

ALCIÊNIA SILVA ALBUQUERQUE

**SAZONALIDADE DO APORTE E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO BIOLÓGICA DE
MICRONUTRIENTES EM ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA EM
PERNAMBUCO**

RECIFE

Pernambuco – Brasil

Junho – 2017

ALCIÊNIA SILVA ALBUQUERQUE

**SAZONALIDADE DO APORTE E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO BIOLÓGICA DE
MICRONUTRIENTES EM ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA EM
PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais. Área de Concentração: Ciências Florestais.

Orientador:

Prof. Dr. Fernando José Freire

Coorientador:

Prof. Dr. Mozart Duarte Barbosa

RECIFE

Pernambuco - Brasil

Junho – 2017

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

A345s Albuquerque, Alciênia Silva
 Sazonalidade do aporte e eficiência de utilização biológica de
 micronutrientes em espécies florestais da caatinga em
 Pernambuco / Alciênia Silva Albuquerque. – 2017.
 76 f. : il.

 Orientador: Fernando José Freire.
 Coorientador: Mozart Duarte Barbosa
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
 Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais,
 Recife, BR-PE, 2017.
 Inclui referências.

 1. Semiárido 2. Análise foliar 3. Essências nativas 4. Biomassa
 5. Serrapilheira 6. Nutrientes I. Freire, Fernando José, orient.
 II. Barbosa, Mozart Duarte, coorient. III. Título

CDD 634.9

ALCIÊNIA SILVA ALBUQUERQUE

**SAZONALIDADE DO APORTE E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO BIOLÓGICA DE
MICRONUTRIENTES EM ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA EM
PERNAMBUCO**

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Izabel Cristina de Luna Galindo
(Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE/PGS)
Membro Titular

Prof. Dr. Luiz Carlos Marangon
(Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE/PPGCF)
Membro Titular

Orientador:

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

RECIFE
Pernambuco - Brasil
Junho – 2017

A DEUS, por ser luz nos meus caminhos e presença constante em minha vida; a minha mãe Maria da Guia Silva Albuquerque que através de palavras e atos me incentivou a vencer os obstáculos e dificuldades que pareciam insuperáveis; a minha filha Iasmim Albuquerque Pires por majorar minha força de vontade em seguir adiante a almejar caminhos mais promissores.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por abençoar todos os dias da minha vida, iluminar meu caminho e me dar forças, saúde, sabedoria e discernimento para seguir sempre em frente.

Gratidão a minha mãe Maria da Guia Silva Albuquerque, minha tia Nilza Quintino e demais familiares pelo amor, incentivo, acolhimento e confiança a mim sempre dedicados além do apoio e cuidado em todos os dias da minha vida.

À minha filha Iasmim Albuquerque Pires, por ser meu incentivo a seguir em frente e aprender que Deus nos dá a cada dia uma página nova no livro do tempo e o que escrevemos nessas páginas fica a nossa escolha, pois tudo é possível quando se tem foco e fé.

Ao meu orientador Dr. Fernando José Freire por ser um dos responsáveis pela minha titulação, agradeço pela confiança, amizade, paciência, disponibilidade, apoio e extraordinária orientação. O senhor é um exemplo de simplicidade, compreensão e competência.

Ao coorientador Dr. Mozart Duarte Barbosa, pela grande colaboração na realização deste trabalho, além da confiança, credibilidade e amizade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela bolsa concedida.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais-PPGCF pela oportunidade de cursar o Mestrado em Ciências Florestais.

Ao LAMEP/ITEP, em especial a Wanderson dos Santos Sousa, pela confiança e disponibilização dos dados climatológicos utilizados na construção deste trabalho.

À todos os professores que fazem parte do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, em especial à Dra. Ana Lícia Patriota Feliciano (Coordenadora do programa).

Aos meus colegas da Pós-Graduação em Ciências Florestais, Fernanda Galvão, Nathan Castro, Lyanne Alencar, Jordânia Xavier, Fabiana Estigarribia, Raianny, Beto Perez, Juan Marin, Clarisse Freire, Wedson, Edson e demais, pela troca de conhecimento e amizade.

Às demais pessoas que contribuíram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho ou participaram da minha vida, e que, por ventura, eu tenha me esquecido de agradecer.

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito.”

- Chico Xavier -

Muito obrigada!

ALBUQUERQUE, ALCIÊNIA SILVA. SAZONALIDADE DO APORTE E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO BIOLÓGICA DE MICRONUTRIENTES EM ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA EM PERNAMBUCO. Orientador: Prof. Dr. Fernando José Freire. Coorientador: Prof. Dr. Mozart Duarte Barbosa. 2017. 76 p.

RESUMO

As relações entre os nutrientes presentes em espécies florestais da Caatinga e o solo são pouco estudadas, principalmente para micronutrientes. Esses nutrientes são requeridos em pequenas quantidades pelas plantas, porém são, em sua maioria, ativadores enzimáticos de complexos sistemas fisiológicos essenciais para a sustentabilidade das espécies vegetais. Estudar a eficiência nutricional desses micronutrientes pelas espécies florestais e o aporte deles na serrapilheira, relacionando-os aos ciclos de umidade e temperatura do semiárido pode gerar informações muito úteis para diversos estudos, principalmente para programas de restauração florestal. Este trabalho objetivou estimar a biomassa foliar por espécie e por área e determinar a eficiência nutricional de Cu, Fe, Zn e Mn em dez espécies de maior valor de importância em um fragmento de Caatinga hipoxerófila e monitorar seus teores e conteúdo para estudar a variabilidade mensal e avaliar a influência sazonal da precipitação e temperatura no aporte desses micronutrientes associados à serrapilheira. A coleta dos dados foi realizada em um fragmento florestal remanescente de Caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Pernambuco. Para a amostragem foliar foram coletadas folhas recém maduras do terço médio da copa das dez espécies de maior VI, provenientes dos quatro pontos cardeais de cada planta. Amostraram-se três exemplares de cada espécie no fragmento, tendo-se como critério de seleção para repetição a semelhança do porte e desenvolvimento vegetativo das espécies amostradas. Nestas folhas determinaram-se os teores de Cu, Fe, Zn e Mn. O conteúdo de nutrientes na biomassa foliar foi obtido multiplicando-se o teor pela biomassa foliar de cada espécie no fragmento. A eficiência de utilização biológica de cada nutriente nas espécies foi calculada pela razão entre a biomassa foliar da espécie e o conteúdo de nutrientes acumulado naquela biomassa. Para coleta da serrapilheira foram utilizados 15 coletores e o material vegetal foi coletado mensalmente durante um ano. A serrapilheira foi separada nas frações folha, galho, estrutura reprodutiva e miscelânea. Nessas frações determinaram-se os teores e conteúdo de Cu, Fe, Zn e Mn. As maiores biomassas foliares foram das espécies *Poincianella pyramidalis* e *Mimosa ophthalmocentra*; a eficiência de utilização biológica dos nutrientes das espécies de maior valor de importância do fragmento seguiram a seguinte ordem decrescente: Mn>Cu>Zn>Fe. Em reflorestamentos de ambientes restritivos a disponibilidade de Fe e Mn pode-se utilizar as espécies *Piptadenia stipulacea* e a *Mimosa ophthalmocentra*. Constatou-se que no ambiente de Caatinga hipoxerófila estudado, a serrapilheira constituiu importante fonte de Mn e Fe, sendo as folhas e galhos as principais frações no aporte de micronutrientes. Verificou-se ainda, aumento nos teores de Cu, Fe e Mn à medida que aumentou o volume pluviométrico. O aporte de Fe e Mn ocorreu principalmente nos meses mais úmidos e frios.

Palavras-chave: Semiárido; Análise Foliar; Essências nativas; Biomassa; Serrapilheira; Nutrientes.

ALBUQUERQUE, ALCIÊNIA SILVA. **SEASONALITY OF CONTRIBUTION AND EFFICIENCY OF BIOLOGICAL USE OF MICRONUTRIENTS IN FOREST SPECIES OF THE CAATINGA IN PERNAMBUCO.** Advisor: Prof. Fernando José Freire. Co-advisor: Prof. Dr. Mozart Duarte Barbosa. 2017. 76 p.

ABSTRACT

The relationships between the nutrients present in forest species of the Caatinga and the soil are little studied, mainly for micronutrients. These nutrients are required in small quantities by plants, but are mostly enzymatic activators of complex physiological systems essential for the sustainability of plant species. Studying the nutritional efficiency of these micronutrients by the forest species and their contribution in the litter, relating them to the humidity and temperature cycles of the semiarid can generate very useful information for several studies, mainly for forest restoration programs. This work aimed to estimate leaf biomass by species and area and to determine the nutritional efficiency of Cu, Fe, Zn and Mn in ten species of highest importance value in a hypoxerophilic Caatinga fragment and to monitor their contents and contents to study the monthly variability And evaluate the seasonal influence of precipitation and temperature on the contribution of these micronutrients associated with litter. Data collection was performed in a remnant forest fragment of Hypoxerophilic Caatinga in Arcoverde, Pernambuco. For leaf sampling, freshly mature leaves were collected from the middle third of the crown of the ten largest VI species, from the four cardinal points of each plant. Three specimens of each species were sampled in the fragment, with the selection criteria for repetition being the similarity of the size and vegetative development of the species sampled. Cu, Fe, Zn and Mn contents were determined in these sheets. The nutrient content in leaf biomass was obtained by multiplying the leaf biomass content of each species in the fragment. The efficiency of biological utilization of each nutrient in the species was calculated by the ratio between the leaf biomass of the species and the nutrient content accumulated in that biomass. Twenty collectors were used to collect the litter, and the plant material was collected monthly for one year. The litter was separated into leaf, twig, reproductive structure and miscellaneous fractions. In these fractions were determined the contents and contents of Cu, Fe, Zn and Mn. The largest leaf biomass were of the species *Poincianella pyramidalis* and *Mimosa ophthalmocentra*; The efficiency of biological utilization of the nutrients of the species of greatest importance value of the fragment followed the following decreasing order: Mn > Cu > Zn > Fe. In reforestations of restrictive environments the availability of Fe and Mn can be used the species *Piptadenia stipulacea* and *Mimosa ophthalmocentra*. It was verified that in hypoxerophilic Caatinga environments the litter constitutes an important source of Mn and Fe, the leaves and branches being the main fractions in the contribution of micronutrients. There was also an increase in Cu, Fe and Mn contents as the pluviometric volume increased. The contribution of Fe and Mn occurred mainly during the wetter and colder months.

