e cascas da serapilheira acumulada (Tabela 8), possivelmente, devido aos seus baixos teores (Tabela 7). No entanto, no período úmido, o aporte de nutrientes por essa fração foi bastante elevado, principalmente quanto ao N e Ca (Tabela 8).

Tabela 8. Aporte de nutrientes pela fração galhos e cascas da serapilheira acumulada em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Período Sazonal	Aporte de nutrientes (kg ha ⁻¹)											
	N			Média	P			Média	K			Média
	Baixada	Encosta	Chapada		Baixada	Encosta	Chapada		Baixada	Encosta	Chapada	
Úmido	40,18	20,97	19,13	26,76	2,41	1,26	0,51	1,39	3,89	3,61	1,86	3,12
Seco	31,39	17,35	19,37	22,7	2,04	1,25	0,52	1,27	4,51	3,65	2,25	3,47
Média	35,78 A	19,16 B	19,25 B		2,04 A	1,25 B	0,51 B		4,20 A	3,63 A	2,06 B	
Teste de F												
F período	0,94 ^{NS}				7,07 ^{**}				0,27 ^{NS}			
F ambiente	7,00 ^{**}				0,10 ^{NS}				3,46 [*]			
F per. × amb.	0,39 ^{NS}				0,11 ^{NS}				0,06 ^{NS}			
CV (%) ¹	24,73				18,87				20,10			
Ca												
	Baixada	Encosta	Chapada	Média	Baixada	Encosta	Chapada	Média	Baixada	Encosta	Chapada	Média
Úmido	156,32	25,17	26,72	69,4	6,95	2,69	2,86	4,16				
Seco	111,29	22,16	46,02	59,82	5,25	2,10	3,40	3,58				
Média	133,80 A	23,66 B	36,37 B		6,09 A	2,39 B	3,13 B					
Teste de F												
F período	0,33 ^{NS}				0,37 ^{NS}				0,37 ^{NS}			
F ambiente	17,36 ^{***}				5,61 ^{**}				0,46 ^{NS}			
F per. × amb.	1,28 ^{NS}				0,46 ^{NS}							
CV (%)	25,76				21,48							

¹Coeficiente de variação = (desvio padrão/média) × 100. Letras maiúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *, ** e *** = significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{NS} = Não significativo.

Por outro lado, o ambiente influenciou o aporte de nutrientes (Tabela 8). Na Baixada, essa fração mostrou-se muito importante para a ciclagem de nutrientes. Nesse caso, o fator decisivo não foi sua maior concentração de nutrientes (Tabela 7), mas sim o aporte da fração galhos e cascas que, na Baixada, foi bem maior do que nos demais ambientes e períodos de avaliação (Figura 4).

Para o Ca, particularmente, seu teor influenciou em seu maior aporte. Isso porquê, na Baixada, houve uma maior concentração de Ca, independentemente do período sazonal (Tabela 7). O aporte de nutrientes por essa fração é muito importante para a ciclagem de nutrientes no fragmento. Os compostos orgânicos que são mineralizados nessa fração são mais resistentes e se decompõe mais lentamente, tornando-se uma fonte contínua de liberação de nutrientes.

3.3 TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA ACUMULADA

O tempo médio de renovação, de meia vida (50%) e o necessário para a decomposição de 95% da serapilheira acumulada apresentaram comportamento distinto entre os ambientes considerando a decomposição total, da fração foliar e da galhos e cascas. A Baixada apresentou os tempos mais elevados, independentemente do período de avaliação (Tabela 9).

Tabela 9. Taxa de decomposição e tempo de renovação da serapilheira acumulada total e de suas frações em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Ambiente	Constante de decomposição (K)		Tempo de renovação (1/K)		Tempo de meia-vida ($t_{0,50}$)		Renovação 95% ($t_{0,95}$)	
	kg ha ⁻¹ /kg ha ⁻¹		ano					
	Serapilheira Total							
	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco
Baixada	0,74	0,19	1,35	5,33	0,93	3,69	4,04	15,98
Chapada	2,46	3,30	0,41	0,30	0,28	0,21	1,22	0,91
	Fração Foliar							
	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco
Baixada	2,65	1,46	0,38	0,69	0,26	0,48	1,13	2,06
Chapada	7,48	8,52	0,13	0,12	0,09	0,08	0,40	0,35
	Fração Galhos e Cascas							
	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco
Baixada	0,45	0,03	2,21	37,63	1,53	26,08	6,64	112,89
Chapada	1,15	0,44	0,87	2,27	0,60	1,58	2,61	6,82

A produção de serapilheira no período úmido foi superior no ambiente Chapada (Figura 3), o que elevou o valor de K e reduziu o das demais relações (Tabela 9). Nesse ambiente, a precipitação pluviométrica acumulada anual pode atingir médias entre 700 e 800 mm, superior ao verificado na Baixada (LOPES, 2005). O impacto da gota de chuva devido as precipitações torrenciais que são comuns no período úmido, associado a elevada velocidade do vento na Chapada (CANAL ENERGIA, 2016), contribuíram para a maior produção de serapilheira, inclusive de frações mais pesadas como galhos e cascas (Figura 3).

No período seco, a Baixada produziu maior quantidade de serapilheira (Figura 3), por se tratar de um local mais árido (LOPES, 2005) e com maior presença de espécies de fenologia foliar decídua. Além disso, sob baixa altitude, as temperaturas tendem a ser mais elevadas (KÖRNER et al., 1989; FERRAZ et al., 2003), o que contribui para a decomposição da serapilheira. Nesse período, há grandes diferenças na contribuição das frações na formação da serapilheira entre os ambientes (Figura 3). Na Baixada, principalmente, o período seco foi o que proporcionou maior tempo de renovação e decomposição da serapilheira acumulada (Tabela 9).

A taxa de decomposição expressa a relação entre produção e acúmulo. No período úmido, a produção é bastante reduzida, porém há maior velocidade de decomposição da serapilheira acumulada. No período seco, a produção atinge o seu nível máximo, mas a decomposição é comprometida devido à falta de umidade para ação dos agentes decompositores (SCHEER, 2008; SANTANA, SOUTO, 2011). Assim, no período seco, o valor de K é baixo e as demais relações, elevadas, o que indica que a mineralização da matéria orgânica será retardada, com menor liberação de nutrientes. No período úmido, o comportamento se inverte. Na Baixada, isso é mais evidente devido a maior diferença na produção de serapilheira entre os períodos úmido e seco (Figura 3).

Os maiores tempos de renovação e decomposição da serapilheira acumulada foram para a fração galhos e cascas (Tabela 9). O tecido vegetal é composto, sobretudo, por lignina, celulose e hemicelulose, que contribuem com até 85% da massa seca de espécies arbóreas (CANELLAS; SANTOS, 2005). Em madeira de *Poincianella pyramidalis*, foi relatado que 24,64% de lignina total e 59,86% de hemicelulose. Para a *Handroanthus impertiginosus*, o teor desses compostos foi de 28,40 e 63,85%, respectivamente (MEDEIROS NETO; OLIVEIRA; PAES, 2014). Na fração foliar, Lima et al. (2015) verificaram 497,93 g kg⁻¹ de lignina e concluíram que esse elevado teor contribuiu para a redução da velocidade de decomposição.

Esses resultados vão de encontro ao relatado por Freschet, Aerts e Cornillessen (2012) que observaram que a decomposição difere entre órgãos da mesma espécie devido aos traços

relacionados à estrutura como lignina, C e teor de massa seca que controlariam de forma mais consistente a decomposição dos diferentes órgãos.

A qualidade da serapilheira é descrita como um fator crítico para o processo de decomposição (GESSNER et al., 2010; CARDINALE et al., 2011; LECERF et al., 2011; KARA et al., 2014; JEWEEL et al., 2016). A lignina é o composto que se decompõe mais lentamente devido à sua elevada complexidade estrutural, com resistência a clivagem pela maioria dos agentes biológicos (KIRK; FARRELL, 1987). As taxas de decomposição da serapilheira se relacionam com o teor inicial de lignina, razão lignina/N ou lignina/celulose (ZHANG et al., 2008). As diferenças iniciais na composição química podem persistir até estágios mais avançados da decomposição (WICKINGS et al., 2012).

No processo de decomposição, primeiramente, compostos mais lábeis, solúveis em água como os aminoácidos, ácidos orgânicos e açúcares são decompostos. Devido a maior complexidade, e insolubilidade em água a celulose e hemicelulose precisam ser fragmentadas por sistemas enzimáticos específicos. Quando associados a lignina, a decomposição tende a diminuir e, ao final do processo, restarão os compostos menos lábeis (WOLF; WAGNER, 2005). Acrescenta-se que fatores como a fotodegradação (KING; BRAND; ADAIR, 2012), ventos secos, animais em trânsito, ação da macrofauna edáfica fragmentam esses resíduos.

Na literatura, o tempo de decomposição de meia-vida (50%) e para que 95% da serapilheira acumulada seja decomposta são bastante variados. Almeida (2015) na “mata da pimenteira” em Serra Talhada/PE verificou valores de 0,50 e 2,25 anos e Silva (2014) em Caatinga em estágio sucessional tardio em Patos/PB observou 0,60 e 2,60 anos, respectivamente. Lopes et al. (2009) em Caatinga arbustivo-arbórea densa no município de Iguatu/CE constataram tempos de decomposição de 0,98 e 4,23 anos, respectivamente. Salgado et al. (2015) em Caatinga em General Sampaio/CE relataram tempos de 0,98 e 4,25 anos, respectivamente.

O volume da serapilheira observado no piso florestal é o resultado do balanço entre produção, decomposição, mineralização e humificação, estreitamente relacionados ao ambiente. Mudanças abióticas ou bióticas exercem influência. Nesse estudo, o gradiente de altitude e suas implicações foram fundamentais para explicar as diferenças entre os ambientes.

Pessoa (2017) verificou mudanças na diversidade taxonômica e na funcional ao longo de um gradiente de altitude na “mata da pimenteira” em Serra Talhada/PE. Em relação a diversidade taxonômica observou-se aumento da riqueza, diversidade e equabilidade conforme elevação no gradiente de altitude. O índice de diversidade Shannon-Wiener encontrado nessa pesquisa foram de

2,45 e de 2,32 nats ha⁻¹ para os ambientes Baixada, Encosta e Chapada, respectivamente (Tabela 1). Essas diferenças podem interferir em todo o ambiente de decomposição (JEWEEL et al., 2016).

4. CONCLUSÕES

A produção total de serapilheira foi influenciada pelo gradiente de altitude e se mostrou de caráter sazonal, com acréscimos no período seco. A fração foliar foi a que mais contribuiu para a formação da serapilheira, sobretudo, com a redução das chuvas. O teor e o aporte de nutrientes por essa fração apresentaram a seguinte ordem decrescente: Ca>N>K>Mg>P. Outrossim, maiores concentrações de N e P foram observados no período úmido, para os demais, no período seco. Os maiores aportes de nutrientes foram verificados durante o período seco.

O acúmulo total de serapilheira foi influenciado pelo gradiente de altitude, mais elevado na Baixada. A fração foliar foi influenciada tanto pelo gradiente de altitude, quanto pela sazonalidade climática. A Encosta foi o ambiente que apresentou baixo acúmulo de folhas no período úmido. Para a Encosta e a Chapada, o período seco proporcionou maior acúmulo da fração foliar. Ademais, a concentração e o aporte de nutrientes apresentaram o seguinte padrão decrescente: Ca>N>K>Mg>P, em que se constatou maior aporte de N na Chapada e para os demais nutrientes na Baixada, principalmente, em relação ao Ca.

A decomposição da serapilheira acumulada foi influenciada pela sazonalidade climática e pelo gradiente de altitude. O período seco comprometeu a decomposição da serapilheira acumulada, acelerada no período úmido. Na Baixada, a serapilheira acumulada é decomposta mais lentamente em ambos os períodos de avaliação. Além disso, os ambientes apresentaram comportamento distinto quanto a decomposição por período de avaliação em que, no período úmido, esses tempos foram mais elevados para a Chapada. No seco, para a Baixada. Dentre as frações que compõe a serapilheira acumulada, a galhos e cascas é a que permanece por mais tempo no piso florestal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). **Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/>>. Acesso em: 2 abr. 2018.

ALMEIDA, G. V. L. **Aporte, decomposição e ciclagem de nutrientes da serapilheira em área de Caatinga preservada no semiárido pernambucano**. 2015. 119 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2015.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, A. R. et al. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 194-203, 2006.

AQUINO, D. N. et al. Nutrient cycling and CO₂ emissions in areas of preserved and thinned Caatinga. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 41, n. 3, p. 10, 2017.

ARAÚJO FILHO, R. N. et al. Recovery of carbon stocks in deforested caatinga dry forest soils requires at least 60 years. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 407, n. 1, p. 210-220, 2018.

ARCOVERDE, G. B. et al. Water relations and some aspects of leaf metabolism of *Jatropha curcas* young plants under two water deficit levels and recovery. **Brazilian Society of Plant Physiology**, v. 23, n. 2, p.123-130, 2011.

BARBOSA, M. D. **Composição florística, regeneração natural, decomposição e ciclagem de nutrientes, em área de caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Pernambuco**. 2012. 181 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais: Área de concentração em Ecologia e conservação de ecossistemas florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

BELLOTE, A.F.J. **Suprimento de nutrientes minerais e crescimento de plantações adubadas de *Eucalyptus grandis* nos cerrados do estado de São Paulo**. 1990. 160 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Fraiburg, Fraiburg, 1990.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Caatinga**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga.html>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

CALDEIRA, M. V. W. Quantificação de serrapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Ciência Agrária**, v. 21, n. 1, p. 53-68, 2008

CANAL ENERGIA. **Chapada do Araripe se consolida no mapa eólico brasileiro**. Disponível em: <<https://www.canalenergia.com.br/noticias/4928109/chapada-do-araripe-se-consolida-no-mapa-eolico-brasileiro>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. **Humosfera: Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Campos dos Goytacazes, RJ: UENF, 2005. 287 p.

CARDINALE, B. J. et al. The functional role of producer diversity in ecosystems. **American Journal of Botany**, Baltimore, v. 98, p. 572–592, 2011.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE RECURSOS HÍDRICOS (CPRH). **Instrução Normativa CPRH Nº 007/2006**. Disponível em: <www.cprh.pe.gov.br/downloads/IN%20007%2006.doc>. Acesso em: 15 set. 2018.

CRISPIM, R. **Polo gesseiro do Araripe deve reduzir impactos ao meio ambiente**. Disponível em: <<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/negocios/polo-gesseiro-do-araripedeve-reduzir-impactos-ao-meio-ambiente-1.1190842>>. Acesso em 08 jan. 2018.

CUNHA, J. S. A. **Estrutura da paisagem em ambientes com diferentes altitudes no semiárido pernambucano**. 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais: Área de concentração

em Ecologia e conservação de ecossistemas florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

DECHEN, A. R.; MACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 7, cap. 3, p. 91-132.

DONAGEMMA, G. K. et al. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 9, p.1003-1020, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. 353 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de análise química de solo, planta e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

FERRAZ, E. M. N.; RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B. Physiognomy and structure of vegetation along an altitudinal gradient in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Phytocoenologia**, v.33, n.1, p.71-92, 2003.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, R. L. C. et al. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 7-12, 2007.

FRESCHET, G. T.; AERTS, R.; CORNELISSEN, J. H. C. A plant economics spectrum of litter decomposability. **Functional ecology**, Oxford, v. 26, p.56-65, 2012.

GESSNER, M. O. et al. Diversity meets decomposition. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 25, p. 372–380, 2010.

GRANJA, C V. A. et al. Degradação Ambiental: Exploração de gipsita no Polo Gesseiro do Araripe. **Revista Multidisciplinar de Psicologia**, v.11, n.36, p.239-267, 2017.

HENRIQUES, I, G. N. et al. Acúmulo, deposição e decomposição de serapilheira sob a dinâmica vegetacional da Caatinga em Unidade de Conservação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.11, n.1, p. 84-89, 2016.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ªed revisada e ampliada. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (IBGE). **Censo demográfico 2010**. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (IBGE). **Censo 2010**. Disponível em: < <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>>. Acesso em: 03 mar. 2016.

JEWELL, M. D. et al. Partitioning the effect of composition and diversity of tree communities on leaf litter decomposition and soil respiration. **Oikos**, Copenhagen, v. 000, p.1-13, 2016.

KARA, O. et al. Litter decomposition and microbial biomass in temperate forests in northwestern Turkey. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 14, n. 1, p.31–41, 2014.

KIRK, T.K.; FARRELL, R. L. Enzymatic combustion the microbial degradation of lignin. **Annual Review of Microbiology**, Palo Alto, v. 41, p. 465–505, 1987.

KOLM, L.; POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* submetidos à prática de desbastes progressivos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 79- 93, 2003.

KÖRNER, C. et al. Functional morphology of mountain plants. **Flora**, Ankara, v.182, n. 5-6, p. 353– 383, 1989.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, SP: RiMa, 2004. 531 p.

LEVENE, H. Robust Test for Equality of Variances. In: I. O. et al. (Ed.). **Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling**. California: Stanford University Press, 1960, p. 278–292.

LIMA, A. L. A. et al. Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil? **Trees**, Berlin, v. 26, p. 1605-1616, 2012.

LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, London, v. 74, p. 1363-1373, 2010.

LIMA, R. P. et al. Aporte e decomposição da serapilheira na Caatinga no sul do Piauí. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 1, p.42-49, 2015.

LIMA, S. S. et al. Serapilheira e teores de nutrientes em argissolo sob diferentes manejos no norte do Piauí. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p.75-84, 2010.

LOPES, H. L. **Modelagem de parâmetros biofísicos para avaliação de riscos à desertificação**. 2005. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Informação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

LOPES, J. F. B. et al. Deposição e decomposição de serapilheira em área de Caatinga. **Revista Agro@ambiente**, Boa Vista, v. 3, n. 2, p.72-79, 2009.

LOPES, M. C. A.; ARAÚJO, V. F. P.; VASCONCELOS, A. The effects of rainfall and vegetation on litterfall production in the semiarid region of northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 75, n. 3, p. 703-708, 2015.

- MACIEL, M. G. et al. Produção total e das frações de serapilheira em área de Caatinga no semiárido pernambucano. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 14, n. 1, p.43-45, 2012.
- MAGUIRE, D. A. Branch mortality and potential Litter fall from Douglas-fr trees in stands of varying density. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 70, p. 41-53, 1994.
- MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba, SP: POTAFOS, 1999. 201 p.
- MAPBIOMAS. **Evolução do uso do solo na Caatinga**. Disponível em: <mapbiomas.org>. Acesso em 31 ago. 2018.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 3 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009. 486 p.
- MEDEIROS NETO, P. N.; OLIVEIRA, E.; PAES, J. B. Relações entre as Características da Madeira e do Carvão Vegetal de duas Espécies da Caatinga. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, 2014; v. 21, n. 4, p. 484-493, 2014.
- MENEZES, R. S. C. et al. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 72, n. 3, p.643-653, 2012.
- MILES, L. et al. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of biogeography**, Oxford, v. 33, p. 491–505, 2006.
- MOURA, P. M. **Ciclagem de biomassa e nutrientes em estádios sucessionais de Caatinga**. 2010. 100 f. Tese (Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.
- MURPHY P. G.; LUGO A. E. Ecology of tropical dry forest. **Annual review of ecology and systematics**, Palo Alto, v. 17, p. 67–88, 1986.
- NASCIMENTO, H. H. C. **Mecanismos fisiológicos e bioquímicos em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob condições adversas**. 2013. 162 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.
- 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.
- 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**, Campinas, n. 32, p. 2573-2579, 2008.
- PESSOA, C. D. S. **Montagem de comunidades vegetais sob a perspectiva da filtragem abiótica**. 2017. 85 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais: Área de concentração em Ecologia e Conservação de Ecossistemas Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.
- POORTER, H. et al. Construction costs, chemical composition and payback time of high- and low-irradiance leaves. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 57, p. 355–371, 2006.

REZENDE, J. S. **Qualidade de Latossolos na chapada do Araripe sob diferentes coberturas vegetais**. 2017. 116 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Concentração em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

SALGADO, E. V. et al. Rainfall patterns and the contribution of litter in the caatinga dry tropical forest. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 2, p. 299-309, 2015.

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização do bioma caatinga. In: GARIGLIO, M.A., et al. (Eds.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010, p. 27-48.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Produção de serapilheira na Caatinga da região semi-árida do Rio Grande do Norte, Brasil. **IDESIA**, Arica, v. 29, n. 2, p.87-94, 2011.

SANTOS, C. A. **Grau de resiliência em duas espécies do semiárido submetidas a estresses abióticos**. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

SCHEER, M. B. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba (PR). **FLORESTA**, Curitiba, v. 38, n. 2, 2008.

SCHINDLER, M. H.; GESSNER, M. O. Functional leaf traits and biodiversity effects on litter decomposition in a stream. **Ecology**, Durham, v. 90, n. 6, p. 1641-1649, 2009.

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

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

SILVA, A. C. F. **Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira e repartição da precipitação pluviométrica por espécies da Caatinga**. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2014.

SILVA, F. K. G. et al. Patterns of species richness and conservation in the Caatinga along elevational gradients in a semiarid ecosystem. **Journal of Arid Environments**, London, v.110, p.47- 52, 2014.

SILVA, V. N. et al. Deposição de serapilheira em uma área de Caatinga preservada no semiárido da Paraíba, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 10, n. 2, p. 21-25, 2015.

SOUTO, P. C. et al. Características químicas da serapilheira depositada em área de Caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 264-272, 2009.

SOUZA, B. V. et al. Avaliação da sazonalidade da deposição de serapilheira em área de preservação da Caatinga na Paraíba, Brasil. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 12, n. 3, p. 325-331, 2016.

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

TROVÃO, D. M. B. M. et al. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, p. 307-311, 2007.

TURKAN, I. **Plant responses to drought and salinity stress: developments in post-genomic era**. London: Elsevier, 2011. 593 p. (In Advances in Botanical Research, 57).

WESTOBY, M. et al. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. **Annual Review Ecology Evolution Systems**, v. 33, p. 125–159, 2002.

WICKINGS, K. et al. The origino of litter chemical complexity during decomposition. **Ecology Letters**, Oxford, p. 1-9, 2012.

WILLIAMS, K. et al. Estimation of tissue construction cost from heat of combustion and organic nitrogen content. **Plant, Cell & Environmental**, Hoboken, v. 10, p. 725–734, 1987.

WOLF, D. C.; WAGNER, G. H. Carbon transformations and soil organic matter formation. In: SYLVIA, D. M. HARTEL, P. G.; FUHRMANN, J. J.; ZUBERER, D. A. **Principles and applications of soil microbiology**. New Jersey: Pearson Education, 2005. 2 ed., p. 285-3329.

ZHANG, D. HUI, D.; LUO, Y.; ZHOU, G. Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. **Journal of Plant Ecology**, v. 1, p. 85-93, 2008.

ZHU, S. D. et al. Plant hydraulics and photosynthesis of 34 woody species from different successional stages of subtropical forests. **Plant Cell & Environment**, Hoboken, v. 36, p. 879–891, 2013.