Key-words: Biomass; Foliar analysis; Litter; Native essences; Nutrients; Semiarid

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	11
1. INTRODUÇÃO GERAL	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1. O Bioma Caatinga	15
2.2. Biomassa e eficiência nutricional na Caatinga	16
2.3. Serrapilheira e ciclagem de nutrientes	19
CAPITULO 1: FITOMASSA FOLIAR E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO BIOLÓGICA DE MICRONUTRIENTES EM ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA EM PERNAMBUCO, BRASIL	
RESUMO	21
ABSTRACT	22
1. INTRODUÇÃO.....	23
2. MATERIAL E MÉTODOS	25
2.1. Caracterização da área de estudo	25
2.2. Histórico da área	26
2.3. Descrição do fragmento	26
2.4. Espécies florestais do fragmento	29
2.5. Estimativa da biomassa foliar das espécies do fragmento	29
2.6. Amostragem e análise foliar dos nutrientes	30
2.7. Conteúdo e eficiência da utilização biológica dos nutrientes	31
2.8. Análises estatísticas	31
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
3.1. Biomassa aérea das espécies florestais da Caatinga	31

3.2. Teores de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês das espécies florestais da Caatinga	35
3.3. Conteúdo de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês das espécies florestais da Caatinga	38
3.4. Eficiência de utilização biológica de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês das espécies florestais da Caatinga	40
4. CONCLUSÕES	44
 CAPITULO 2: SAZONALIDADE DO APORTE DE MICRONUTRIENTES EM CAATINGA DE PERNAMBUCO	
RESUMO	45
ABSTRACT	46
1. INTRODUÇÃO	47
2. MATERIAL E MÉTODOS	49
2.1. Caracterização da área de estudo	49
2.2. Amostragem e coleta da serrapilheira	50
2.3. Análise dos nutrientes da serrapilheira	51
2.4. Análises estatísticas	52
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
3.1. Variação sazonal dos teores de micronutrientes na serrapilheira	53
3.2. Variação sazonal dos aporte de micronutrientes na serrapilheira	55
3.3. Correlação entre os teores e conteúdo de micronutrientes na fração folha da serrapilheira com precipitação pluviométrica e temperatura	57
4. CONCLUSÕES	61
CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 1: FITOMASSA FOLIAR E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO BIOLÓGICA DE MICRONUTRIENTES EM ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA EM PERNAMBUCO, BRASIL

Figura	Página
1 - Localização do fragmento de Caatinga no município de Arcoverde, Pernambuco	27
2 – Estimativa da biomassa foliar em kg/planta (A) e em kg/ha (B) das espécies de maior valor de importância (VI) no fragmento de Caatinga hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco	32
3 – Contraste da eficiência de espécies leguminosas em relação às espécies não leguminosas com base nas espécies de maior valor de importância (VI) do fragmento de Caatinga hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco	43

CAPITULO 2: SAZONALIDADE DO APORTE DE MICRONUTRIENTES EM CAATINGA HIPOXERÓFILA

Figura	Página
1 - Precipitação pluvial (A) e temperatura média (B) do município de Arcoverde, Pernambuco, Brasil	50
2 – Variação dos teores e conteúdo de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês na fração folha da serrapilheira com a precipitação pluvial em fragmento de Caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Pernambuco, Brasil	58
3 – Variação dos teores e conteúdo de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês na fração folha da serrapilheira com a temperatura média do ar em fragmento de Caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Pernambuco, Brasil	59

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 1: FITOMASSA FOLIAR E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO BIOLÓGICA DE MICRONUTRIENTES EM ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA EM PERNAMBUCO, BRASIL

Tabela	Página
1 – Caracterização química e física e do solo da área do fragmento de Caatinga hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco, Brasil	28
2 – Espécies de maior valor de importância no fragmento de Caatinga hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco	29
3 – Biomassa foliar em algumas florestas de Caatinga	34
4 – Teores de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês nas folhas das espécies de maior valor de importância (VI) do fragmento de Caatinga hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco, média, análise da variância e coeficiente de variação dos dados.....	35
5 – Conteúdo por espécie (mg planta^{-1}) e por área (g ha^{-1}) de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês nas folhas das espécies de maior valor de importância (VI) do fragmento de Caatinga hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco, média, análise da variância e coeficiente de variação dos dados	38
6 – Eficiência de utilização biológica de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês nas folhas das espécies de maior valor de importância (VI) do fragmento de Caatinga hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco, média, análise da variância e coeficiente de variação dos dados	41

CAPITULO 2: SAZONALIDADE DO APORTE DE MICRONUTRIENTES EM CAATINGA HIPOXERÓFILA

Tabela	Página
1 – Nomes científicos e vulgar das espécies de maior valor de importância (VI) que participaram da deposição da serrapilheira no fragmento de Caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Pernambuco, Brasil	51
2 - Aportes médios mensais das frações folha, estrutura reprodutiva, galho e miscelânea da	

serrapilheira em fragmento de Caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Pernambuco, Brasil	52
3 – Teores médios mensais de cobre, ferro, zinco e manganês nas frações estrutura reprodutiva, folha, galho e miscelânea da serrapilheira em fragmento de Caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Pernambuco, Brasil	55
4 – Aportes médios mensais de cobre, ferro, zinco e manganês nas frações estrutura reprodutiva, folha, galho e miscelânea da serrapilheira em fragmento de Caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Pernambuco, Brasil	56

1. INTRODUÇÃO GERAL

O bioma Caatinga se estende praticamente por todo o Semiárido, constituindo-se num mosaico de cactos, arbustos espinhosos e árvores lenhosas marcado por frequentes períodos secos. Embora pouco estudada, a Caatinga tem grande importância para a conservação da biodiversidade brasileira devido a sua peculiaridade biológica e ao elevado endemismo (SILVA et al., 2013).

Dessa forma, a geração de conhecimento das relações entre a vegetação da Caatinga e o solo é fundamental para entender de que maneira os nutrientes essenciais à vegetação são absorvidos, assimilados e retornam ao solo, completando um ciclo contínuo e dinâmico da ciclagem de nutrientes.

Os nutrientes minerais retirados do solo pelas raízes e essenciais para que as plantas cresçam e completem o seu ciclo de vida, são classificados em macro e micronutrientes conforme as diferentes quantidades exigidas pelas plantas. Fernandes et al. (2006) afirmaram que os macronutrientes são responsáveis por aproximadamente 99,5% da nutrição mineral das plantas e os micronutrientes por cerca de 0,5%, para um mesmo nível de importância nutricional. Além destes, é necessário a presença do carbono (C), oxigênio (O) e hidrogênio (H) que são elementos não minerais retirados do ar e da água e que constituem mais de 95% da matéria seca das plantas, (FERREIRA, 2012).

Nos últimos anos vêm-se intensificando os estudos sobre a nutrição em plantas e especialistas vêm demonstrando crescente interesse pelos micronutrientes em decorrência de sua importância para as plantas (KIRKBY e RÖMHELD, 2007; ALMEIDA et al., 2009).

Para estudos nutricionais em espécies arbóreas, aplica-se o uso da eficiência nutricional, a qual é conceituada de várias maneiras na literatura, porém os componentes mais comuns da eficiência são a absorção e a utilização de nutrientes (FAGERIA, 1998). Caldeira et al. (2004) afirmaram que uma espécie eficiente do ponto vista nutricional é aquela capaz de sintetizar o máximo de biomassa por unidade do nutriente absorvido. Outro aspecto relevante é que a quantidade de nutrientes na planta pode prognosticar a capacidade que as espécies têm em armazenar os nutrientes, definindo sua contribuição para o equilíbrio do ecossistema (ESPIG et al., 2008).

A análise da eficiência nutricional, necessita além da estimativa da biomassa foliar, a estimativa dos teores dos nutrientes foliares como indicadores do estado nutricional das plantas. A análise nutricional através dos tecidos dos vegetais permite um diagnóstico mais eficiente do estado nutricional das plantas, entretanto, Faquin (2002) e Silva (2008)

apontaram a análise foliar como sendo importante forma de estudo da diagnose nutricional, pois é no tecido foliar que ocorrem os principais processos metabólicos, sendo a folha o órgão que melhor representa o estado nutricional da planta. Veloso et al. (2004) ressaltaram ainda que, apenas a análise do solo é insuficiente para garantir um acompanhamento adequado do estado nutricional das plantas.

Logo, para o entendimento das relações solo/planta é importante conhecer a quantidade dos micronutrientes em espécies da Caatinga e seus aportes na serrapilheira da floresta, considerando-se que há uma variação destas quantidades com a sazonalidade, além de diferentes eficiências nutricionais nas espécies.

Considera-se serrapilheira todo material depositado sobre o solo pelas plantas, sendo constituída por folhas, ramos, galhos, material reprodutivo e miscelânea (MACIEL et al., 2012). No bioma Caatinga, atribui-se à serrapilheira as funções de proteger os solos contra processos erosivos, participar diretamente da ciclagem de nutrientes, ser fonte de nutrientes para os organismos edáficos, além de servir de fibra para os ruminantes nos períodos de seca (VITAL et al., 2004; CAMPOS et al., 2008).

Há também uma variabilidade na quantidade de micronutrientes nos diferentes compartimentos da serrapilheira, fazendo com que cada nutriente tenha uma contribuição específica na ciclagem. Isto se relaciona com estudos de regeneração natural e com a sustentabilidade do ambiente.

O estudo da ciclagem de nutrientes minerais através da serrapilheira é essencial para o conhecimento da estrutura e funcionamento de ecossistemas florestais, de modo que esta serrapilheira é fundamental para o retorno da matéria orgânica e dos nutrientes ao solo, sendo considerada o meio mais importante de transferência de elementos essenciais da vegetação para o solo.

Dessa forma, esse estudo objetivou estudar as relações solo/vegetação em seus aspectos nutricionais, desde o teor até a eficiência de utilização biológica dos micronutrientes Cu, Fe, Zn e Mn em diferentes espécies florestais, como também o teor e a quantidade deles na serrapilheira e a sazonalidade do aporte em função de variáveis climáticas, como precipitação pluvial e temperatura em Caatinga hipoxerófila de Pernambuco.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Bioma Caatinga

O Nordeste brasileiro abrange uma área de 1.548.672 km² (IBGE, 2004) e possui características heterogêneas nos aspectos de clima e solo, originando como resultado diferentes biomas. A Caatinga é o mais extenso, ocupando uma área de aproximadamente 844.453 km², cerca 54,53% da região Nordeste e 9,92% do território nacional, abrangendo parcialmente os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais (IBGE, 2005; BRASILEIRO, 2009).

O bioma Caatinga presente no território brasileiro possui características peculiares e importantes do ponto de vista biológico (FRANCA-ROCHA et al., 2007). A importância desse bioma Caatinga não se restringe apenas à sua elevada diversidade biológica e inúmeros endemismos, mas também por sua irregular climatologia e característica importante em estudos de plantas, invertebrados e vertebrados que se adaptam a um regime de chuvas altamente variável e estressante (FERREIRA, 2011).

Localizado no Semiárido brasileiro, o bioma constitui a vegetação do tipo Savana e predominante da região Nordeste que se caracteriza por apresentar um clima tropical semiárido. O semiárido brasileiro apresenta precipitação anual média de 800 mm, temperaturas médias anuais variando de 23°C a 27°C e é marcado pela forte insolação, temperaturas relativamente altas e regime de chuvas escasso, concentradas em curto período de tempo (SILVA et al., 2010).

É importante saber diferenciar os termos Caatinga e semiárido, porque algumas vezes equivocadamente se usa o termo Caatinga para designar uma região e o termo semiárido para caracterizar um tipo de vegetação. A Caatinga é formada por um mosaico de vegetação caducifólia e subcaducifolia, com clima e solo com características peculiares e composição florística diversificada. O semiárido é uma conotação geográfica utilizada para delimitar parte da região Nordeste brasileira de acordo com o clima (QUEIROZ, 2009).

Assim, a Caatinga está dividida em pelo menos seis tipos e 12 subtipos de vegetação, que representam gradientes de estrutura física, riqueza e diversidade de espécies, relacionados às condições fisiográficas, climáticas e antrópicas (ANDRADE-LIMA, 1981). Essa vegetação pode ser agrupada em dois grandes grupos: Caatinga hiperxerófila, composta por vegetação arbustiva e rala com forte intensidade de cactáceas e bromeliáceas; e a Caatinga hipoxerófila,

formada por vegetação arbustivo-arbórea mais ou menos densa, com ou sem cactáceas (PARAÍBA, 1985).

A Caatinga hiperxerófila é caracterizada pelos baixos índices pluviométricos, temperaturas elevadas durante a estação seca, provocando aridez. O solo é predominantemente raso e pedregoso ou com afloramentos cristalinos, inviabilizando a absorção da água (MARIANO NETO, 2001). A Caatinga hipoxerófila ocorre em áreas de características edafoclimáticas favoráveis, com uma vegetação composta por um extrato arbustivo-arbóreo de espécies caducifólias e espinhentas, além de espécies da mata úmida, conferindo-lhe um caráter de transição entre estes biomas (ALVES, 2008).

As espécies que constituem o bioma Caatinga são em geral do extrato herbáceo arbustivo, do tipo lenhosa, cactáceas e bromeliáceas, que em condições de aridez se adaptam morfológica e/ou fisiologicamente, reduzindo a área foliar, ocasionando a caducifolia, ativando os mecanismos de fechamento dos estômatos e fazendo o controle osmótico (SILVA et al., 2004; RAMALHO et al., 2009).

Numa área amostrada correspondente a 41% da Caatinga (TABARELLI et al., 2000), os botânicos identificaram quase 600 espécies lenhosas na Caatinga do total de 1.356 espécies de plantas (MAIA, 2004), em que pelo menos 318 são endêmicas (MMA, 2002).

As espécies do bioma Caatinga apresentam comportamento fisiológico específico em relação ao meio. Seus processos biológicos selecionam características adaptativas, que favorecem a flora da Caatinga resistência as condições climáticas severas da região (TROVÃO et al., 2007). A disponibilidade de água e elevadas temperaturas são fatores determinantes na adaptação das espécies, sendo o estresse hídrico fator limitante à distribuição geográfica das espécies vegetais (COSTA et al., 2010), ou seja, a diversidade da cobertura vegetal da Caatinga está, em grande parte, determinada pelos atributos climáticos, topográficos e geológicos que, em suas inúmeras interações, ocorrem em ambientes ecológicos muito variados (RODAL et al., 2008).

2.2. Biomassa e nutrição na Caatinga

Entende-se por biomassa toda massa de matéria orgânica, viva ou morta, animal ou vegetal (SILVEIRA et al., 2008). A biomassa florestal é definida por Sanquetta e Balbinot (2004) como sendo toda a biomassa existente na floresta ou apenas a fração arbórea da mesma.

A biomassa pode ser quantificada para auxiliar na determinação da ciclagem de nutrientes, fixação de C, produção energética e crescimento da floresta, sendo de fundamental importância para o planejamento florestal (TRAUTENMÜLLER, 2015).

Lima Júnior et al. (2014) mencionaram que a produção de biomassa em áreas de Caatinga tem grande variação espacial e sazonal e compreende toda a massa de matéria de origem biológica e no caso das florestas a biomassa é toda a massa existente na floresta.

A quantificação da biomassa de espécies florestais de um fragmento pode ser realizada utilizando-se modelos estimativos de regressão, que a primórdio seleciona as árvores a serem amostradas, procede-se à derrubada e a determinação da biomassa dos diferentes componentes da árvore. Posteriormente são ajustadas equações de regressão para cada um dos componentes relacionados às variáveis biométricas das árvores. Para algumas espécies e grupos de espécies, essas equações de regressão vêm sendo criadas para estimar as massas de lenha e as biomassas totais de plantas a partir de medidas como diâmetro de caule e altura (LIMA et al., 1996). Silva e Sampaio (2008) determinaram a partir do diâmetro do caule, equações alométricas que permitiram estimar as biomassas de galhos, ramos e folhas de nove espécies arbustivas e arbóreas da Caatinga.

Barbosa (2012) alerta para que o uso dessas equações seja feito com cautela, para não induzirem conclusões equivocadas. Uma grande vantagem destas equações é que elas estimam as biomassas dos compartimentos da parte aérea das plantas das florestas sem derrubá-las (NORTHUP et al., 2005).

Estudos de nutrição de plantas da Caatinga ainda são muito escassos e quando o tema abordado é nutrição envolvendo micronutrientes, os trabalhos são praticamente inexistentes, principalmente quando se objetiva quantificar o conteúdo e a eficiência nutricional destes nutrientes no bioma.

A utilização da análise foliar na diagnose do estado nutricional das plantas baseia-se no fato de existir correlação entre o crescimento e a concentração de nutrientes nos tecidos. Dessa correlação, são estabelecidos pontos limites das concentrações. Essas concentrações são observadas como 'níveis críticos' e delimitam os níveis adequados ou tóxicos dos elementos (FONTES, 2014).

Barbosa (2012) afirmou que a diagnose foliar ainda é de aplicação restrita nas plantas da Caatinga e Vieira Neto et al. (2014) acrescentaram que esta técnica atualmente é considerada uma importante ferramenta para a avaliação do estado nutricional de frutíferas.

A falta de padrões bem estabelecidos no que diz respeito a metodologias de determinações, é um dos fatores que dificulta a diagnose nutricional por meio da análise foliar

(MAGALHÃES e BLUM, 1999). Porém, Barbosa (2012) argumentou sobre a necessidade de um maior conhecimento a respeito deste método, porque no caso das árvores, por exemplo, por terem muita longevidade em uma área, a diagnose foliar, em conjunto com outras técnicas, pode corrigir possíveis problemas em plantios na recuperação de áreas.

Os micronutrientes B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn são elementos indispensáveis para o crescimento das plantas e se diferenciam dos macronutrientes por serem absorvidos em pequenas quantidades. Assim como os demais nutrientes, a deficiência de qualquer micronutriente pode provocar retardos no crescimento e desenvolvimento das plantas (FERNANDES et al., 2006). O Mo e o Fe, por exemplo, são os micronutrientes que mais contribuem para incrementar a germinação das sementes e o vigor das plântulas de mamona (OLIVEIRA et al., 2010).

A disponibilidade dos nutrientes aos vegetais pode ser influenciada pela aeração, umidade e pH do solo. A absorção é determinada por atributos fisiológicos das plantas e morfológicos da raiz (CLARKSON, 1985).

Diferentes padrões das plantas quanto à carência ou excesso de nutrientes sugerem haver controle genético da nutrição, pois a aquisição de elementos minerais do ambiente é em função da morfologia radicular e da eficiência dos mecanismos de absorção (EPSTEIN & JEFFERIES, 1984; MARSCHNER, 1986; DUNCAN & BALIGAR, 1990). A exigência nutricional de uma cultura pode sofrer variações de acordo com as fases de seu ciclo de desenvolvimento e da interação entre os nutrientes, ocorrendo inibição de certos nutrientes em ocorrência a outros (VIEIRA, 2013).

Em geral, a eficiência nutricional significa a quantidade de matéria seca gerada por unidade de nutriente utilizado, entretanto, na literatura a eficiência nutricional é definida de várias maneiras. De acordo com Epstein (1972), Clarkson & Hanson (1980) e Clark (1983) a eficiência nutricional em plantas pode ser definida como a capacidade de absorção e, ou, utilização de nutrientes. Para Clarkson (1985) a eficiência na absorção de nutrientes nada mais é que a capacidade da planta obter determinado nutriente em condições de baixa disponibilidade. Graham (1984) define eficiência como a produção de um genótipo em solo deficiente quando comparado em condições de nível ótimo de nutrientes. A eficiência nutricional é regulada pela eficiência de absorção e do nível de enraizamento, que determina a eficiência de aquisição do nutriente na planta, enquanto que a eficiência de utilização é determinada pelas eficiências de translocação e conversão do C em biomassa (BAILIAN et al., 1991).

O entendimento do sistema solo-planta se inicia com o conhecimento do processo de absorção de nutriente e conclui-se com o retorno ao solo, sendo necessário a obtenção de informações sobre o estado nutricional das folhas para subsidiar a diagnose nutricional.

2.3. Serrapilheira e ciclagem de nutrientes

Entende-se por serrapilheira a camada formada por material de origem vegetal proveniente da parte aérea das plantas, como galhos, cascas, frutos, sementes, flores e, na maioria das vezes, predominantemente folhas (ESPIG et al., 2009) e de origem animal, sob diferentes estágios de decomposição (BARBOSA; FARIA 2006).

Nos ecossistemas florestais a deposição da serrapilheira sofre interferência de vários fatores bióticos e abióticos, entre os quais se destacam clima, solo, características genéticas e fisiológicas das plantas, idade do povoamento, densidade de plantas (GONZALEZ e GALLARDO, 1982), além da temperatura e precipitação pluvial que são as variáveis climáticas que mais afetam a deposição de serrapilheira nesses ecossistemas (ESPIG et al., 2009).

A serrapilheira exerce inúmeras funções no equilíbrio e dinâmica dos ecossistemas, compreendendo a camada mais superficial do solo em ambientes florestais (Costa et al., 2010).

Em função da sua importância, tem-se procurado determinar qualitativa e quantitativamente o quanto as árvores podem contribuir para melhoria ou manutenção das condições físico-químico-biológicas do solo através da produção de serrapilheira e proporcionar maior estabilização da umidade e temperatura do solo (MACHADO et al., 2012).

Avaliar a produção de serrapilheira viabiliza a compreensão dos reservatórios e fluxos de nutrientes, já que se constitui na principal via de fornecimento de nutrientes, por meio da mineralização dos restos vegetais (SOUZA e DAVIDE, 2001). A decomposição da camada de serrapilheira sobre o solo é essencial para a constante ciclagem de nutrientes pois, além de sementes, são encontrados nutrientes, matéria orgânica e microrganismos essenciais para a recuperação da fertilidade e da atividade biológica do solo que, por sua vez, viabilizam condições propícias ao estabelecimento da vegetação (RODRIGUES et al., 2010).

Assim, o estudo da ciclagem de nutrientes minerais via deposição da serrapilheira é fundamental para o conhecimento da dinâmica dos ecossistemas florestais, sendo ela o elemento mais importante na transferência de elementos essenciais da vegetação para o solo,

podendo fornecer indicativos sobre o período em que as espécies mais aportam nutrientes ao solo e a quantidade de nutrientes mantida no sistema (ANDRADE, 1997)

Por outro lado, o conhecimento sobre o aporte de micronutrientes na serrapilheira e a liberação destes para o solo em áreas de Caatinga também constitui subsídio importante na compreensão do processo de ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais, porque essas informações são bastante escassas ou não são publicadas, fazendo-se necessário o desenvolvimento de mais pesquisas acerca do assunto.

CAPITULO I

FITOMASSA FOLIAR E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO BIOLÓGICA DE MICRONUTRIENTES EM ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA EM PERNAMBUCO

ALBUQUERQUE, ALCIÊNIA SILVA. **Fitomassa foliar e eficiência de utilização biológica de micronutrientes em espécies florestais da Caatinga em Pernambuco.** Orientador: Prof. Dr. Fernando José Freire. Co-orientador: Prof. Dr. Mozart Duarte Barbosa.

RESUMO: As relações entre os nutrientes presentes em espécies florestais da Caatinga e o solo são pouco estudadas, principalmente para micronutrientes, sendo que esses nutrientes podem ser responsáveis por uma parcela considerável do desempenho das espécies vegetais, principalmente em Caatinga hipoxerófila. Esse estudo objetivou estimar a biomassa foliar por espécie e por área e determinar a eficiência nutricional de Cu, Fe, Zn e Mn em dez espécies de maior valor de importância em um fragmento de Caatinga hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco. A coleta dos dados foi realizada em um fragmento florestal remanescente de Caatinga. Para a amostragem foliar foram coletadas folhas recém-maduras do terço médio da copa das dez espécies de maior VI. Foram amostrados três exemplares de cada espécie no fragmento. Nestas folhas foram determinados os teores de Cu, Fe, Zn e Mn. O conteúdo de nutrientes na biomassa foliar foi obtido multiplicando-se o teor pela biomassa foliar de cada espécie no fragmento. A eficiência de utilização biológica de cada nutriente nas espécies foi calculada pela razão entre a biomassa foliar da espécie e o conteúdo de nutrientes acumulado naquela biomassa. As maiores biomassas foliares foram das espécies *Poincianella pyramidalis* e *Mimosa ophthalmocentra*; a eficiência de utilização biológica dos nutrientes das espécies de maior valor de importância do fragmento seguiram a seguinte ordem decrescente: Mn>Cu>Zn>Fe. Em reflorestamentos de ambientes restritivos à disponibilidade de Fe e Mn pode-se utilizar as espécies *Piptadenia stipulacea* e a *Mimosa ophthalmocentra*.

Palavras-chave: Semiárido; Análise Foliar; Espécies nativas da Caatinga; Biomassa foliar; Nutrição florestal.