APÊNDICES

Apêndice A. Produção total de serapilheira e de suas frações em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical em Araripina, Pernambuco

Período sazonal	Frações (kg ha ⁻¹)							
	Total				Folhas			
	Ambiente				Ambiente			
	Baixada	Chapada	Média	Soma	Baixada	Chapada	Média	Soma
Úmido	170,27 bB	361,97 aB	266,12	532,24	80,33 bB	195,24 aB	137,785	275,57
Úmido-Seco	183,29 aB	297,43 aB	240,36	480,72	80,85 bB	227,77 aB	154,31	308,62
Seco	952,17 aA	598,69 bA	775,43	1550,86	817,04 aA	543,32 bA	680,18	1360,36
Seco-Úmido	258,50 aB	221,86 aB	240,18	480,36	115,46 aB	185,00 aB	150,23	300,46
Média	391,06	369,99			391,06	369,99		
Soma	1564,23	1479,95			1093,68	1151,33		
Teste de F								
F _{período}		0,21 ^{NS}				0,19 ^{NS}		
F _{ambiente}		32,20 ^{***}				64,40 ^{***}		
F _{período x F_{ambiente}}		6,73 ^{**}				8,60 ^{***}		
CV (%) ¹		21,07				21,39		
Período sazonal	Galhos e cascas				Estruturas reprodutivas e Miscelâneas			
	Ambiente				Ambiente			
	Baixada	Chapada	Média	Soma	Baixada	Chapada	Média	Soma
Úmido	89,50	137,34	113,42	226,84	0,44	29,40	14,92	29,84
Úmido-Seco	83,79	53,55	68,67	137,34	18,65	16,11	17,38	34,76
Seco	119,53	51,73	85,63	171,26	15,61	3,64	9,62	19,25
Seco-Úmido	115,94	32,89	74,42	148,83	27,10	3,98	15,54	31,08
Média	102,19	68,88			15,45	13,28		
Soma	408,76	275,51			61,80	53,13		
Teste de F								
F _{ambiente}		0,85 ^{NS}				0,20 ^{NS}		
F _{período}		2,40 ^{NS}				0,09 ^{NS}		
F _{ambiente x F_{período}}		1,85 ^{NS}				2,31 ^{NS}		
CV (%) ¹		38,79				66,11		

¹Coeficiente de variação = (desvio padrão/média) × 100. Letras maiúsculas iguais nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *, ** e *** = significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{NS} = Não significativo.

Apêndice B. Acúmulo total de serapilheira e de suas frações em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude, em floresta tropical em Araripina, Pernambuco

Ambiente	Frações (kg ha ⁻¹)							
	Total				Folhas			
	Período		Período		Período		Período	
	Úmido	Seco	Média	Soma	Úmido	Seco	Média	Soma
Baixada	4582,76	5073,33	4828,04 a	9656,09	605,98 aA	561,52 aA	583,75	1167,50
Encosta	2309,98	2923,62	2616,80 b	5233,60	132,03 bB	875,38 aA	503,71	1007,41
Chapada	2937,27	3628,61	3282,94 b	6565,88	522,33 aB	1275,54 aA	898,93	1797,87
Média	3276,67	3875,19	-	-	420,11	4730,81	-	-
Soma	9830,01	11625,56	-	-	1260,34	2712,44	-	-
Teste de F								
F período	1,57 ^{NS}			14,10 ^{***}				
F ambiente	7,50 ^{**}			3,50 [*]				
F período x F ambiente	0,01 ^{NS}			4,20 [*]				
CV (%) ¹	17,71			29,89				
Ambiente	Galhos e cascas				Estruturas reprodutivas e Miscelâneas			
	Período				Período			
	Úmido	Seco	Média	Soma	Úmido	Seco	Média	Soma
Baixada	3963,01	4497,72	4230,37 a	8460,13	13,78	14,09	13,93	27,87
Encosta	2161,26	2019,45	2090,35 b	4180,71	16,69	28,80	22,74	45,49
Chapada	2392,43	2352,23	2372,33 b	4744,66	22,52	0,84	11,68	23,36
Média	2838,90	2956,47	-	-	17,76	14,58	-	-
Soma	8516,70	8869,40	-	-	52,99	43,73	-	-
Teste de F								
F período	0,07 ^{NS}			0,15 ^{NS}				
F ambiente	9,43 ^{***}			0,70 ^{NS}				
F período x F ambiente	0,23 ^{NS}			1,51 ^{NS}				
CV (%) ¹	19,91			71,77				

¹Coefficiente de variação = (desvio padrão/média) × 100. Letras maiúsculas iguais nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *, ** e *** = significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{NS} = Não significativo.

CAPÍTULO III

CICLO BIOLÓGICO DE NUTRIENTES DURANTE O PERÍODO ÚMIDO EM FRAGMENTOS DE FLORESTA TROPICAL SECA AO LONGO DE UM GRADIENTE DE ALTITUDE

RESUMO

A ciclagem de nutrientes consiste no fluxo dos elementos químicos essenciais às plantas. A microrregião do Araripe, em Pernambuco, encontra-se no domínio das florestas tropicais secas que têm, por principal característica climática, chuvas irregulares ao longo do ano. Além disso, o gradiente de altitude, representado pela Chapada do Araripe, também influencia na dinâmica climática. Esses fatores discriminam ambientes e podem influenciar esse processo ecossistêmico. Acredita-se que, os índices de absorção e utilização apresentam relação positiva com a elevação da altitude. Quanto menor o teor do nutriente no solo, maiores serão os seus índices de absorção e utilização. Por outro lado, acredita-se que o índice de ciclagem de nutrientes apresenta relação negativa com a elevação da altitude. Quanto maior for o teor do nutriente no solo, maior será o seu índice de ciclagem. Dessa forma, esse estudo teve por objetivo avaliar, durante o período úmido, a ciclagem de nutrientes com ênfase em três compartimentos: biomassa foliar das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia; na fração foliar da serapilheira produzida; e no solo em três fragmentos de floresta tropical seca inseridos ao longo de um gradiente de altitude em Araripina, Pernambuco. Os fragmentos florestais localizam-se no município de Araripina/PE e estão distribuídos em três ambientes que diferem quanto a altitude: Baixada (<600 m), Encosta (entre 600 e 750 m) e Chapada (>750 m). Em cada ambiente, foram quantificados o estoque de N, P, K, Ca e Mg em folhas das cinco espécies de maior densidade absoluta identificadas pela fitossociologia, estoque desses nutrientes na serapilheira foliar produzida e na camada superficial do solo (0-20 cm de profundidade). De posse desses dados, foram calculados os índices de absorção, utilização e ciclagem. O índice de absorção foi maior na Encosta e para os nutrientes N e P. A Encosta também apresentou elevado índice de utilização, com padrão decrescente: K>P>N>Mg>Ca. O índice de ciclagem apresentou padrão distinto entre os ambientes. A ciclagem dos cátions K, Ca e Mg foi maior na Baixada, enquanto que para o N e o P, na Chapada. A Baixada foi o ambiente com mais elevado índice de ciclagem.

Palavras-chave: ciclagem de nutrientes; biomassa foliar; conteúdo de macronutrientes; serapilheira; Savana-Estépica

ABSTRACT

Nutrient cycling consists on the flow of the essential chemical elements to the plants. The Araripe microregion in Pernambuco, Brazil, is in the domain of the dry tropical forests which has, by main climatic characteristic, irregular rains throughout the year. In addition, the altitude gradient, represented by the Araripe Plateau, also influences the climatic dynamics. These factors discriminate environments and can influence this ecosystem process. It is believed that the absorption and utilization indexes are positively related to the elevation of altitude. The lower the nutrient content in the soil, the greater its absorption and utilization rates. On the other hand, it is believed that the nutrient cycling index is negatively related to altitude elevation. The higher the nutrient content in the soil, the higher the rate of cycling. Thus, the objective of this study was to evaluate nutrient cycling during the wet period with emphasis on three compartments: leaf biomass of the five species with the highest absolute density in phytosociology; leaf fraction of the litter produced; and in the soil in three fragments of dry tropical forest inserted along an altitude gradient in Araripina, Pernambuco, Brazil. The forest fragments are located in the municipality of Araripina/PE and are distributed in three different environments: Lowland (<600 m), Slope (between 600 and 750 m) and Plateau (>750 m). In each area, the N, P, K, Ca and Mg stocks were quantified in leaves of the five species with the highest absolute density identified by phytosociology, the stock of these nutrient in the leaf litter produced and the superficial layer of the soil (0-20 cm depth). From these data, absorption, utilization and cycling rates were calculated. The absorption index was higher in the Slope and for the N and P nutrients. Slope also presented a high utilization rate with a decreasing pattern: $K > P > N > Mg > Ca$. The cycling index presented a different pattern among the environments. The cycling of the cations K, Ca and Mg was higher in the Lowland, whereas for the N and P, in the Plateau. The Lowland was the environment with the highest rate of cycling.

Keywords: nutrient cycle; leaf biomass; macro-elements content; litter; Caatinga

1. INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro ocupa considerável porção do território nacional, com área estimada em 982.566 km², o que corresponde a 18,2% do território nacional, 53% da região Nordeste e 1.133 municípios (BRASIL, 2017a). É o semiárido mais populoso do mundo, superando os 23,5 milhões de habitantes, o que representa 34% da população do Brasil e nele está a maior população rural do País (BRASIL, 2017b). A Caatinga encontra-se no semiárido e abrange quase sua totalidade, com área estimada em 844.453 km² (BRASIL, 2018). São 105 unidades georreferenciadas, desde as Chapadas Altas até a Depressão Sertaneja (RODAL; SAMPAIO, 2002). Por sua extensão territorial, a Caatinga é heterogênea, dentre outros, quanto aos aspectos vegetacionais, climáticos e edáficos.

Pesquisas indicam que a Caatinga ainda é bastante desconhecida, mas que apresenta elevada riqueza de espécies vegetais, algumas endêmicas. Sobretudo na área rural, a vegetação dá suporte ao sustento de comunidades locais (GRANJA et al., 2017). No entanto, apesar da sua importância ecológica e socioeconômica, mais de 46% da Caatinga foram desmatados e apenas 7,5% de sua área é protegida por unidades de conservação, cerca de 1% sob regime de proteção integral (BRASIL, 2018). Sua baixa proteção, contribui para o elevado índice de desmatamento. Entre 2000 e 2016, 11 milhões de hectares de floresta foram desmatados (MapBiomas, 2016). Áreas degradadas e em processo de desertificação correspondem a 40 e 8%, respectivamente (BRASIL, 2016).

Em Araripina, semiárido pernambucano, a principal causa da degradação ambiental da Caatinga é exploração da gipsita. Esse minério, quando calcinado, produz o gesso (GRANJA et al., 2017). O Arranjo Produtivo Local do Polo Gesseiro do Araripe é responsável por, aproximadamente, 97% da produção brasileira e gera faturamento anual de, aproximadamente, 70 milhões (PERNAMBUCO, 2017). Principal atividade econômica da região, gera mais de 12 mil empregos diretos e 60 mil indiretos (MORAIS; FRANÇA, 2016).

A principal matriz energética utilizada na calcinação da gipsita é a lenha que representa 73 % da energia consumida (CRISPIM, 2015). Porém, em diagnóstico realizado por Campello (2011), 53% da lenha era procedente de áreas exploradas ilegalmente. Granja et al. (2017) alertaram que a vegetação de Caatinga dessa região não tem capacidade de suprir a demanda do Polo e que há riscos de desertificação. Assim, é necessário que essas empresas utilizem a lenha de Caatinga conforme o artigo 31 do Código Florestal, Lei 12.651 de 2012, (BRASIL, 2012) com aprovação prévia de Plano de Manejo Florestal Sustentável. Dessa forma, a exploração da gipsita e a conservação dos recursos florestais podem coexistir.

O entendimento da dinâmica de um ecossistema para fins de conservação, perpassa pelo conhecimento dos processos ecossistêmicos. Nesse sentido, a ciclagem de nutrientes consiste no fluxo dos elementos químicos essenciais às plantas (PRITCHETT, 1986). É influenciada por diversos fatores bióticos e abióticos (KING; BRAND; ADAIR, 2012; KARA et al., 2014; JEWELL et al., 2016) e ocorre em várias etapas integradas e específicas (WOLF; WAGNER, 2005; BRAY; KATAJIMA, MACK, 2012). Abrange desde a retranslocação interna de nutrientes, no ciclo bioquímico (MENGEL; KIRKBY, 1982; MOURA, 2010), a decomposição dos resíduos orgânicos e a liberação de seus nutrientes e a absorção dos nutrientes disponíveis no solo pelas raízes, via ciclo biogeoquímico (REIS; BARROS, 1990).