CHAPTER I

LEAF PHYTOMASS AND EFFICIENCY OF BIOLOGICAL USE OF MICRONUTRIENTS IN FOREST SPECIES OF CAATINGA IN PERNAMBUCO, BRASIL.

ALBUQUERQUE, ALCIÊNIA SILVA. **Leaf phytomass and efficiency of biological use of micronutrients in forest species of Caatinga in Pernambuco.** Advisor: Prof. Fernando José Freire. Co-advisor: Prof. Dr. Mozart Duarte Barbosa.

ABSTRACT: Relations between the nutrients in forest species of the Caatinga and the soil are little studied, mainly for micronutrients, being that these nutrients may account for a considerable portion of the performance of plant species, mainly in Hypoxerophilic Caatinga. This study aimed to estimate the leaf biomass by species and area and to determine the nutritional efficiency of Cu, Fe, Zn and Mn in ten species of highest value of importance in a Hypoxerophilic Caatinga fragment in the municipality of Arcoverde, Pernambuco. Data collection was performed in a remnant forest fragment Caatinga hypoxerophytic in Arcoverde, interior of Pernambuco. For leaf sample were collected recently-mature leaves from the middle third of the crown of the ten species of higher VI. We sampled three specimens of each species in the fragment. These leaves were determined Cu, Fe, Zn and Mn. The content of nutrients in the leaf biomass was obtained by multiplying the content of the leaf biomass of each species in the fragment. The biological utilization efficiency of each nutrient in the species was calculated by the ratio between the leaf biomass of the species and the cumulative nutrient content that biomass. The largest leaf biomasses were species *Poincianella pyramidalis* and *Mimosa ophthalmocentra*; the biological utilization efficiency of nutrient species of greatest importance value of the fragment followed the following descending order: Mn>Cu>Zn>Fe. In reforestation restrictive environments the availability of Fe and Mn can be used the *Piptadenia stipulacea* species and *Mimosa ophthalmocentra*.

Key-words: Semi-arid; Foliar analysis; Native species of the Caatinga; Leaf biomass; Forest nutrition.

1. INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga se estende por todo o Nordeste brasileiro, trata-se de conjunto de diferentes ecossistemas no qual sua flora constitui-se de um mosaico de cactos, arbustos e árvores lenhosas desenvolvidos sob condições climáticas com frequentes períodos secos.

A vegetação que constitui o bioma Caatinga é formada por espécies arbóreas e arbustivas, compreendendo principalmente árvores e arbustos de médio e baixo porte, muitas das quais desenvolveram em sua morfologia estruturas de proteção ao caule e folhas, tais como espinhos, acúleos e até mesmo tricomas urticantes (GARIGLIO et al, 2010). Sua vegetação endêmica apresenta uma ampla variação florística, representada por formações xerófilas, lenhosas, decíduas, em geral espinhosas, com presença de plantas suculentas, por razões climáticas, edáficas, topográficas e antrópicas. Essa vegetação comumente é formada de folhas pequenas, sendo uma adaptação para minimizar a transpiração (ALVES et al., 2009).

A Caatinga hiperxerófila se apresenta mais hostil à exploração devido as peculiaridades de seus recursos hídricos, edáficos e vegetativos. Por outro lado, nessa vasta formação vegetal há também ambientes hipoxerófilos, em que as relações hídricas, o solo e a vegetação são mais favoráveis a exploração antrópica. No entanto, a Caatinga vêm sendo explorada de forma desordenada e pouco planejada, impactando diretamente em seus recursos naturais, como água, solo e vegetação. A conservação deste bioma é importante para manutenção dos padrões regionais e globais de clima, solos agricultáveis, disponibilidade de água potável, e de parte importante da biodiversidade da terra (CAPOBIANCO, 2002).

Os municípios da microrregião do Sertão do Moxotó, em Pernambuco, Brasil, são constituídos de fragmentos de Caatinga hipoxerófila preservada, característicos da região e utilizados, principalmente, para pecuária semi-extensiva. Nesse ambiente, os bovinos pastam durante o dia na Caatinga e são confinados à noite.

As relações entre a vegetação e o solo na Caatinga hipoxerófila desses fragmentos são mais dinâmicas devido ao “input” dos resíduos da atividade pecuária, além da maior disponibilidade hídrica devida à formação de pequenos córregos intermitentes. Nestes ambientes, a influencia da sazonalidade na vegetação, principalmente entre períodos secos e úmidos, é bem característica devido a uma frequente variação dos atributos do solo e a nutrição das plantas. A nutrição florestal, por exemplo, se intensifica no inverno e se retrai no verão, devido à maior ou menor disponibilidade hídrica e o aporte de matéria orgânica proveniente do pastejo, permitindo uma maior ciclagem de N e proporcionando no inverno

uma vegetação exuberante. Essa exuberância demanda do solo uma quantidade maior dos demais nutrientes.

Estudos de nutrição de plantas da Caatinga ainda são muito escassos e quando o tema abordado é nutrição envolvendo micronutrientes, os trabalhos são praticamente inexistentes, principalmente quando se objetiva quantificar o conteúdo e a eficiência nutricional destes nutrientes no bioma, porém, esses nutrientes podem ser responsáveis por uma parcela considerável do desempenho das espécies vegetais, principalmente em Caatinga hipoxerófila utilizada para a atividade da pecuária semi-intensiva.

Os solos da Caatinga hipoxerófila são mais profundos e mais férteis, devido a maior umidade do ambiente. Entretanto, são solos pouco ácidos, neutros ou até mesmo alcalinos, como consequência de uma baixa remoção de cátions básicos (Ca, Mg e K) do que ácidos (H e Al). A disponibilidade dos nutrientes é influenciada, principalmente, pelo pH do solo e, particularmente, os micronutrientes catiônicos Cu, Fe, Zn e Mn têm sua disponibilidade muito reduzida quando o solo é pouco ácido, tendendo para neutro ou alcalino. Essa baixa disponibilidade dos micronutrientes do solo pode limitar o desenvolvimento das espécies vegetais e, conseqüentemente, interferir nessa exuberância e, até mesmo, na regeneração natural das espécies.

Para avaliar a nutrição florestal é necessário conhecer a biomassa foliar do povoamento. Muitos trabalhos com o objetivo de estimar a biomassa lenhosa das plantas da Caatinga foram realizados nos últimos anos (SILVA, 2006; SILVA e SAMPAIO, 2008; ALVES JR., 2010). Entretanto, a biomassa foliar é pouco abordada e estudada, sendo realizados poucos trabalhos objetivando estimar as biomassas foliares da Caatinga (COSTA et al., 2002; DRUMOND et al., 2008; MOURA et al., 2006b; SILVA e SAMPAIO, 2008).

Além da estimativa da biomassa foliar, conhecer o teor dos nutrientes nas folhas das plantas é outra importante forma de estudar a nutrição vegetal, pois os tecidos foliares expressam seu estado nutricional. Apenas o conhecimento da fertilidade dos solos é insuficiente para avaliar o estado nutricional das plantas, porém, aliado ao conhecimento dos teores dos nutrientes nas folhas, é possível obter um diagnóstico mais eficiente do estado nutricional, porque é na folha onde ocorrem os principais processos metabólicos. Assim, a utilização dos teores dos nutrientes nas folhas para diagnose do estado nutricional das plantas baseia-se no fato de existir correlação entre o crescimento e os teores dos nutrientes nos tecidos foliares. Dessa correlação, são estabelecidos limites de toxicidade para os teores.

A determinação dos teores nutricionais é importante para diagnosticar o ambiente natural circundante; servir como parâmetro de referência para o manejo de plantas da mesma

espécie com deficiências nutricionais; atuar como subsídio para recuperação de áreas degradadas que necessitam de correção de solo; além de ser importante na adoção de programas de reflorestamento com espécies florestais nativas (MEDEIROS et al., 2008).

Nos últimos anos vêm-se intensificando os estudos sobre a nutrição mineral vegetal e especialistas vêm demonstrando crescente interesse pelos micronutrientes em decorrência de sua importância para as plantas (ALMEIDA et al., 2009).

A eficiência de utilização dos nutrientes por parte das diferentes espécies florestais, procedências ou clones, é importante para auxiliar o silvicultor na escolha do material a ser usado nos reflorestamentos (CALDEIRA et al., 2004). Esta eficiência, por sua vez, varia com a idade e o ambiente, sendo influenciada pelo local e densidade das plantas (MOLICA, 1992).

A eficiência nutricional de espécies arbóreas é conceituada de várias maneiras na literatura, porém, os componentes mais comuns da eficiência são a absorção e a utilização de nutrientes (FAGERIA, 1998). Caldeira et al. (2004) afirmaram que uma espécie eficiente do ponto vista nutricional seria aquela capaz de sintetizar o máximo de biomassa por nutriente absorvido. Outro aspecto relevante é que a quantidade de nutrientes contidos na planta pode prognosticar a capacidade que as espécies têm em armazenar os nutrientes, definindo sua contribuição para o equilíbrio do ecossistema (ESPIG et al., 2008).

Assim, para o estudo da eficiência nutricional é importante estimar a biomassa foliar das espécies e calcular o conteúdo de nutrientes contidos nas folhas, por meio de seus teores nesse estrato das plantas.

Diante do exposto, esse estudo objetivou estimar a biomassa foliar por espécie e por área e determinar a eficiência nutricional de Cu, Fe, Zn e Mn em dez espécies de maior valor de importância em um fragmento de Caatinga Hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco, Brasil, e verificar a contribuição dessas espécies para a ciclagem desses micronutrientes no fragmento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

A coleta das amostras foi realizada em um fragmento remanescente de Caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Sertão de Pernambuco. O município está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, com altitudes variando entre 650 a 1.000 m.

O município de Arcoverde fica localizado na mesorregião Sertão e na microrregião Sertão do Moxotó do Estado de Pernambuco, na divisa entre o Agreste e o Sertão, distante 256 km do Recife, tendo como limites o Estado da Paraíba, ao Norte; os municípios pernambucanos de Buíque e Pedra, ao Sul; de Pesqueira, a Leste e de Sertânia, a Oeste (BELTRÃO et al., 2005).

A área da unidade é recortada por rios perenes, porém de pequena vazão e o potencial de água subterrânea é baixo. O relevo é levemente ondulado, com vales profundos e estreitos dissecados com ocorrência de afloramentos de rochas. Quanto à fertilidade dos solos, observa-se forte variação, com certa predominância de média para alta (BELTRÃO et al., 2005).

A vegetação desta unidade é formada por Florestas Subcaducifólia e Caducifólia, próprias das áreas agrestes (BELTRÃO et al., 2005).

A área de estudo apresenta clima, segundo a classificação de Köppen, do tipo Bshs', seco de estepe de baixa latitude com chuvas de outono-inverno, com temperaturas médias variando entre mínima de 12 °C a máxima de 25 °C e precipitação média anual de 1.000 mm (BELTRÃO et al., 2005). A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro/outubro.

2.2. Histórico da área

O fragmento estudado possui uma formação vegetal de Caatinga hipoxerófila e está inserido na propriedade do Sr. José Cavalcanti de Siqueira Brito que a adquiriu em 1930, e que na época de compra a área era referenciada como “Caatinga virgem” (BARBOSA, 2012).