Pesquisas sobre ciclagem de nutrientes em Caatinga dificilmente integram todo o ciclo biológico. Às vezes, encontram-se informações isoladas sobre o estoque de nutrientes na biomassa foliar e na serapilheira (LIMA et al., 2010; LIMA et al., 2015; ALVES et al., 2017; HOLANDA et al., 2017). Por isso, pouco se sabe sobre a contribuição específica do estoque de nutrientes no solo, bem como suas relações com a vegetação e a serapilheira.

Nesse sentido, Zhang, Shuxia e Shangguan (2006) utilizaram metodologia que engloba o sistema solo-planta para explicar o ciclo biológico dos nutrientes que consiste em relações entre o estoque de nutrientes nesses três compartimentos, importantes para compreensão do ciclo biológico dos nutrientes nos ecossistemas florestais. O índice de absorção remete ao estoque de nutrientes no solo e a sua exigência pelas plantas. O de utilização, a eficiência de utilização biológica do nutriente pelas espécies. O índice de ciclagem, a intensidade de circulação do elemento no sistema (ZHANG; SHUXIA; SHANGGUAN, 2006).

A Caatinga tem por principal característica a sazonalidade climática, no qual o regime de chuvas é sazonal, com padrão de distribuição espacial e temporal altamente variável (GUERREIRO et al., 2013). Também, apresenta áreas sob altitudes elevadas, como a Chapada do Araripe (CUNHA, 2017). O aumento da altitude pode provocar diminuição da temperatura e da velocidade dos ventos; mudanças no balanço hídrico, na umidade absoluta e na pressão parcial de O₂ e CO₂; aumento da radiação ultravioleta (KÖRNER et al., 1989).

Ferraz et al. (2003), no sertão do Pajeú, PE, verificaram que em áreas mais baixas, a precipitação pluviométrica foi reduzida em 50% e houve um aumento de 3 °C na temperatura do ar em relação a área sob maior altitude. Outrossim, a área mais baixa apresentou maior deficiência hídrica, menor reposição de água e não houve evidências de excedente hídrico. De acordo com Sampaio (2010), sob altitudes elevadas, áreas de Caatinga apresentam maior umidade relativa do ar, balanço hídrico mais favorável e menores taxas de evapotranspiração.

Lopes (2005) verificou, na bacia do rio Brígida no semiárido de Pernambuco, que em áreas de baixa altitude, a precipitação pluviométrica acumulada anual variou entre 400 e 500 mm e, na Chapada do Araripe, esses valores atingiram médias de 700 a 800 mm. O aumento da precipitação pode melhorar a movimentação dos nutrientes para as raízes das plantas (FAQUIN, 2005), porém chuvas curtas e torrenciais possibilitam o escoamento superficial, lixiviação de bases trocáveis e perdas de solo por erosão em Caatinga, como relatado por Menezes et al. (2012). Esses processos são potencializados em áreas de solo arenoso, comuns na chapada no Araripe. Esses solos, normalmente, apresentam baixa capacidade de retenção de água e nutrientes (DONAGEMMA et al., 2016), o que prejudica a nutrição das espécies.

Ferraz et al. (2003) verificaram que solos em altitudes mais elevadas apresentaram menor pH, saturação por bases e água disponível e aumento na acidez potencial e nos teores de C e N. Pessoa (2017), em Serra Talhada, PE, observou que não houve padrão consistente quanto as mudanças na composição química do solo ao longo do gradiente de altitude.

Mudanças na altitude podem alterar também a diversidade de espécies e a diversidade funcional (SILVA et al. 2014; PESSOA, 2017). Isso se reflete na qualidade da serapilheira, descrita como um fator crítico para o processo de decomposição (LECERF et al., 2011; KARA et al., 2014; JEWEEL et al., 2016). A diversidade de plantas pode afetar a decomposição por meio da diversidade química da serapilheira produzida ou através da diversidade da comunidade de plantas hospedeiras (JEWEEL et al., 2016).

Nesse contexto, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar, durante o período úmido, a ciclagem de nutrientes sob a ótica das suas “três fases ecológicas” conforme proposto por Zhang, Shuxia e Shangguan (2006): nutriente estocado na biomassa foliar da planta; na fração foliar da serapilheira produzida; e disponível no solo em três fragmentos de floresta tropical seca inseridos ao longo de um gradiente de altitude em Araripina, Pernambuco.

Testarem-se as seguintes hipóteses: 1) os índices de absorção e utilização apresentam relação positiva com a elevação da altitude. Assim, espera-se que, áreas sob elevada altitude os nutrientes sejam absorvidos em maior quantidade e melhor utilizados pelas espécies. Quanto menor o teor do nutriente no solo, maiores serão os seus índices de absorção e utilização; 2) o índice de ciclagem de nutrientes apresenta relação negativa com a altitude. Assim, acredita-se que, sob altitudes mais baixas os nutrientes sejam ciclados de forma mais rápida. Quanto maior for o teor do nutriente no solo, maior será o seu índice de ciclagem.

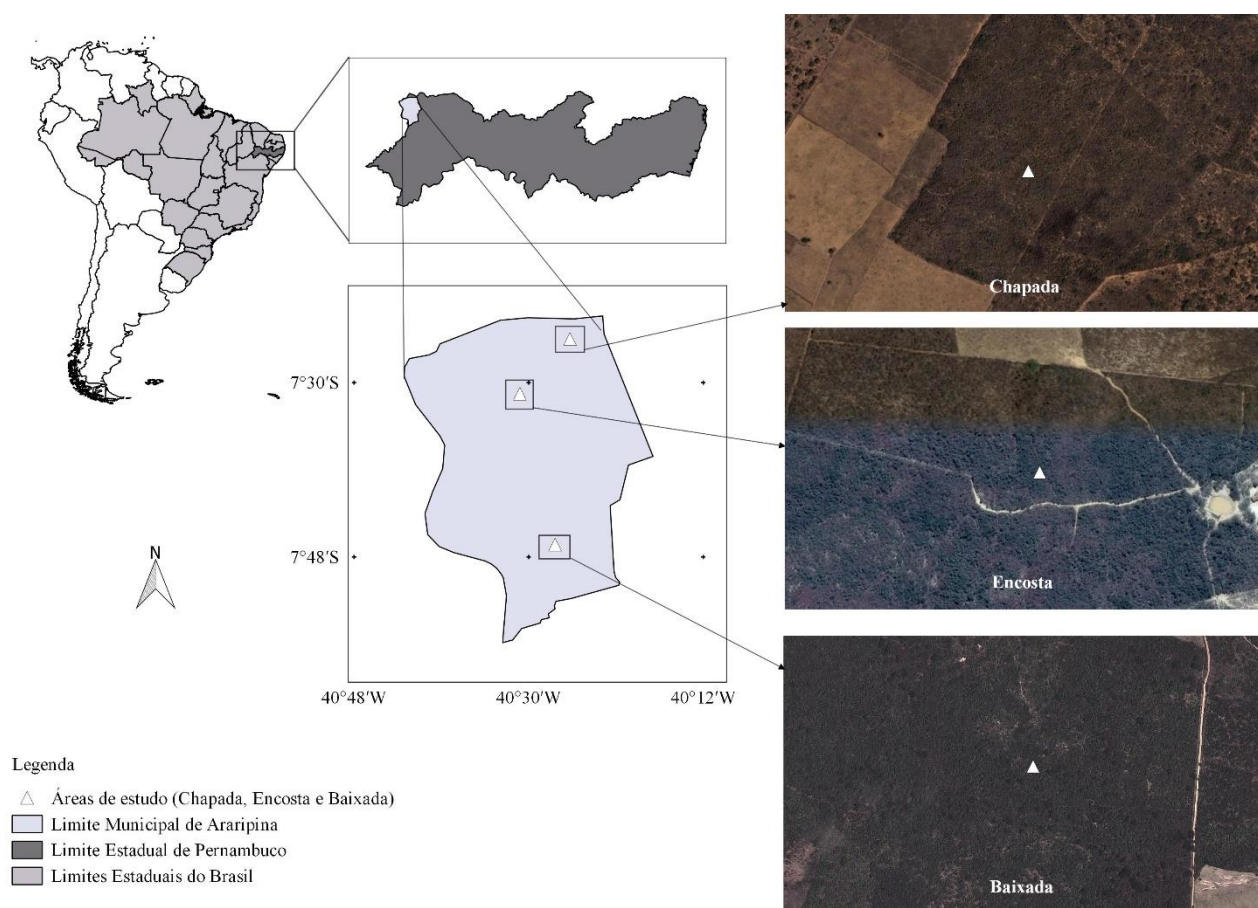
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 AMBIENTES DE ESTUDO

2.1.1 Características gerais

O município de Araripina localiza-se na bacia do rio Brígida, a oeste do estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil e está situado sob as seguintes coordenadas geográficas: 07°34'34''S e 40°29'54''W. Apresenta altitude média de 522 m e área total de 1914,40 km² (IBGE, 2010) (Figura 1).

Figura 1. Localização geográfica dos ambientes Chapada, Encosta e Baixada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco, nordeste do Brasil



Os ambientes estão distribuídos nesse município ao longo de um gradiente de altitude (topossequência). Classificou-se como ambiente Baixada, o fragmento florestal com altitude de até 600 m; ambiente Encosta, aquele cuja altitude situou-se entre 600 e 750 m; e ambiente Chapada, o fragmento localizado acima dos 750 m, conforme proposto por Cunha (2017). A

localização geográfica e as principais características de cada ambiente estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1. Localização, características climáticas, vegetacionais e de solo dos ambientes Chapada, Encosta e Baixada inseridos ao longo de um gradiente de altitude em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Ambiente	Baixada	Encosta	Chapada
Localização	Araripina, Pernambuco (07°46'58,28"S e 40°27'13,73"O)	Araripina, Pernambuco (07°31'9,16"S e 40°30'54,01"O)	Araripina, Pernambuco (07°25'36,28"S e 40°25'44,71"O)
Área	100 há	100 há	20 há
Clima ¹	BShw'	BShw'	BShw'
Altitude	540 m	664 m	847 m
Precipitação ²	400-500 mm	400-500 mm	700-800 mm
Temperatura ¹	24 a 26°C	24 a 26° C	24 a 26° C
Domínio ³	FTS ⁴	FTS	FTS
Fitofisionomia	Caatinga arbórea	Contato Caatinga-Carrasco	Carrasco
DA (ni ha ⁻¹) ⁵	872	1688	1288
H' (nats ha ⁻¹) ⁶	2,45	2,33	2,32
Solo/Classificação	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) ⁷	Neossolo Litólico (NL) ⁷	Latosso Amarelo distrófico (LAd) ^{7,8}
Uso e ocupação ⁹	Agropecuária	Floresta densa	Floresta esparsa
pH (H ₂ O)	5,92	4,77	4,82
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	5,56	0,50	0,88
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,02	0,40	0,63
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,49	0,15	0,10
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,00	0,24	0,18
(H+Al) (cmol _c dm ⁻³)	2,26	3,41	3,51
P (mg dm ⁻³)	5,70	4,60	1,40
CTC _{efetiva} (cmol _c dm ⁻³) ¹⁰	8,13	1,32	1,81
CTC _{potencial} (cmol _c dm ⁻³) ¹¹	10,39	4,49	5,14
V (%) ¹²	77,72	24,46	31,42
m (%) ¹³	0,00	18,40	10,54
COT (g kg ⁻¹) ¹⁴	59,30	15,80	6,30
N (g kg ⁻¹)	1,25	0,64	0,98