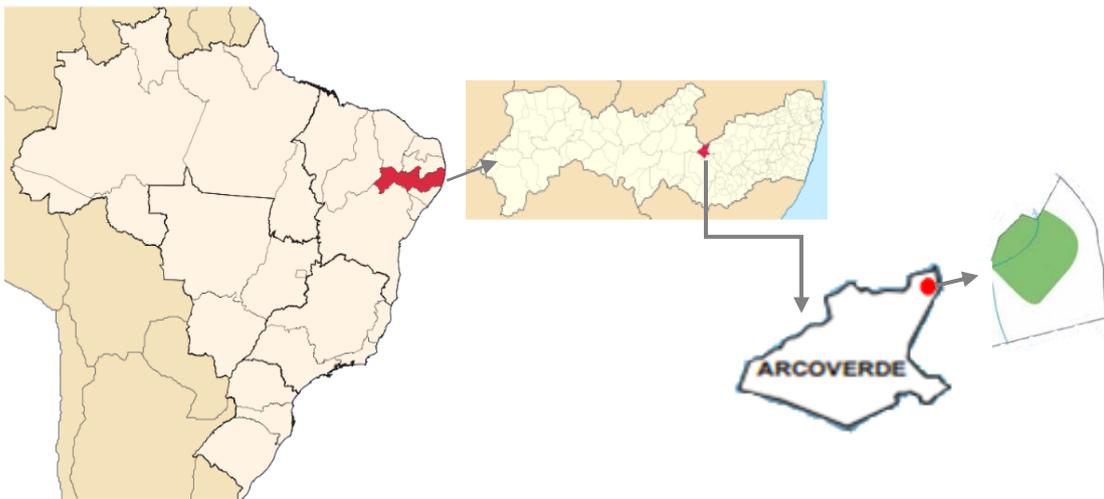
Segundo o proprietário, em 1949 a área foi desmatada e explorada por muitos anos e posteriormente foi abandonada, sendo que há 47 anos (lado noroeste) e 55 anos (lado sudeste) não sofre corte raso ou queimada e atualmente destina-se ao pastejo de bovinos, criados em regime semi-extensivo (BARBOSA, 2012).

2.3. Descrição do fragmento

O fragmento está inserido na fazenda Cavalcanti, localizada no povoado de Ipojuca, que se limita com a vila de Cimbres, em Mimoso, distrito-sede/Arcoverde e Umbuzeiro-PB (CAVALCANTI, 2010), às margens da PE 219. O fragmento localiza-se a uma latitude de

08°01'03,6'' Sul e a uma longitude de 34°56'44,1'' Oeste, distante 22 km do distrito - sede, e 3,5 km da divisa Arcoverde/Pesqueira-PE, sendo a área do remanescente de 35 ha (Figura 1).

Figura 1 – Croqui de localização do fragmento de Caatinga no município de Arcoverde, Pernambuco.



O solo do fragmento foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (Santos et al., 2006) e caracterizado quimicamente, bem como determinada sua granulometria (Tabela 1).

Para análise do solo, coletou-se amostras a duas profundidades (0-10; 10-20cm) nas quais se mediu o pH (H₂O) e determinou-se os teores de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺, (H+Al), COT e P, conforme metodologia descrita por Donagema et al. (2011). Com os resultados das análises químicas foram calculados os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions potencial (CTCpotencial), capacidade de troca de cátions efetiva (CTCefetiva), saturação por bases (V) e saturação por Al (m). Foi realizada a análise granulométrica do solo, em que se determinou as frações areia, silte e argila pelo método da pipeta adaptado por Ruiz (2004). As frações orgânicas foram determinadas conforme Mendonça e Matos (2005).

Os teores de Cu, F, Zn e Mn foram determinados por espectrometria de emissão óptica (ICP-OES/ Optima 7000 Perkin Elmer) com modo de observação duplo (axial e radial) e detector de estado sólido conforme Biondi et al. (2011).

Tabela 1- Caracterização química e física do solo da área do fragmento de Caatinga hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco

Atributo	Profundidade (m)	
	0,0-0,10	0,10-0,20
pH (H ₂ O)	5,43	5,43
Ca ²⁺ (cmolc dm ⁻³)	4,55	2,88
Mg ²⁺ (cmolc dm ⁻³)	2,78	4,60
K ⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,47	0,39
Al ³⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,10	0,08
(H +Al) (cmolc dm ⁻³)	6,81	5,86
P (mg dm ⁻³)	22,19	10,89
Fe (mg kg ⁻¹)	85,29	80,81
Cu (mg kg ⁻¹)	1,85	1,85
Zn (mg kg ⁻¹)	5,64	4,39
Mn (mg kg ⁻¹)	5,11	4,57
SB (cmolc dm ⁻³) ¹	7,80	7,87
CTC potencial (cmolc dm ⁻³) ²	14,61	13,70
CTC efetiva (cmolc dm ⁻³) ³	7,90	7,95
V (%) ⁴	53,30	57,40
m (%) ⁵	1,30	1,00
COT (g kg ⁻¹) ⁶	15,6	8,5
CO _{FAH} (g kg ⁻¹) ⁷	2,3	1,2
CO _{FAF} (g kg ⁻¹) ⁸	1,6	3,2
CO _{FH} (g kg ⁻¹) ⁹	9,9	5,5
SH (g kg ⁻¹) ¹⁰	13,8	9,9
Areia (g kg ⁻¹)	790	790
Silte (g kg ⁻¹)	100	100
Argila (g kg ⁻¹)	90	90

¹Soma de bases; ²Capacidade de troca de cátions potencial; ³Capacidade de troca de cátions efetiva; ⁴Saturação por bases; ⁵Saturação por alumínio; ⁶Carbono orgânico total; ⁷Carbono orgânico da fração ácidos húmicos; ⁸Carbono orgânico da fração ácidos fúlvicos; ⁹Carbono orgânico da fração humina; ¹⁰Substâncias húmicas.
 Fonte: Barbosa (2012); Biondi et al., (2011)

2.4. Espécies florestais do fragmento

A partir do levantamento fitossociológico realizado por Barbosa et al. (2012), foram determinadas as dez espécies de maior valor de importância (VI) do fragmento (Tabela 2) e estimada a biomassa foliar destas espécies, através de equações alométricas, utilizando como variável dependente o diâmetro à altura do peito (DAP), conforme Silva e Sampaio (2008).

Tabela 2 - Espécies de maior valor de importância no fragmento de Caatinga hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco

Espécies	Nome popular	Família	Hábito	VI ¹	N ²	DAP Médio ³
				%		cm
<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex. Benth	Jurema de imbira	Mimosaceae	Árvore	29,21	649	5,00
<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L. P. Queiroz	Catingueira	Caesalpinaceae	Árvore	26,65	436	5,69
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl	Baraúna	Anacardiaceae	Árvore	5,29	29	12,57
<i>Senegalia bahiensis</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Jurema carcará	Mimosaceae	Árvore	5,27	73	4,24
<i>Senegalia paniculata</i> (Wild) Killip	Rasga beijo	Mimosaceae	Árvore	4,59	63	3,78
<i>Croton blanchetianus</i> Baill	Marmeleiro	Euphorbiaceae	Arbusto	4,44	60	3,62
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill	Pinhão bravo	Euphorbiaceae	Arbusto	3,44	41	3,95
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	Umbuzeiro	Anacardiaceae	Árvore	2,91	4	17,63
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Wild.) Poir	Jurema preta	Mimosaceae	Árvore	2,14	18	7,73
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	Jurema avoador	Mimosaceae	Árvore	2,09	19	5,42

¹Valor de importância; ²Número de indivíduos; ³Diâmetro a altura do peito.
Fonte: Barbosa (2012).

2.5. Estimativa da biomassa foliar das espécies do fragmento

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

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

Em que: \hat{Y} : biomassa foliar (kg); 0,0681:parâmetro do modelo; DAP: diâmetro a altura do peito a 1,30 m do solo (cm); 1,5829 : parâmetro do modelo.

Para as espécies com hábito arbustivo foi utilizada a equação 2:

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

Em que: \hat{Y} : biomassa foliar (kg); 0,1900:parâmetro do modelo; DAP: diâmetro a altura do peito a 1,30 m do solo (cm); 2,0515 : parâmetro do modelo.

Foi estimada a biomassa foliar média de cada espécie (kg planta⁻¹) de maior VI, por meio do DAP médio. Para obter o DAP médio por espécie, somaram-se os DAPs de todos os indivíduos de cada espécie de maior VI, dividindo-se pelo número de indivíduos da espécie. Em seguida, para transformar a biomassa de cada espécie por área (kg ha⁻¹), multiplicou-se a biomassa pelo número de indivíduos da espécie. A biomassa foliar total da área foi estimada somando-se as biomassas de todas as espécies de maior VI (ESPIG et al., 2008).

2.6. Amostragem e análise foliar dos nutrientes

A amostragem foliar foi realizada na segunda metade do inverno, coletando-se folhas recém maduras do terço médio da copa das dez espécies arbóreas e arbustivas de maior VI do fragmento estudado (Tabela 2). Para cada uma das dez espécies foram coletadas, aleatoriamente, folhas nos quatro pontos cardeais de cada planta, retirando-se 25 folhas. Foram amostrados três exemplares de cada espécie no fragmento, tendo-se como critério de seleção para repetição a semelhança do porte e desenvolvimento vegetativo das espécies amostradas. Posteriormente, as folhas coletadas foram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas em caixa de isopor, e em seguida levadas a estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C até peso constante. Posteriormente, as folhas foram trituradas e armazenadas para as análises de Cu, Fe, Zn e Mn (MALAVOLTA et al., 1997).

Para análise dos teores dos nutrientes Cu, Fe, Zn e Mn a extração foi feita por digestão nítro-perclórica e os nutrientes dosados por Espectrofotometria de Absorção Atômica (BATAGLIA et al., 1983).

2.7. Conteúdo e eficiência da utilização biológica dos nutrientes

A determinação do conteúdo de nutrientes na biomassa foliar das espécies em kg ha^{-1} foi obtida multiplicando-se o teor do nutriente (mg kg^{-1}) pela biomassa foliar seca de cada espécie (kg planta^{-1}) no fragmento.

A eficiência de utilização biológica de cada nutriente para as dez espécies de maior VI do fragmento foi calculada pela razão entre a biomassa foliar (kg ha^{-1}) da espécie e o conteúdo (g ha^{-1}) de nutrientes acumulado naquela biomassa (ESPIG et al., 2008).

2.8. Análises estatísticas

O procedimento estatístico para estudo dos dados dos teores, conteúdos e eficiências de utilização de Cu, Fe, Zn, Mn foi a análise de variância e comparações de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, quando os efeitos foram significativos ao nível de 5% de probabilidade. Quando os coeficientes de variação (CV) apresentaram valores maiores que 30, foi realizada a transformação dos dados para \sqrt{x} . Adotou-se a técnica do contraste ortogonal para análise das diferenças das médias entre os grupos de espécies leguminosas e não leguminosas. A diferença entre as médias do contraste foi avaliada pelos testes F e t até o nível de 5% de probabilidade. Utilizou-se o SISVAR 5.6 para realização das análises estatísticas (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

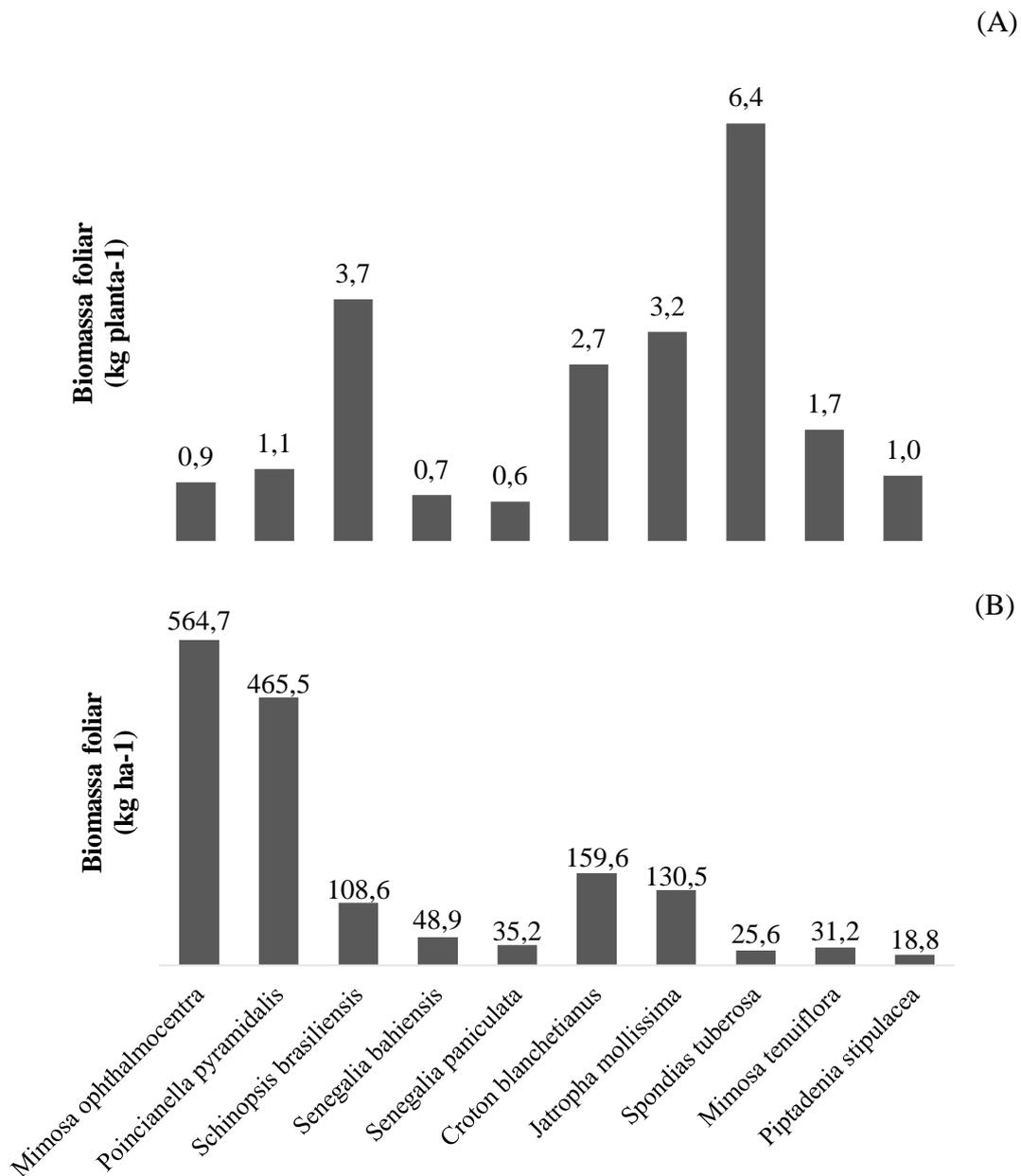
3.1. Biomassa aérea das espécies florestais da Caatinga

A biomassa foliar de cada espécie estudada no fragmento variou de 0,6 a 6,4 kg planta^{-1} . A *Spondias tuberosa* foi a espécie mais representativa em biomassa foliar, seguida da espécie arbórea *Schinopsis brasiliensis* e dos arbustos *Jatropha mollissima* e *Croton blanchetianus*. As espécies que apresentaram menor biomassa foliar foram as arbóreas *Senegalia paniculata*, *Senegalia bahiensis* e *Mimosa ophthalmocentra* (Figura 2A).

As estimativas de biomassa foliar nessa pesquisa foram realizadas conforme Silva e Sampaio (2008), que selecionaram nove espécies nativas da Caatinga para estabelecer modelos e equações alométricas, a partir do DAP. Dentre as plantas selecionadas pelos

autores, três espécies estão entre as dez espécies de maior VI neste estudo, especificamente, as duas espécies arbustivas *Croton blanchetianus* e *Jatropha mollissima* e a espécie arbórea *Poincianella pyramidalis*, além de dois gêneros: *Mimosa* e *Schinopsis* (Figura 2A).

Figura 2 - Estimativa da biomassa foliar em kg planta^{-1} (A) e em kg ha^{-1} (B) das espécies de maior valor de importância (VI) no fragmento de Caatinga hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco.



A biomassa foliar por hectare das espécies estudadas no fragmento variou de 18,8 a 564,7 kg ha^{-1} para uma biomassa total de 1.588,6 kg ha^{-1} (Figura 2B). Alves (2012) avaliando a biomassa foliar de cinco espécies de maior VI em Floresta-PE, estimou valores de $1.800 \pm$

1.100 kg ha⁻¹ nas áreas em regeneração e 4.500 ± 2.100 kg ha⁻¹ na área de Caatinga preservada. Portanto, pode-se constatar os impactos da antropização e/ou degradação desse fragmento em estudo, mesmo após algumas décadas de preservação.

Observou-se que a arbórea *Mimosa ophthalmocentra* apresentou maior quantidade de biomassa foliar (kg ha⁻¹), devido ao elevado número de indivíduos existentes no fragmento estudado (Tabela 2). Por outro lado, a arbórea jurema avoador, embora não tenha sido a espécie encontrada em menor quantidade no fragmento (Tabela 2), foi a que apresentou menor valor de biomassa foliar (Figura 2B) devido ao baixo valor de DAP aferido nas plantas avaliadas.

As espécies que tiveram as maiores biomassas estimadas (kg ha⁻¹) foram *Mimosa ophthalmocentra* e *Poincianella pyramidalis*, seguidas da *Croton blanchetianus*, *Jatropha mollissima* e *Schinopsis brasilienses* (Figura 2B). A *Poincianella pyramidalis*, considerada a mais frequente nos levantamentos de Caatinga (SAMPAIO et al., 2006), e a *Mimosa ophthalmocetra* são espécies que possuem muita resistência à seca e boa capacidade de competição por luz, justificando o grande número de indivíduos (Tabela 2) e, conseqüentemente, maior biomassa em relação às demais espécies de maior VI do fragmento (Figura 2B).

Observou-se uma variação de biomassa (kg planta⁻¹) entre as espécies que pode ser atribuída às características fisiológicas e morfológicas dos indivíduos, à idade do povoamento, à fertilidade dos solos, às perturbações e ao manejo empregado na área. Cummings et al. (2002) citaram o tipo de solo, clima, topografia, regeneração natural e impacto humano, como fatores que também podem influenciar a biomassa em florestas tropicais. Medeiros et al. (2008) também encontraram variação na biomassa aérea em plantas da Caatinga. Barbosa (2012) complementou que a variação dos fatores ambientais, como hidrologia, também podem influenciar a biomassa aérea das espécies florestais, corroborando com Sampaio e Freitas (2008), ao afirmarem que a biomassa total em áreas de Caatinga é função, principalmente da disponibilidade de água.

As estimativas da biomassa foliar (kg planta⁻¹) das espécies *Mimosa ophthalmocentra* e *Jatropha mollissima* foram superiores às estimativas de biomassa para essas mesmas espécies realizadas por Alves (2012) em área de Caatinga em regeneração, permitindo inferir que esse fragmento, embora possua vestígios de degradação, está em estado adiantado de recuperação, certamente em virtude do tempo sem interferência antrópica, além das melhores condições edafoclimáticas do município de Arcoverde-PE, quando comparado ao município de Floresta-PE, onde Alves (2012) realizou sua pesquisa.

Em Arcoverde, o ambiente é mais úmido e a Caatinga é hipoxerófila, enquanto que em Floresta, o ambiente é mais seco e a Caatinga é hiperxerófila. Adicionalmente, o fragmento de Arcoverde tem maior aporte de N, com um teor no solo de 76,94 g kg⁻¹ (BARBOSA, 2012), enquanto que o fragmento preservado em Floresta no período chuvoso apresentou teor de N variando de 3,1 a 18,6 g kg⁻¹ (ALVES, 2012). Esse maior aporte de N no fragmento em Arcoverde pode ter sido devido a atividade de pecuária semi-extensiva existente na área, favorecendo um maior crescimento e desenvolvimento das espécies. É provável que a regeneração nesse ambiente seja mais rápida do que em Caatinga hiperxerófila sem aporte adicional de N.

A biomassa foliar (kg ha⁻¹) das dez espécies de maior VI do fragmento em estudo diferiu de outras florestas de Caatinga (Tabela 3), provavelmente pelas diferentes condições de manejo ou pelos métodos adotados em cada estudo. Por exemplo, Alves (2012) amostrou três árvores representativas da circunferência média de cada classe. Metodologia semelhante foi usada por Moura et al. (2006a), ao determinarem a biomassa de *Mimosa caesalpiniaefolia*, amostrando fustes de forma proporcional ao tamanho do povoamento e conforme as classes diamétricas. Araújo et al. (2004), quantificaram a biomassa da espécie amostrando 30 plantas do povoamento. Drumond et al. (2008) estimaram a biomassa utilizando valores percentuais médios obtidos com base no peso da matéria seca de espécies nativas plantadas.

Tabela 3 - Biomassa foliar em algumas florestas de Caatinga do estado de Pernambuco

Local	Biomassa Mg ha ⁻¹	Fonte
Fragmento de Caatinga hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco.	1,58	Este estudo
Campo experimental da Embrapa Semiárido, Município de Petrolina, PE.	12,00	Drumond et al. (2008)
Área de Caatinga em regeneração no município de Floresta-PE.	1,8 ± 1,1	Alves (2012)
Área de Caatinga preservada no município de Floresta-PE.	4,5 ± 2,1	Alves (2012)
Estação Experimental de Itambé, PE (Povoamento <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> I).	0,73	Moura et al. (2006a)
Estação Experimental de Itambé, PE (Povoamento <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> II).	0,50	Moura et al. (2006a)
Povoamento experimental de <i>Mimosa tenuiflora</i>	2,9	Araújo et al. (2004)

De maneira geral, pode-se observar que embora as metodologias sejam diferentes, encontrou-se neste estudo resultados próximos aos encontrados nessas outras pesquisas em fragmentos de Caatinga, com exceção apenas dos valores encontrados por Drumond et al. (2008) que foram superiores aos demais estudos, provavelmente por se tratar de uma área em que a maioria das espécies avaliadas são exóticas e estas possuem menor número de inimigos naturais, apresentando vantagem competitiva quanto às características silviculturais.

3.2. Teores de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês das espécies florestais da Caatinga

Os teores de Fe, Zn e Mn nas folhas das dez espécies de maior VI no fragmento variaram com a espécie e os de Cu, independeram da espécie (Tabela 4).

Tabela 4 - Teores de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês nas folhas das espécies de maior valor de importância (VI) do fragmento de Caatinga hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco, média, análise da variância e coeficiente de variação dos dados

ESPÉCIE	Cu	Fe	Zn	Mn
	----- mg kg ⁻¹ -----			
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	15,80	93,68 B	24,22 B	12,35 C
<i>Poincianella pyramidalis</i>	22,92	112,48 B	28,67 B	10,77 C
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	15,82	96,60 B	29,38 B	19,15 B
<i>Senegalia bahiensis</i>	15,22	98,53 B	22,20 B	12,35 C
<i>Senegalia paniculata</i>	17,37	117,45 B	84,03 A	20,28 B
<i>Croton blanchetianus</i>	17,62	106,05 B	102,47 A	40,88 A
<i>Jatropha mollissima</i>	15,62	558,20 A	35,22 B	23,82 B
<i>Spondias tuberosa</i>	14,85	199,05 B	26,90 B	17,35 B
<i>Mimosa tenuiflora</i>	13,25	110,07 B	30,72 B	11,38 C
<i>Piptadenia stipulacea</i>	13,42	111,27 B	38,63 B	7,15 C
Média	16,20	160,34	43,24	17,55
F _{calculado}	1,16 ^{ns}	4,91**	4,30**	12,95***
CV (%)	27,42	25,28	21,22	26,50

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. ** e *** significativos a 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns} não significativo.

O teor dos nutrientes na biomassa foliar das dez espécies de maior VI avaliadas no fragmento obedeceu a seguinte ordem decrescente: Fe>Zn>Mn>Cu (Tabela 4).