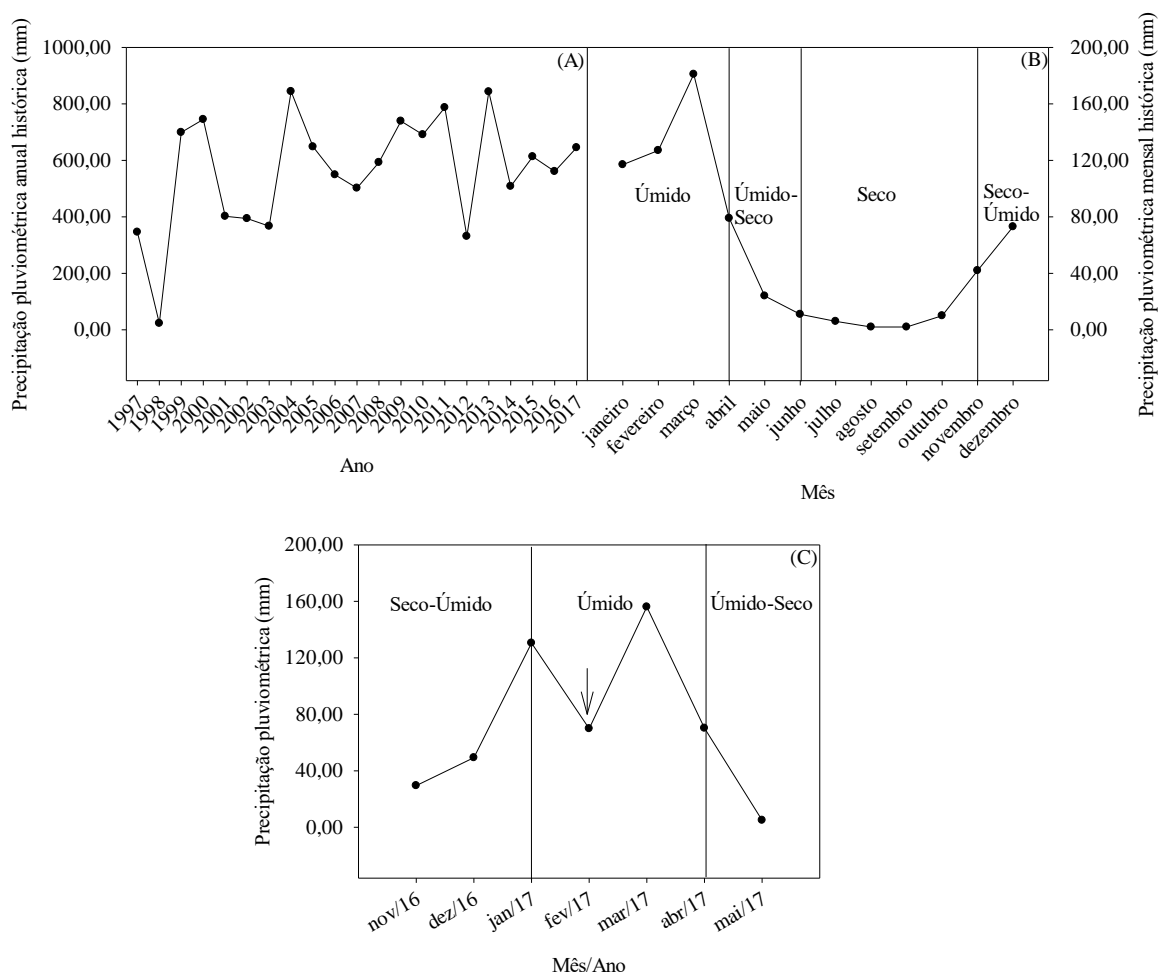
¹Clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude ou clima semiárido quente (ALVARES et al., 2013); ²LOPES (2005); ³IBGE (2012); ⁴Floresta tropical seca; ⁵Densidade absoluta (número de indivíduos ha⁻¹); ⁶Índice de diversidade de Shannon-Wiener; ⁷EMBRAPA (2013); ⁸REZENDE (2017); ⁹CUNHA (2017); ¹⁰Capacidade de troca de cátions efetiva; ¹¹Capacidade de troca de cátions potencial; ¹²Saturação por bases; ¹³Saturação por alumínio; ¹⁴Teor de C orgânico total do solo. Todos os atributos químicos do solo foram determinados em amostras coletadas em até 20 cm de profundidade e conforme procedimentos metodológicos da EMBRAPA (2011).

2.1.2 Período de avaliação

A série histórica da precipitação pluviométrica dos últimos 20 anos (1997-2017) mostrou a irregularidade no regime hídrico do município, cujo acumulado oscilou entre 23 mm (em 1998) e 843 mm (em 2013). A média registrada nesse período foi de 563 mm (Figura 2A) (APAC, 2018). Ressalta-se também, a irregularidade na distribuição das chuvas ao longo de um mesmo ano. Durante o período úmido, a média histórica foi de 142 mm e, durante o período seco, de 6 mm (Figura 2B).

Figura 2. Precipitação pluviométrica anual histórica entre os anos de 1997 e 2017 do município de Araripina, Pernambuco, Brasil (A) e precipitação pluviométrica mensal histórica, subdivida em períodos úmido, seco e de transição (B). Precipitação pluviométrica (essa pesquisa), subdivida em períodos úmido, seco e de transição. A seta indica o período de coleta de folhas, serapilheira foliar e solo (C)

Fonte: APAC (2018)



A partir da média mensal da série histórica (1997 a 2017), foram definidos quatro períodos: úmido, seco e de transição úmido-seco e seco-úmido. Considerou-se período úmido,

os meses de janeiro a março, cuja média foi de 142 mm; período seco, os meses de junho a outubro, cuja média foi de 6 mm; período de transição úmido-seco, os meses de abril e maio e transição seco-úmido, os meses de novembro e dezembro, com médias entre 51-58 mm.

Dessa forma, foi escolhido o período úmido para avaliação, pois é nesse período em que os tempos de meia vida e de renovação de 95% da serapilheira acumulada são menores. A coleta ocorreu no mês de fevereiro de 2017. O comportamento climático entre novembro de 2016 e maio de 2017 foi monitorado por meio da precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e temperatura do ar, subdivididos conforme estabelecido para os períodos úmido e os de transição (Tabela 2).

Tabela 2. Precipitação pluviométrica (média e acumulada referente ao período dessa pesquisa e da série histórica, entre 1997 e 2007), umidade relativa do ar e temperatura do ar subdivididos em períodos úmido, úmido-seco, seco e seco-úmido entre os meses de novembro de 2016 a maio de 2017 no município de Araripina, Pernambuco, Brasil

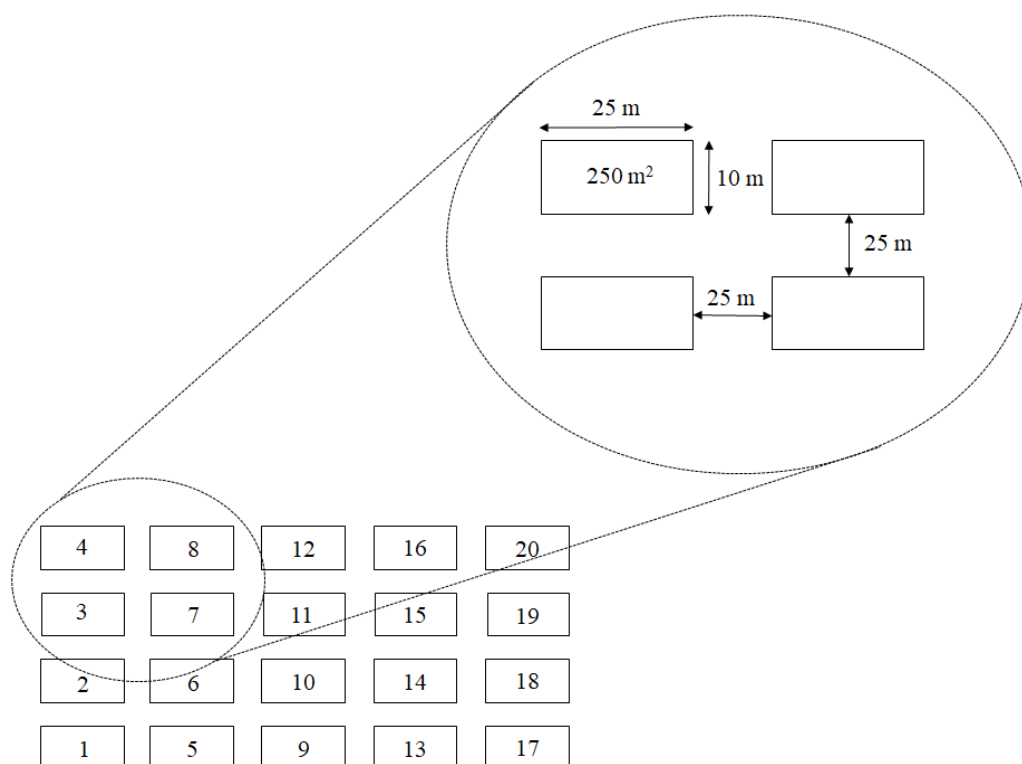
Período/Ano	Precipitação pluviométrica (mm)				UR ² (%)	T ³ (°C)
	Média (essa pesquisa)	Média (série histórica ¹)	Acumulada (essa pesquisa)	Acumulada (série histórica ¹)		
Seco-Úmido/2016	39,40	57,50	78,80	115,00	55,34	26,07
Úmido/2017	118,83	146,67	356,50	425,00	72,68	24,31
Úmido-Seco/2017	37,60	51,50	75,20	103,00	70,31	23,97

¹Referente aos últimos 20 anos (1997-2017); ²Umidade relativa do ar; ³Temperatura do ar. Fonte (APAC, 2018)

2.1.3 Vegetação

Em cada ambiente, foi realizado levantamento florístico e fitossociológico para indivíduos adultos das espécies de hábito arbustivo e arbóreo. Para isso, foram instaladas, em cada um deles, 20 parcelas nas dimensões de 10 x 25 m (250 m²), distribuídas de forma sistemática e equidistantes 25 m uma das outras (Figura 3).

Figura 3. Distribuição das parcelas dos ambientes Chapada, Encosta e Baixada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco



Os indivíduos foram selecionados de acordo com o critério de inclusão que foi a circunferência a 1,30 do solo ser maior ou igual a 10 cm ($CAP_{1,30} \geq 10$ cm).

A identificação, em nível de espécie, foi feita por meio de comparação com exsicatas depositadas no Herbário Sérgio Tavares (HST), localizado no Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Na identificação, foi utilizado o sistema de classificação APG III (2009). A correção da grafia e a autoria dos nomes científicos das espécies obedeceram ao preconizado pelo Missouri Botanical Garden (MOBOT, 2018). Assim, foram escolhidas, em cada ambiente, as cinco espécies de maior densidade absoluta (DA) (Tabela 3).

Entende-se por DA, o número de indivíduos por unidade de área no povoamento amostrado, calculado conforme a seguinte expressão (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974):

$$DA = \frac{ni}{A} \quad (1)$$

DA: densidade absoluta da espécie *i* (Ind. ha⁻¹); *ni*: número de indivíduos da espécie *i*; A: área em hectare (ha). Os indivíduos de cada espécie foram mensurados em 20 parcelas nas

dimensões de 10 x 25 m (5.000 m²). Posteriormente, os dados foram extrapolados para 10.000 m² (um hectare).

Tabela 3. Caracterização do componente arbustivo-arbóreo das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Espécie	Hábito	Fenologia foliar	Família-Subfamília	DA ¹ (Ind. ha ⁻¹)	DR ² (%)
Baixada					
<i>Croton blanchetianus</i> Baill	Arbóreo	Decíduo	Euphorbiaceae	304	34,86
<i>Poincianella gardneriana</i> (Benth.) L.P. Queiroz	Arbóreo	Decíduo	Fabaceae-Caesalpinioideae	162	18,58
<i>Parapiptadenia zehntneri</i> (Harms) M.P. Lima & H.C. Lima	Arbóreo	Decíduo	Fabaceae-Mimosoideae	48	5,50
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	Arbóreo	Decíduo	Apocynaceae	40	4,59
<i>Croton</i> sp. ²	Arbustivo	Decíduo	Euphorbiaceae	40	4,59
∑ das cinco espécies (maior DA)	-	-	-	594	68,12
∑ das outras espécies	-	-	-	278	31,88
Total	-	-	-	872	100,00
Encosta					
<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	Arbóreo	Decíduo	Combretaceae	304	18,01
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J. Presl	Arbustivo	Não-decíduo	Capparaceae	278	16,47
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton	Arbóreo	Decíduo	Fabaceae-Mimosoideae	278	16,47
<i>Swartzia flamingii</i> Raddi	Arbóreo	Decíduo	Fabaceae-Papilionoideae	204	12,09
<i>Piptadenia viridiflora</i> (Kunth) Benth.	Arbóreo	Decíduo	Fabaceae-Mimosoideae	198	11,73
∑ das cinco espécies (maior DA)	-	-	-	1262	74,76
∑ das outras espécies	-	-	-	426	25,24
Total	-	-	-	1688	100,00
Chapada					
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Arbóreo	Decíduo	Nyctaginaceae	310	24,07
<i>Croton limae</i> A.P.S. Gomes, M.F. Sales & P.E. Berry	Arbóreo	Decíduo	Euphorbiaceae	236	18,32
<i>Metrodorea mollis</i> Taub.	Arbóreo	Não-decíduo	Rutaceae	232	18,01
<i>Annona leptopetala</i> (R.E.Fr. H. Rainer)	Arbustivo	Decíduo	Annonaceae	104	8,07
<i>Pilocarpus spicatus</i> subst. aracatensis Kaastra	Arbustivo	Não-decíduo	Rutaceae	102	7,92
∑ das cinco espécies (maior DA)	-	-	-	984	76,40
∑ das outras espécies	-	-	-	304	23,60
Total	-	-	-	1288	100,00

¹Densidade absoluta; ²Densidade relativa = (número de indivíduos da espécie / número total de indivíduos) × 100 (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974); ²Identificada apenas em nível de gênero.