Em média, o Fe foi o micronutriente com maior teor entre as espécies de maior VI, com um valor médio de 160,34 mg kg⁻¹ (Tabela 4), demonstrando que as plantas tiveram mais facilidade de absorção desse nutriente. Em solos bem desenvolvidos, como os Argissolos, os

teores disponíveis de Fe são maiores do que os dos demais micronutrientes (Tabela 1), porque, em sua evolução natural esses solos concentraram uma grande quantidade de óxidos de Fe.

O maior teor de Fe foi encontrado na espécie *Jatropha mollissima* (Tabela 4). As espécies podem ter diferentes teores de nutrientes nas folhas por dois motivos: podem ser mais eficientes em absorver determinado nutriente por ser mais requerido no metabolismo; ou podem concentrar nas folhas uma maior quantidade do nutriente, porque algumas produzem mais biomassa do que outras, fazendo com que haja uma concentração do nutriente.

No caso do teor de Fe nesse estudo, houve diferença entre as espécies por esses dois motivos. A espécie *Jatropha mollissima* tinha uma menor biomassa foliar individual do que as espécies *Spondia tuberosa* e *Schinopsis brasiliensis* (Figura 2A), fazendo com que a diferença entre os teores destas espécies tenha sido porque o Fe se concentrou na menor biomassa da espécie *Jatropha mollissima*. Por outro lado, essas espécies produziram mais biomassa individualmente do que as demais espécies (Figura 2A) e, mesmo assim, os teores de Fe foram maiores na *Jatropha mollissima* (Tabela 4) inferindo que provavelmente essa seja uma espécie que tem uma elevada demanda por Fe e, portanto, absorveu mais esse micronutriente do que as demais.

Em média o teor de Zn foi de 43,24 mg kg⁻¹, maior do que os de Mn e Cu (Tabela 4). Têm-se verificado que altos teores de P induzem deficiência de Zn (DEON, 2007), porém, neste estudo esse comportamento não foi constatado, porque Barbosa (2012) também encontrou altos teores de P nas mesmas plantas. Adicionalmente, o solo do fragmento apresentou teores elevados de P, principalmente na camada superficial (Tabela 1).

Para os teores de Zn, assim como para Fe, a diferença entre as espécies pode ter sido por efeito de concentração e também maior capacidade de absorção do nutriente. A espécie *Senegalia paniculata* foi a que produziu menos biomassa individualmente (Figura 2A) e, portanto, o Zn absorvido se concentrou nessa pouca biomassa produzida, fazendo com que o teor de Zn desta espécie tenha sido superior ao das demais, com exceção apenas da *Croton blanchetianus* (Tabela 4). Por outro lado, a espécie *Croton blanchetianus* mesmo tendo produzido 4,5 vezes mais biomassa do que a *Senegalia paniculata* (Figura 2A), seu teor de Zn não se diferenciou estatisticamente dessa espécie (Tabela 4). Isso sugere a elevada demanda da *Croton blanchetianus* por Zn.

Com relação aos teores de Mn, as espécies se diferenciaram mais do que para os teores de Fe e Zn (Tabela 4). Nesse caso a diferença entre elas parece ser mais por diferença de demanda do que por efeito de concentração ou diluição. A espécie *Croton blanchetianus*

demandou mais Mn do que as demais, comportamento semelhante ao observado para o Zn (Tabela 4).

Conclusivamente pode-se inferir que a espécie *Jatropha mollissima* foi exigente em Fe e a espécie *Croton blanchetianus* em Zn e Mn. Assim, ambientes pobres em Fe podem comprometer a regeneração, crescimento e desenvolvimento da espécie *Jatropha mollissima* e ambientes pobres em Zn e Mn são restritivos para o desenvolvimento da espécie *Croton blanchetianus*.

Variações nos teores de nutrientes corroboram com Viégas et al. (1992), ao avaliarem concentrações dos micronutrientes Fe e Mn nas folhas da *Hevea brasiliensis*. Medeiros (2008) que também observou variação de Mn nas espécies *Tabebuia serratifolia*, *Aspidosperma pyriformium*, *Tabebuia caraíba* e *Astronium urundeuva*, obteve teores mais elevados nas folhas do que nos galhos.

É importante destacar que o Mn é um micronutriente de importância fundamental na cadeia de transporte de elétrons durante a fotossíntese, ou seja, na deficiência do Mn a fotossíntese é prejudicada. Fernandes (2006) afirmou que, nas condições de bom suprimento de Mn, as folhas acumulam altas concentrações, conforme a idade da planta.

Quanto aos teores de Cu, não ocorreram diferenças significativas entre as espécies. Fernandes (2006) relatou que as plantas raramente apresentam deficiências de Cu, devido à disponibilidade adequada do elemento na maioria dos solos. O autor acrescentou ainda que a deficiência do nutriente é a mais difícil de diagnosticar, devido à interferência de outros elementos como Fe e Zn.

Essas diferenças nos teores de micronutrientes entre as espécies podem ser atribuídas tanto à idade dos indivíduos quanto à disponibilidade de nutrientes do solo, que interfere diretamente na absorção das espécies. Num mesmo sítio, os teores dos nutrientes podem indicar uma eficiência de absorção diferenciada entre as espécies e, em sítios distintos, comparando-se a mesma espécie, podem indicar a qualidade do sítio (ESPIG et al., 2008).

Em locais mais restritivos, as espécies tendem a apresentar uma maior capacidade de absorção, otimizando os nutrientes que são colocados à disposição. Os teores dos nutrientes, segundo alguns autores, podem indicar a demanda nutricional das espécies, quando num mesmo sítio (VITOUSEK e SANFORD, 1986). Os elevados teores de nutrientes encontrados nas plantas parece ser uma questão de necessidade nutricional, porém, Clarkson (1985) afirmou ser uma maior eficiência de absorção das espécies, principalmente em sítios com déficit de nutrientes.

Mesmo tendo sido construída para espécies de florestas plantadas, a tabela de níveis críticos de micronutrientes proposta por Faquin (2002), quando utilizada para avaliar os teores de Cu, Fe, Zn e Mn desse estudo, aponta que esses nutrientes estão dentro da faixa adequada.

Esses teores adequados podem ter sido em função do pH do solo do fragmento (Tabela 1) que proporcionou maior disponibilidade e conseqüentemente maior absorção, diferenciando as espécies pela capacidade de absorver e acumular esses micronutrientes. Entre os fatores que afetam a disponibilidade dos nutrientes no solo o pH é um dos mais importantes (DIAS et al., 2012) e exerce grande influência na disponibilidade dos micronutrientes (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). A faixa de pH 5,5-6,5 é a mais favorável para o crescimento das plantas, visto que nesta faixa a disponibilidade é máxima para os macronutrientes e não limitante para os micronutrientes (FAQUIN, 2005). As plantas que preferem um pH muito baixo são sensíveis à falta de micronutrientes, especialmente manganês, ferro e zinco (PRIMAVESI, 2002).

3.3. Conteúdo de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês das espécies florestais da Caatinga

Os conteúdos médios por espécie de Cu, Fe, Zn e Mn nas dez espécies de maior VI foram de 34,51; 432,69; 88,03; 43,58 mg planta⁻¹, respectivamente e obedeceram a seguinte ordem decrescente: Fe>Zn>Mn>Cu (Tabela 5).

Tabela 5 - Conteúdo por espécie (mg planta⁻¹) e por área (g ha⁻¹) de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês nas folhas das espécies de maior valor de importância (VI) do fragmento de Caatinga hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco, média, análise da variância e coeficiente de variação dos dados

ESPÉCIE	Cu	Fe	Zn	Mn
	----- mg planta ⁻¹ -----			
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	13,75 C	81,51 B	29,77 C	10,74 C
<i>Poincianella pyramidalis</i>	24,47 C	120,08 B	30,60 C	11,49 C
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	59,21 B	361,63 B	110,00 C	71,70 B
<i>Senegalia bahiensis</i>	10,20 C	66,04 B	14,88 C	8,28 C
<i>Senegalia paniculata</i>	9,70 C	65,63 B	46,96 C	11,33 C
<i>Croton blanchetianus</i>	46,87 B	282,13 B	272,60 A	108,76 A
<i>Jatropha molíssima</i>	49,69 B	1776,08 A	112,05 C	75,78 B
<i>Spondias tuberosa</i>	94,97 A	1272,92 A	172,03 B	110,95 A

Continua...

...Continuação

ESPÉCIE	Cu	Fe	Zn	Mn
	----- mg planta ⁻¹ -----			
<i>Mimosa tenuiflora</i>	2298 C	190,85 B	53,26 C	19,74 C
<i>Piptadenia stipulacea</i>	13,28 C	109,99 B	38,19 C	70,07 C
Média	34,51	432,69	88,03	43,58
F _{calculado}	10,43***	4,86 ***	7,78***	18,60***
CV (%)	17,19	36,34	21,78	16,18
	----- g ha ⁻¹ -----			
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	8,92 A	52,90 A	19,32 A	6,98 A
<i>Poincianella pyramidalis</i>	10,67 A	52,36 A	13,34 A	5,01 A
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	1,72 B	10,49 B	3,19 B	2,08 C
<i>Senegalia bahiensis</i>	0,74 B	4,82 B	1,08 B	0,60 D
<i>Senegalia paniculata</i>	0,61 B	4,14 B	2,96 B	0,71 D
<i>Croton blanchetianus</i>	2,81 B	16,93 B	16,35 A	6,52 A
<i>Jatropha mollissima</i>	2,04 B	72,82 A	4,59 B	3,10 C
<i>Spondias tuberosa</i>	0,38 B	5,09 B	0,69 B	0,44 D
<i>Mimosa tenuiflora</i>	0,41 B	3,43 B	0,96 B	0,35 D
<i>Piptadenia stipulacea</i>	0,25 B	2,09 B	0,73 B	0,40 D
Média	2,85	22,51	6,32	2,59
F _{calculado}	27,94***	12,79***	17,68***	26,39***
CV (%)	16,71	22,48	20,85	34,72

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. *** significativo a 0,1% de probabilidade.

Observou-se que a espécie *Spondias tuberosa* apresentou maiores conteúdos de Cu, Fe e Mn em relação as demais espécies, já a espécie arbustiva *Jatropha mollissima* apresentou maior conteúdo de Fe, enquanto que os conteúdos de Zn e Mn se sobressaíram na *Croton blanchetianus* (Tabela 5). Essa diferença pode ser atribuída à elevada produção de biomassa das espécies *Spondias tuberosa* e *Croton blanchetianus* (Figura 2A), no caso da *Jatropha mollissima* devido ao elevado teor de Fe encontrado na espécie (Tabela 4).

Para os conteúdos de Cu, Fe, Zn e Mn nas dez espécies de maior VI por hectare foram constatados valores médios de 2,85; 22,51; 6,32; 2,59 g ha⁻¹, respectivamente (Tabela 5) e obedeceram a seguinte ordem decrescente: Fe>Zn>Cu>Mn. Mesmo o teor de Cu tendo sido menor, em média, do que o de Mn (Tabela 4), a quantidade de Cu armazenada na biomassa

foliar das espécies foi maior do que a de Mn (Tabela 5). O que ocorreu é que espécies com uma maior produção de biomassa por área (Figura 2B) tiveram maiores teores de Cu do que Mn (Tabela 4) e como o conteúdo por área é o produto do teor pela biomassa, essa inversão pode ocorrer, principalmente quando se avalia muitas espécies.

O conteúdo de Fe foi o maior dentre os micronutrientes avaliados, tendo uma variação de 2,09 a 72,82 g ha⁻¹, tendo uma média de 22,51 g ha⁻¹, nas dez espécies de maior VI no fragmento estudado (Tabela 5).