2.2 COLETAS E ANÁLISES

2.2.1 Capturado: estoque de nutrientes na biomassa foliar

A princípio, em cada ambiente, foi estimada a biomassa foliar média por espécie (kg indivíduo⁻¹). As equações alométricas de potência utilizadas para estimar a biomassa foliar foram as propostas por Silva e Sampaio (2008) para espécies de hábito arbustivo e arbóreo (Tabela 4). Ambas utilizam como variável preditiva o diâmetro à altura do peito (DAP, em cm). Para calcular o diâmetro à altura do peito, utilizou-se a seguinte equação:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (2)$$

CAP: circunferência à altura do peito (cm) medida a 1,30 m do solo no levantamento fitossociológico.

Para estimar a biomassa foliar individual (kg indivíduo⁻¹) das espécies de hábito arbóreo utilizou-se a equação:

$$\hat{Y} = 0,0681 \times DAP^{1,5829} \quad (3)$$

\hat{Y} : biomassa foliar (kg); 0,0681: parâmetro do modelo; DAP: diâmetro à altura do peito; 1,5829: parâmetro do modelo.

Para as espécies com hábito arbustivo foi utilizada a seguinte equação:

$$\hat{Y} = 0,1900 \times DAP^{2,0515} \quad (4)$$

\hat{Y} : biomassa foliar (kg); 0,1900: parâmetro do modelo; DAP: diâmetro à altura do peito (cm); 2,0515: parâmetro do modelo.

Para quantificar a biomassa foliar total (em kg ha⁻¹) das cinco espécies de maior DA de cada ambiente (Tabela 4), somaram-se as biomassas foliares individuais. Os indivíduos, por espécie, foram mensurados em 20 parcelas nas dimensões de 10 x 25 m (5.000 m²). Posteriormente, os dados foram extrapolados para 10.000 m² (um hectare) (ESPIG et al., 2008).

Tabela 4. Biomassa foliar das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Espécie	Hábito	DA ¹	DAP ²	Biomassa foliar	
		(Ind. ha ⁻¹)	(cm)	(kg ind. ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
Baixada					
<i>Croton blanchetianus</i>	Arbóreo	304	4,74	0,82	250,66
<i>Poincianella gardneriana</i>	Arbóreo	162	7,99	2,12	343,93
<i>Parapiptadenia zehntneri</i>	Arbóreo	48	8,16	2,54	121,76
<i>Aspidosperma pyriformium</i>	Arbóreo	40	5,20	0,97	38,78
<i>Croton</i> sp. ³	Arbustivo	40	4,09	3,53	141,21
Total	-	-	-	-	896,34
Encosta					
<i>Combretum glaucocarpum</i>	Arbóreo	304	5,32	1,04	315,17
<i>Cynophalla flexuosa</i>	Arbustivo	278	4,85	5,52	1533,88
<i>Senegalia polyphylla</i>	Arbóreo	278	5,59	1,10	307,02
<i>Swartzia flaemingii</i>	Arbóreo	204	5,36	1,00	204,20
<i>Piptadenia viridiflora</i>	Arbóreo	198	4,57	0,78	154,13
Total	-	-	-	-	2514,40
Chapada					
<i>Guapira opposita</i>	Arbóreo	310	5,41	1,05	325,80
<i>Croton limae</i>	Arbóreo	236	4,10	0,65	154,18
<i>Metrodorea mollis</i>	Arbóreo	232	4,45	0,78	180,94
<i>Annona leptopetala</i>	Arbustivo	104	4,75	4,89	508,30
<i>Pilocarpus spicatus</i>	Arbustivo	102	3,88	3,44	351,35
Total	-	-	-	-	1520,57

¹Densidade absoluta; ²Densidade relativa; ³Identificada apenas em nível de gênero.

Para análise dos nutrientes nas folhas das cinco espécies de maior DA de cada ambiente, foram escolhidos cinco indivíduos sadios por espécie, semelhantes quanto ao porte. Para isso, foram utilizados dois critérios: altura (m) e DAP (cm) (Tabela 5). Não foi possível realizar a coleta de folhas da *Croton blanchetianus* (localizada no ambiente Baixada), pois os indivíduos selecionados para a amostragem não apresentaram material foliar no período escolhido para a coleta.

Tabela 5. Caracterização dos cinco indivíduos escolhidos para análise do material foliar das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Espécie	Hábito	Altura	CAP ¹	DAP ²	Biomassa foliar
		(m)	(cm)	(cm)	(kg ind ⁻¹)
Baixada					
<i>Croton blanchetianus</i>	Arbóreo	4,80	13,75	4,38	0,70
<i>Poincianella gardneriana</i>	Arbóreo	5,60	16,60	5,28	0,95
<i>Parapiptadenia zehntneri</i>	Arbóreo	5,54	17,20	5,47	1,03
<i>Aspidosperma pyriforme</i>	Arbóreo	4,30	15,30	4,87	0,84
<i>Croton sp.</i> ¹	Arbustivo	5,00	13,35	4,25	0,68
Encosta					
<i>Combretum glaucocarpum</i>	Arbóreo	6,40	14,26	4,54	0,75
<i>Cynophalla flexuosa</i>	Arbustivo	5,30	13,31	4,24	3,67
<i>Senegalia polyphylla</i>	Arbóreo	6,70	18,20	5,79	1,10
<i>Swartzia flaemingii</i>	Arbóreo	7,10	15,56	4,95	0,86
<i>Piptadenia viridiflora</i>	Arbóreo	7,10	14,00	4,46	0,73
Chapada					
<i>Guapira opposita</i>	Arbóreo	3,70	16,34	5,20	0,93
<i>Croton limae</i>	Arbóreo	4,20	12,41	3,95	0,60
<i>Metrodorea mollis</i>	Arbóreo	3,50	12,09	3,85	0,57
<i>Annona leptopetala</i>	Arbustivo	4,50	15,95	5,08	5,38
<i>Pilocarpus spicatus</i>	Arbustivo	3,60	12,03	3,83	2,99

¹Circunferência à altura do peito; ²Diâmetro à altura do peito.

Assim, foram coletadas folhas maduras e sadias localizadas no terço médio superior e nos quatro pontos cardinais de cada indivíduo (norte, sul, leste e oeste). Em seguida, as folhas foram acondicionadas em ambiente refrigerado e levadas à estufa de circulação forçada de ar regulada a 65 °C até atingir peso constante. Após isso, foram moídas em moinho de facas e armazenadas adequadamente.

A composição química das folhas foi determinada pelos teores dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg. O N foi extraído por digestão sulfúrica e determinado por destilação e titulação pelo método Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995). O P foi extraído por digestão sulfúrica e dosado por colorimetria pelo método do molibdato de amônio (EMBRAPA, 2009).

A extração do K, Ca e Mg foi feita por digestão úmida através de micro-ondas pelo método da EMBRAPA (2009), com alterações. Na digestão, foram utilizados 0,2 g de amostra seca, 5 ml de ácido nítrico e 5 ml de peróxido de hidrogênio. O digestor estava configurado na potência máxima de 1600 W, a 160 °C de temperatura e o tempo total de

digestão foi de 30 minutos. Após isso, o K foi determinado por fotometria de chama e o Ca e o Mg por espectrofotometria de absorção atômica (EMBRAPA, 2009).

O teor dos nutrientes foi expresso em g kg^{-1} . O estoque foi obtido multiplicando-se o teor do nutriente pela biomassa foliar total de cada espécie (kg ha^{-1}). Para cada ambiente, considerou-se a somatória dos conteúdos das cinco espécies de maior DA, cujos resultados estão dispostos na Tabela 6.

Tabela 6. Estoque de N, P, K, Ca e Mg na biomassa foliar das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Nutriente (kg ha^{-1})	Ambiente			Total
	Baixada	Encosta	Chapada	
N	19,58	61,68	44,58	125,84
P	1,46	4,19	1,33	6,98
K	6,49	30,06	9,93	46,48
Ca	8,36	24,97	11,41	44,74
Mg	1,61	8,04	4,37	14,02
Total	37,50	128,94	71,62	-

2.2.2 Retornado: estoque de nutrientes na fração foliar da serapilheira produzida

A produção de serapilheira foliar foi quantificada nos ambientes Baixada, Encosta e Chapada. Foi instalado um coletor suspenso com $1,0 \text{ m}^2$ de área e malha de 1 mm no centro de cada parcela instalada para o levantamento florístico e fitossociológico.

A deposição de serapilheira foliar foi quantificada por meio da coleta de todo o material vegetal que foi seco em estufa com circulação forçada de ar a $65 \text{ }^\circ\text{C}$, moído e pesado, para determinação da massa seca. A deposição de serapilheira foliar total (kg ha^{-1}) considerou o material orgânico depositado até a coleta de fevereiro de 2017 (referente, portanto, aos três meses anteriores, de meados de novembro de 2016 a meados de fevereiro de 2017).

A composição química da serapilheira foliar foi avaliada por meio dos teores dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg. O N foi extraído por digestão sulfúrica e determinado por destilação e titulação com HCl. O P foi extraído por digestão sulfúrica e dosado por colorimetria pelo método do molibdato de amônio (EMBRAPA, 2009).

A extração do K, Ca e Mg foi feita por digestão úmida através de micro-ondas pelo (EMBRAPA, 2009), com alterações. Foram utilizados 0,2 g de amostra foliar seca, 5 ml de

ácido nítrico e 5 ml de peróxido de hidrogênio na digestão. O digestor estava configurado na potência máxima de 1600 W, 160 °C de temperatura e o tempo total de digestão foi de 30 minutos. Após isso, o K e o Na foram determinados por fotometria de chama e o Ca e o Mg por espectrofotometria de absorção atômica (EMBRAPA, 2009).

Dessa forma, o estoque de nutrientes na serapilheira foliar produzida foi calculado multiplicando-se o teor (g kg^{-1}) pela massa seca total (kg ha^{-1}). O aporte de nutrientes foi calculado multiplicando-se o teor (g kg^{-1}) pela sua massa seca (kg ha^{-1}). Os resultados estão dispostos na Tabela 7.

Tabela 7. Estoque de N, P, K, Ca e Mg da fração foliar da serapilheira produzida dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Nutriente (kg ha^{-1})	Ambiente			
	Baixada	Encosta	Chapada	Total
N	2,20	1,55	6,96	10,71
P	0,09	0,07	0,13	0,29
K	0,20	0,18	0,27	0,65
Ca	2,17	1,22	2,19	5,58
Mg	0,24	0,12	0,51	0,87
Total	4,90	3,14	9,49	-

2.2.3 Absorvível: estoque de nutrientes no solo

Os atributos químicos do solo foram determinados, em cada ambiente, na profundidade de 0-20 cm. As coletas foram realizadas em algumas parcelas instaladas para o levantamento florístico e fitossociológico. Foram coletadas 10 amostras simples, uma a cada 2 parcelas. Os resultados estão dispostos na Tabela 1.

Os solos foram caracterizados pelo N total, extraído via digestão sulfúrica e dosado por destilação e titulação pelo método Kjeldahl (TEDESCO et al.,1995), realizado no Laboratório de Química do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Também, foi aferido o seu pH e determinados os teores P, K, Ca, e Mg de acordo com a metodologia preconizada pela Embrapa (2011), realizados no Laboratório de Solos da Estação Experimental de cana-de-açúcar do Carpina (EECAC) da UFRPE.

De posse dos teores de nutrientes do solo (Tabela 1), seus estoques foram calculados de acordo com as seguintes equações:

$$\text{Estoque de N} = \text{Pr} \cdot \text{ds} \cdot \text{t} \cdot 6,34 \quad (4)$$

$$\text{Estoque de P} = (\text{Pr} \cdot \text{ds} \cdot \text{t}) / 10 \quad (5)$$

$$\text{Estoque de K} = \text{Pr} \cdot \text{ds} \cdot \text{t} \cdot 30 \quad (6)$$

$$\text{Estoque de Ca} = \text{Pr} \cdot \text{ds} \cdot \text{t} \cdot 20 \quad (7)$$

$$\text{Estoque de Mg} = \text{Pr} \cdot \text{ds} \cdot \text{t} \cdot 12 \quad (8)$$

Estoque de N, P, Ca, Mg e K (kg ha^{-1}); Pr: profundidade da camada de solo (cm); ds: densidade do solo (Mg m^{-3}); t: teor do nutriente (N, g kg^{-1}), (P, mg dm^{-3}), (Ca, Mg e K, cmolc dm^{-3}); 6,34: percentagem do N total potencialmente mineralizável (%) (STANFORD; SMITH, 1972; FREIRE, 2001); 10, 12, 20 e 30: parâmetros para ajuste de unidades para os demais nutrientes.

A densidade do solo, necessária aos cálculos, foi quantificada de acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA (2017), cujo resultado foi de 1,42, 1,46 e 1,44 Mg m^{-3} para os ambientes Baixada, Encosta e Chapada, respectivamente. Essa análise foi realizada no Laboratório de Física do Solo da UFRPE. Os resultados estão dispostos na Tabela 8.

Tabela 8. Estoque de N, P, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Nutriente (kg ha^{-1})	Ambiente			
	Baixada	Encosta	Chapada	Total
N	176,45	118,48	228,24	523,18
P	16,19	13,43	4,03	33,65
K^+	417,48	131,40	86,40	635,28
Ca^{2+}	3158,08	292,00	506,88	3956,96
Mg^{2+}	688,42	140,16	217,73	1046,30
Total	4456,62	695,47	1043,28	-

2.3 CICLO BIOLÓGICO DOS NUTRIENTES

A partir dos dados de estoque de nutrientes na biomassa foliar, fração foliar da serapilheira depositada e no solo foi possível estimar a ciclagem de nutrientes de acordo com o preconizado por Zhang, Shuxia e Shangguan (2006), calculando-se os índices de absorção, utilização e ciclagem de N, P, K, Ca e Mg, conforme as seguintes equações:

$$IA = \frac{\text{Capturado}}{\text{Absorvível}} \quad (9)$$

IA: índice de absorção; capturado: estoque do nutriente na biomassa foliar (kg ha⁻¹); absorvível: estoque do nutriente no solo (kg ha⁻¹).

$$IU = \frac{\text{Capturado}}{\text{Capturado} + \text{Retornado}} \quad (10)$$

IU: índice de utilização; capturado: estoque do nutriente na biomassa foliar (kg ha⁻¹); retornado: estoque do nutriente na serapilheira foliar produzida (kg ha⁻¹).

$$IC = \frac{\text{Retornado}}{\text{Capturado}} \quad (11)$$

IC: índice de ciclagem; retornado: estoque do nutriente na serapilheira foliar produzida (kg ha⁻¹); capturado: estoque do nutriente na biomassa foliar (kg ha⁻¹)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de absorção dos nutrientes apresentou o seguinte padrão decrescente para os ambientes Baixada e Encosta: N>P>K>Ca>Mg. Para a Chapada, o P se sobrepôs ao N pois o teor desse elemento no solo foi o menor (Tabela 8). Esse índice depende do estoque do nutriente no solo e da sua exigência pelas plantas (TX; ZHANG; ZHU, 2014). A Encosta apresentou os valores mais elevados, com exceção do P, maior na Chapada (Tabela 9).

O estoque de nutrientes na biomassa foliar das cinco espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia da Encosta foi a maior, devido a contribuição da espécie *Cynophalla flexuosa* (Tabela 4). Outrossim, o Neossolo Litólico (NL), apresentou de baixa fertilidade natural, com apenas 24,46% de saturação por bases (Tabela 1). Esses fatores colaboraram para que o índice de absorção fosse mais elevado nesse ambiente.

Por outro lado, a Baixada apresentou solo com elevada fertilidade natural (Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, PVA), com saturação de bases de 77,72% (Tabela 1), expressos pelo maior estoque de nutrientes no solo (Tabela 8). No entanto, por se situar em altitude mais baixa, sua condição hídrica é menor (FERRAZ et al., 2003; LOPES, 2005). Isso dificultou a absorção de nutrientes, prejudicando o seu estoque na biomassa foliar e, por consequência, o seu índice de absorção foi o menor dentre os ambientes (Tabela 9).

O N e o P foram os nutrientes com maior índice de absorção (Tabela 7). O N foi o nutriente com maior estoque na biomassa foliar (Tabela 6), fator decisivo para o seu elevado índice de absorção. O N além de apresentar o segundo menor estoque no solo para todos os ambientes (Tabela 8), é o elemento mais requerido por essas espécies com médias

(considerando as cinco espécies de maior absoluta na fitossociologia) de 29,95; 28,93 e 30,22 g kg⁻¹ para Baixada, Encosta e Chapada, respectivamente.

Para o P, esse resultado é reflexo do seu baixo estoque no solo, sobretudo na Chapada do Araripe (Tabela 8). Nesse ambiente, o pH foi o menor (Tabela 1). De acordo com Novais, Smyth e Nunes (2007), o P pode se tornar indisponível às plantas devido aos processos de fixação, via adsorção, por ligações covalentes de alta energia com as argilas ou com os oxihidróxidos de Fe e Al, por formar precipitados com os íons Al, Fe e Ca ou por fazer parte de compostos orgânicos. É comum verificar, em solos de Caatinga, valores baixos de N e para P disponível (MENEZES et al., 2012).

O Ca foi o nutriente com menor índice de absorção (Tabela 9), justificado pelo seu altíssimo estoque no solo, principalmente, na Baixada. Na Chapada do Araripe, Rezende (2017) verificou os teores de Ca²⁺ em área preservada de Caatinga, que os teores médios das profundidades foi de 0,57 cmol_c dm⁻³, valor abaixo do verificado nessa pesquisa (Tabela 1).

Tabela 9. Ciclo biológico de N, P, K, Ca e Mg dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada inseridos ao longo de um gradiente de altitude, em floresta tropical seca em Araripina, Pernambuco

Nutriente/Índice	Ambiente								
	Baixada	Encosta	Chapada	Baixada	Encosta	Chapada	Baixada	Encosta	Chapada
	Absorção			Utilização			Ciclagem		
N	0,1110	0,5206	0,1953	0,8990	0,9755	0,8650	0,1124	0,0251	0,1561
P	0,0902	0,3120	0,3300	0,9419	0,9836	0,9110	0,0616	0,0167	0,0977
K	0,0155	0,2288	0,1149	0,9701	0,9940	0,9735	0,0308	0,0060	0,0272
Ca	0,0026	0,0855	0,0225	0,7939	0,9534	0,8390	0,2596	0,0489	0,1919
Mg	0,0023	0,0574	0,0201	0,8703	0,9853	0,8955	0,1491	0,0149	0,1167

O índice de utilização foi elevado independentemente da altitude (Tabela 9), o que indica que as 5 espécies de maior densidade absoluta na fitossociologia apresentaram alta eficiência de utilização biológica dos nutrientes (ESPIG et al., 2008; BARBOSA, 2012; ALVES et al., 2017). O índice de utilização decresceu na seguinte ordem: K>P>N>Mg>Ca, (Tabela 9), semelhante ao observado por TX, Zhang e Zhu (2014). A Encosta apresentou os valores mais elevados para o índice de utilização, justificados pelo seu alto estoque de nutrientes na biomassa foliar (Tabela 6).

Dentre os nutrientes, os maiores índices de utilização foram para o K. Isso porquê, seu estoque na serapilheira foliar foi de apenas 0,65 kg ha⁻¹. Já os menores índices de utilização

ocorreram para o Ca porque houve um maior acúmulo desse nutriente na serapilheira foliar (Tabela 9), característica da sua pouca mobilidade em plantas (FAQUIN, 2005).

Em relação ao índice de ciclagem, verificou-se que a Baixada foi o ambiente com os valores mais elevados, exceto para N e P. O oposto foi observado para a Encosta (Tabela 9). Esses resultados ocorreram devido ao estoque de nutrientes na biomassa foliar, menor na Baixada e mais alto na Encosta (Tabela 6). O índice de ciclagem apresentou padrão decrescente bastante variável entre os ambientes, mas em todos eles, o Ca obteve maior índice, se contrapondo ao K (Tabela 9).

O comportamento do Ca quanto ao índice de ciclagem pode estar relacionado ao elevado estoque desse nutriente na serapilheira foliar (Tabela 7). Este índice representa a intensidade da ciclagem de nutrientes, ou seja, quanto mais alto, mais rápida é a sua circulação, mais baixo é o estoque do nutriente e mais elevada é a sua eficiência de utilização biológica (ZHANG; SHUXIA; SHANGGUAN, 2006). Ressalta-se que esse nutriente foi o mais estocado no solo em todos os ambientes de estudo (Tabela 8).

A maior ciclagem do Ca pode ter relação com a sua pouca mobilidade no floema depois de translocado para as folhas no ciclo bioquímico (MALAVOLTA et al., 1999). Esse nutriente possui sua função estruturante, fazendo com que permaneça por mais tempo nos tecidos celulares. Na forma de pectato de Ca e não solúvel em água esse elemento é o principal componente da lamela média da parede celular (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). Isso pode fazer com que o Ca não seja rapidamente liberado ao solo, mantendo ainda, níveis elevados na serapilheira foliar (Tabela 7).

Acrescenta-se que, os cátions K, Ca e Mg foram ciclados com mais rapidez na Baixada enquanto que, o N e o P, na Chapada (Tabela 9). Comportamento também relacionados ao estoque de nutrientes na serapilheira (Tabela 7).

Os índices de absorção, de utilização e de ciclagem são características importantes do ciclo biológico dos nutrientes nos ecossistemas florestais (ZHANG; SHUXIA; SHANGGUAN, 2006). O ambiente Baixada, de mais alto índice de ciclagem, apresentou maior índice de diversidade de espécies e solo com fertilidade natural elevada (Tabela 1). Apesar da menor pluviosidade pluviométrica, em torno de 350 mm a menos por ano (LOPES, 2005), esse ambiente apresenta temperaturas do ar mais elevada (KÖRNER et al., 1989; FERRAZ et al., 2003), o que facilita a decomposição dos resíduos.

Além disso, o solo do ambiente Chapada tem textura arenosa (REZENDE, 2017), vulnerável a maiores perdas de água e nutrientes (DONAGEMMA, et al., 2016), o que aliado ao maior volume de chuvas, dificulta ainda mais o retorno deles às plantas.

Vale salientar que, as diferenças entre o estoque de nutrientes na biomassa foliar foram bem menores do que as verificadas no solo. Isso permitiu que o índice de ciclagem não fosse tão discrepante entre a Baixada e a Chapada, principalmente quanto ao P e K.

4. CONCLUSÕES

O índice de absorção foi maior na Encosta e para os nutrientes N e P. A Encosta também apresentou elevado índice de utilização, com padrão decrescente: K>P>N>Mg>Ca.

O índice de ciclagem apresentou padrão distinto entre os ambientes. A ciclagem dos cátions K, Ca e Mg foi maior na Baixada, enquanto que para o N e o P, na Chapada. A Baixada foi o ambiente com mais elevado índice de ciclagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). **Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, A. R. et al. Nutrientes na biomassa aérea e na serapilheira em áreas de caatinga em Floresta, PE. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 92, p.413-420, 2017.

APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v.161, p.105-121, 2009.

BARBOSA, M. D. **Composição florística, regeneração natural, decomposição e ciclagem de nutrientes, em área de caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Pernambuco**. 2012. 181 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais: Área de concentração em Ecologia e conservação de ecossistemas florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

BRASIL, 2012. **Código Florestal Brasileiro**: Lei 12.651/12. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1032082/lei-12651-12> Acesso: 06 set. 2018.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Informações e Telecomunicações. Instituto de Pesquisas Espaciais. **Centro do INPE avança no mapeamento da Caatinga**. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=4157>. Acesso em 07 set. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Caatinga**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga.html>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

BRASILa. Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. **Caracterização do semiárido brasileiro.** Disponível em: <<http://www4.planalto.gov.br/consea/comunicacao/artigos/2014/caracterizacao-do-semiarido-brasileiro>>. Acesso em 10 set. 2018.

BRASILb. **Semiárido brasileiro ultrapassa os 23,5 milhões de habitantes.** Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/educacao-e-ciencia/2014/09/semi-arido-brasileiro-ultrapassa-23-5-milhoes-de-habitantes>>. Acesso em 28. ago. 2018.

CRISPIM, R. **Polo gesseiro do Araripe deve reduzir impactos ao meio ambiente.** Disponível em: < <http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/negocios/polo-gesseiro-do-araripedeve-reduzir-impactos-ao-meio-ambiente-1.1190842>>. Acesso em 08 jan. 2018.

CUNHA, J. S. A. **Estrutura da paisagem em ambientes com diferentes altitudes no semiárido pernambucano.** 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais: Área de concentração em Ecologia e Conservação de Ecossistemas Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

DONAGEMMA, G. K. et al. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 9, p.1003-1020, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de métodos de análise de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. 353 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de métodos de análise de solos.** 3.ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2017. 575 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de análise química de solo, planta e fertilizantes.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 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, v. 18, n. 3, p. 309-316, 2008.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas.** 2005. 186 f. Dissertação (Especialização em Solos e Meio Ambiente) – Curso de Pós-graduação “Lato Sensu” a Distância em Solos e Meio Ambiente. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

FERRAZ, E. M. N.; RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B. Physiognomy and structure of vegetation along an altitudinal gradient in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Phytocoenologia**, v.33, n.1, p.71–92, 2003.

FREIRE, F. J. **Sistema para cálculo do balanço nutricional e recomendação de corretivos e fertilizantes para cana-de-açúcar**. 2001. 156 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

GRANJA, C V. A. et al. Degradação Ambiental: Exploração de gipsita no Polo Gesseiro do Araripe. **Revista Multidisciplinar de Psicologia**, v.11, n.36, p.239-267, 2017.

GUERREIRO, M. J. S. et al. Long-term variation of precipitation indices in Ceará State, Northeast Brazil. **International Journal of Climatology**, New York, v. 33, n. 14, p. 2929-2939, 2013.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ªed revisada e ampliada. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2012. 271 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (IBGE). **Censo 2010**. Disponível em: < <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>>. Acesso em: 03 mar. 2016.

JEWELL, M. D. et al. Partitioning the effect of composition and diversity of tree communities on leaf litter decomposition and soil respiration. **Oikos**, Copenhagen, v. 126, n. 7, p.1-13, 2016.

KARA, O. et al. Litter decomposition and microbial biomass in temperate forests in northwestern Turkey. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 14, n. 1, p.31-41, 2014.

KING, J. Y.; BRANDT, L. A.; ADAIR, E. C. Shedding light on plant litter decomposition: advances, implications and new directions in understanding the role of photodegradation. **Biogeochemistry**, The Hague, v. 111, p.57-81, 2012.

KÖRNER, C. et al. Functional morphology of mountain plants. **Flora**, v.182, n. 5-6, p. 353-383, 1989.

LECERF A. et al. Incubation time, functional litter diversity, and habitat characteristics predict litter-mixing effects on decomposition. **Ecology**, Durham, v. 92, p. 160-169, 2011.

LIMA, R. P. et al. Aporte e decomposição da serapilheira na Caatinga no sul do Piauí. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 1, p.42-49, 2015.

LIMA, S. S. et al. Serapilheira e teores de nutrientes em argissolo sob diferentes manejos no norte do Piauí. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p.75-84, 2010.

LOPES, H. L. **Modelagem de parâmetros biofísicos para avaliação de riscos à desertificação**. 2005. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Informação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba, SP: POTAFOS, 1999. 201 p.

MAPBIOMAS. **Evolução do uso do solo na Caatinga**. Disponível em: <mapbiomas.org>. Acesso em: 31 ago. 2018.

MENEZES, R. S. C. et al. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 72, n. 3, p.643-653, 2012.

MISSORI BOTANICAL GARDEN (MOBOT). Disponível em: <mobot.org.> Acesso em: 20. jun. 2018.

MORAIS, K.; FRANÇA, F. **A Produção de Gesso no Araripe**. 2016. Coleção Ecoexpedições. Disponível em: <<http://panoramacultural.com.br/a-producao-de-gesso-no-araripe/>>. Acesso em: 30 mai. 2018.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York, NY: John Wiley & Sons, 1974.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1 ed., cap. 8. p. 471-550.

PERNAMBUCO. Blog de notícias. **Paulo Câmara simplifica tributação do Polo Gesseiro**. Disponível em: <<http://www.pe.gov.br/mobile/blog/2017/12/28/paulo-camara-simplifica-tributacao-do-polo-gesseiro/>>. Acesso em: 07 jan. 2018.

PESSOA, C. D. S. **Montagem de comunidades vegetais sob a perspectiva da filtragem abiótica**. 2017. 85 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais: Área de concentração em Ecologia e Conservação de Ecossistemas Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

PRITCHETT, W. L. **Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento**. México: Limusa, 1986. 634 p.

REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.265-301.

REZENDE, J. S. **Qualidade de Latossolos na chapada do Araripe sob diferentes coberturas vegetais**. 2017. 116 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Concentração em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B. A vegetação do bioma caatinga. In: SAMPAIO, E.V.S.B.; A. M.; GIULIETTI, J. VIRGÍNIO; C. F. L. GAMARRA-ROJAS (Ed.). **Vegetação e flora das caatingas**. Recife: APNE/CNIP, 2002. p.11-24.

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização do bioma caatinga - características e potencialidades. In: GARIGLIO, M. A. et al. (Orgs.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 29-48.

SILVA, F. K. G. et al. Patterns of species richness and conservation in the Caatinga along elevational gradients in a semiarid ecosystem. **Journal of Arid Environments**, London, v.110, p.47– 52, 2014.

SILVA, G. C; SAMPAIO, E. V. S. B. Biomassas de partes aéreas em plantas da Caatinga. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 567-575, 2008.

STANFORD, G.; SMITH, S.J. Nitrogen mineralization potentials of soils. **Soil Science of America Journal Proceedings**, Madison, v.36, p.465-472, 1972.

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

TX, WEI; ZHANG, X. J; ZHU, J. Z. The nutriente accumulation pattern and cycling in natural secondary forests in North China. A case duty from the Caijiachuan watershed, Shanxi Province. **Revista Internacional de Botánica Experimental**, Vicente López, v. 83, p. 213-223, 2014.

ZHANG, X.; SHUXIA, Z.; SHANGGUAN, Z. Nutrient distributions and bio-cycle characteristics in natural and artificial *Pinus tabulaeformis* Carr. Forests hilly loess regions. **Acta Ecologica Sinica**, v. 26, n. 2, p. 373-382, 2006.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na presente pesquisa pôde-se perceber que o gradiente de altitude influenciou indiretamente a nutrição das espécies florestais pois houve variação na disponibilidade hídrica do solo, além de mudanças na classe, textura e, sobretudo, na fertilidade do solo. Embora não tratado estatisticamente, as espécies apresentaram maior eficiência de utilização biológica quanto mais restrito fosse o teor do nutriente no solo, ou seja, em solos mais pobres quimicamente como os da Encosta e Chapada, em altitudes mais elevadas. Além disso, a redução no volume de chuvas permitiu com que mais espécies apresentassem teores elevados de nutrientes. Isso reforça a ideia da retranslocação interna de nutrientes, um dos mecanismos que permite a sobrevivência de espécies de fenologia foliar não decídua em ambiente florestal durante à seca.

Notória a importância do período úmido em Caatinga para a nutrição de espécies florestais, confirmada pelos menores teores de nutrientes no solo nesse período. Ressalta-se também, o cuidado em manter a camada superficial do solo porque é nela que há maior concentração de nutrientes e, portanto, qualquer modificação nessa camada pode trazer consequências drásticas aos processos ecossistêmicos, como a ciclagem de nutrientes.

Outrossim, a produção de serapilheira foi influenciada pela sazonalidade climática e pelo gradiente de altitude, favorecida no período seco e quando em Chapada. Porém o acúmulo maior na Baixada. Interessante que a fração foliar foi a que mais contribuiu para a formação da serapilheira produzida, sobretudo, com a redução das chuvas pois a maioria das espécies apresenta fenologia foliar decídua. Ao passo que, a fração galhos e cascas foi a mais representativa para a serapilheira acumulada, o que denota a influência da composição química desses compartimentos na sua decomposição, confirmada pelos seus elevados tempos de renovação. Ambas as frações apresentaram teor e aporte com a seguinte ordem decrescente: Ca>N>K>Mg>P.

O período úmido acelerou a decomposição da serapilheira de tal modo que o acúmulo foi similar entre os períodos úmido e seco. Mesmo durante o período úmido, a maior aridez da Baixada resultou em maior permanência da serapilheira no piso florestal. Além disso a dinâmica da serapilheira quanto a decomposição e acúmulo foram tão díspares entre os ambientes que, no período úmido, esses tempos foram mais elevados para a Chapada e, no período seco, para a Baixada.

Os índices que explicam o ciclo biológico dos nutrientes indicaram que a restrição de nutrientes no solo foi decisiva para a aumentar os índices de absorção e de utilização, maiores

na Encosta, com solo de baixa fertilidade natural. O índice de ciclagem foi mais elevado na Baixada, o que denota a influência do solo na ciclagem de nutrientes pois apesar desse ambiente apresentar uma menor precipitação pluviométrica em relação ao de maior altitude, a Chapada, seu solo foi o de maior fertilidade natural e isso certamente influencia no estoque de nutrientes nas folhas e serapilheira. Em nível de nutriente, o destaque foi para o Ca, com estoque superior aos demais em todos os compartimentos, resultando em elevada ciclagem.

Resultados como esses indicam que embora os ambientes estejam sobre o mesmo clima (semiárido quente) e em um mesmo domínio (floresta tropical seca) e ainda com relativa proximidade, o gradiente de altitude particularizou esses ambientes sobre os diversos aspectos observados nessa pesquisa: nutrição foliar, serapilheira e ciclagem de nutrientes. Logo, não podem ser tratados como iguais, seja em Planos de Manejo Florestal Sustentáveis, de Recuperação de Áreas Degradadas e na Restauração Florestal. Outros fatores, como os observados nessa pesquisa, precisam ser considerados afim de os processos e serviços ecossistêmicos sejam contínuos e o mais semelhante possível ao de áreas preservadas.

Acrescenta-se que a Caatinga está sob forte pressão antrópica e, no Araripe, isso é bem evidente. Em áreas degradadas, espécies de maior eficiência de utilização biológica de nutrientes listadas nessa pesquisa podem auxiliar na sua recuperação. Assim, os conhecimentos gerados podem aprimorar as previsões sobre a ciclagem de nutrientes durante períodos tão distintos quanto a precipitação pluviométrica e em ambientes com diferentes altitudes, além de auxiliar e nortear outras pesquisas em Caatinga.