A quantidade de nutrientes estocada por área em um fragmento pode ser dependente da biomassa total produzida pelas espécies de maior valor de importância. As espécies *Mimosa ophthalmocentra* e *Poincianella pyramidalis* apresentaram os maiores conteúdos de Cu, Fe, Zn e Mn (Tabela 5), mesmo não tendo sido as espécies que tiveram os maiores teores destes nutrientes (Tabela 4), porém foram as que mais produziram biomassa foliar por área no fragmento (Figura 2B). Assim, o maior estoque de um nutriente por uma espécie não significa que ela seja necessariamente muito exigente nesse nutriente. O requerimento de um nutriente por uma espécie está mais relacionado com o teor do que com o conteúdo, desde que os efeitos de concentração e diluição sejam devidamente considerados. Por exemplo, a espécie *Jatropha molíssima* estocou mais Fe do que a *Croton blanchetianus* por área (Tabela 5). Nesse caso o estoque de Fe nas folhas não dependeu da biomassa produzida, porque a *Croton blanchetianus* produziu mais biomassa por área do que a *Jatropha molíssima* (Figura 2B). Nesse caso, o teor de Fe dessa espécie foi tão elevado (Tabela 4) que superou sua menor produção de biomassa, confirmando sua elevada demanda por Fe.

O conteúdo de nutrientes nos compartimentos das espécies vegetais é uma informação utilizada em florestas plantadas, auxiliando no planejamento adequado de fertilizações através do prognóstico de nutrientes exportados durante a remoção de compartimentos comerciais (ESPIG et al., 2008).

Os conteúdos de nutrientes nas espécies florestais condizem com a capacidade de suporte da planta, contribuindo para o equilíbrio do ecossistema, porque esse armazenamento de nutrientes é devolvido aos sítios através da ciclagem de nutrientes, fertilizando os ambientes florestais.

3.4. Eficiência de utilização biológica de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês das espécies florestais da Caatinga

A eficiência de utilização biológica dos nutrientes Fe, Zn e Mn diferiu entre as espécies de maior VI (Tabela 6). Quanto ao Cu, embora a eficiência de utilização biológica tenha variado de 47,77 a 89,63 kg g⁻¹, a eficiência de utilizar Cu não diferiu estatisticamente entre as espécies. Essa variação na eficiência entre as espécies pode estar relacionada à fertilidade e disponibilidade de nutrientes no solo, ou mesmo a uma característica específica das espécies.

Tabela 6 - Eficiência de utilização biológica de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês nas folhas das espécies de maior valor de importância (VI) do fragmento de Caatinga hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco, média, análise da variância e coeficiente de variação dos dados

ESPÉCIE	Cu	Fe	Zn	Mn
	----- kg g ⁻¹ -----			
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	64,00	11,09 A	29,26 A	86,54 B
<i>Poincianella pyramidalis</i>	47,77	9,16 A	35,47 A	99,38 B
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	63,63	10,42 A	34,36 A	55,28 C
<i>Senegalia bahiensis</i>	66,33	10,28 A	46,65 A	83,64 B
<i>Senegalia paniculata</i>	57,97	8,54 A	14,79 B	52,49 C
<i>Croton blanchetianus</i>	65,70	9,98 A	13,64 B	24,72 C
<i>Jatropha mollissima</i>	67,38	2,38 B	28,51 A	42,70 C
<i>Spondias tuberosa</i>	74,00	7,16 B	38,04 A	64,18 C
<i>Mimosa tenuiflora</i>	89,63	9,71 A	33,22 A	93,80 B
<i>Piptadenia stipulacea</i>	75,20	9,26 A	25,91 A	149,11 A
Média	67,16	8,80	29,98	75,19
F _{calculado}	0,81 ^{ns}	3,70**	5,96***	5,45***
CV (%)	14,99	25,65	23,91	16,09

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. ** e *** significativos a 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns} não significativo.

De maneira geral, em média, o Fe foi o nutriente utilizado pelas espécies com menor eficiência e o Mn com maior, ou seja, se produziu mais biomassa na Caatinga com pouco Mn e muito Fe (Tabela 6).

Agrupando-se os nutrientes em ordem decrescente de eficiência de utilização biológica pelas espécies, constatou-se que: Mn>Cu>Zn>Fe. Essa é uma ordem decrescente inversa ao que se observou para conteúdo. Isso significa que quanto maior for o estoque de um nutriente

para uma determinada produção de biomassa, menos eficiente poderá ser a espécie em relação àquele nutriente.

Outro aspecto muito interessante é que a eficiência de utilização biológica é um critério de maior ou menor exigência nutricional da espécie por um determinado nutriente. Por exemplo, a eficiência de utilização biológica do Fe variou de 2,38 a 11,09 kg g⁻¹, com uma média de 8,80 kg g⁻¹, sendo as espécies menos eficientes a *Jatropha mollissima* e a *Spondias tuberosa* (Tabela 6). A espécie *Jatropha mollissima* foi muito exigente em Fe (Tabela 4), mas não converteu essa exigência em biomassa, sendo pouco eficiente na utilização desse nutriente. Em ambientes com baixa disponibilidade de Fe, as espécies *Jatropha mollissima* e *Spondias tuberosa* não são indicadas para revegetarem esse tipo de ambiente.

Quanto à eficiência de utilização biológica do Zn, os valores diferiram significativamente apenas para as espécies *Senegalia paniculata* e *Croton blanchetianus*, que foram menos eficientes na utilização do nutriente em relação às demais espécies (Tabela 6). Portanto, não devem ser indicadas para ambientes com restrição na disponibilidade de Zn. Os valores da eficiência de utilização biológica de Mn foram os que tiveram as maiores variações entre as espécies, com eficiências variando entre 24,72 a 149,11 kg g⁻¹, sendo a espécie *Piptadenia stipulacea* a mais eficiente na utilização do Mn e a espécie *Croton blanchetianus* uma das menos eficientes (Tabela 6). Essa espécie foi muito exigente em Mn (Tabela 4), porém não converteu essa exigência em biomassa foliar (Figura 2 A e B).

Barbosa (2012) ressaltou que esse valor de eficiência de utilização biológica de nutrientes é um indicativo da capacidade das espécies em constituir-se em ambientes restritivos a determinados nutrientes.

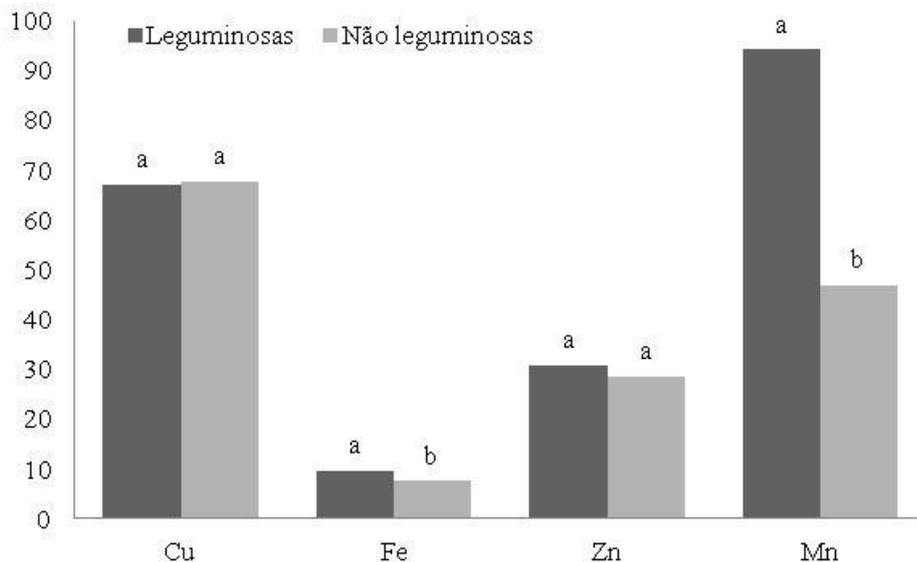
Neste fragmento, especificamente, constatou-se que as espécies *Jatropha mollissima* e *Spondias tuberosa* não são indicadas para revegetarem adequadamente uma área que tenha restrição na disponibilidade de Fe e Mn, pela baixa eficiência dessas espécies, que para produzirem biomassa exigem maiores quantidade destes nutrientes. Como sugestão em programas de reflorestamento de Caatinga, quando se constatar restrição de Fe e Mn no solo, espécies como *Piptadenia stipulacea* e *Senegalia bahiensis* podem ser indicadas para esses ambientes por apresentarem elevada eficiência de utilização biológica.

A eficiência nutricional das espécies diz respeito à capacidade de utilização dos nutrientes para produção de biomassa foliar, sendo esta eficiência específica para cada nutriente e de acordo com as necessidades fisiológicas essenciais de cada espécie (GRAHAM, 1984). Assim, é recomendável priorizar espécies com maior eficiência de absorção em solos

menos férteis e, em solos de maior fertilidade, espécies mais eficientes na utilização de nutrientes (MOLICA, 1992).

Para avaliar a eficiência nutricional de espécies leguminosas versus não leguminosas para cada micronutriente estudado foi realizado um contraste ortogonal (Figura 3). As espécies leguminosas são encontradas em praticamente todos os ambientes terrestres, e um fator que favorece a adaptação dessas espécies é a associação com bactérias fixadoras de N do ar atmosférico, através de nódulos existentes em seus sistemas radiculares (QUEIROZ, 2009).

Figura 3 - Contraste da eficiência de espécies leguminosas em relação às espécies não leguminosas com base nas espécies de maior valor de importância (VI) do fragmento de Caatinga hipoxerófila no município de Arcoverde, Pernambuco.



A fixação simbiótica do N atmosférico (FBN) pelas leguminosas pode explicar a maior concentração do Fe e Mn na planta.

O Fe participa diretamente na formação da clorofila, transporte eletrônico na fotossíntese, fixação de N₂ e por isso o sítio preferencial de ocorrência desse nutriente é as folhas (LARCHER, 2000). O Mn é considerado um dos micronutrientes de maior acúmulo em determinadas espécies e famílias (NASCIMENTO et al., 2014) como é o caso nas leguminosas. Assim, o Mn e o Fe são micronutrientes importantes ao metabolismo da planta, agindo como constituintes de enzimas, ativadores enzimático e transportadores de elétrons na fotossíntese (MARSCHNER, 1995). Para acontecer a FBN a simbiose rizobio-leguminosa forma nódulos radiculares. Como simbiontes intracelulares a bactéria fixa o N₂ atmosférico utilizando o Mo como proteína da nitrogenase e o Fe e Mn como ativadores enzimáticos e fornece o N fixado para a planta.

4. CONCLUSÕES

As espécies com maior produção de biomassas foliares por hectare na área de caatinga hipoxerófila foram *Mimosa ophthalmocentra* e *Poincianella pyramidalis*, contudo, *Schinopsis brasilienses* e *Spondias tuberosa* produziram maior valor de biomassa individual;

O conteúdo de utilização biológica dos nutrientes foi uma variável influenciada pela quantidade de indivíduos na área, não sendo a variável mais indicada em estudos de diagnose nutricional de plantas.

As espécies *Jatropha mollissima* e *Spondias tuberosa* não são indicadas para ambientes restritivos à disponibilidade de Fe; *Senegalia paniculata* e *Croton blanchetianus* não são indicadas para ambientes com restrição à disponibilidade de Zn; *Croton blanchetianus* não é indicada para ambientes restritivos à disponibilidade de Mn.

Piptadenia stipulacea e *Mimosa ophthalmocentra* podem ser indicadas para ambientes restritivos a disponibilidade de Fe e Mn;

Espécies Leguminosas são mais eficientes em utilizar Fe e Mn do solo.

CAPITULO II

SAZONALIDADE DO APORTE DE MICRONUTRIENTES EM CAATINGA DE PERNAMBUCO

ALBUQUERQUE, ALCIÊNIA SILVA. **Sazonalidade do aporte de micronutrientes em Caatinga de Pernambuco.** 2017. Orientador: Prof. Dr. Fernando José Freire. Co-orientador: Prof. Dr. Mozart Duarte Barbosa.

RESUMO: A serrapilheira é um dos principais indicadores para avaliação da nutrição mineral, sendo sua deposição o estágio inicial da ciclagem de nutrientes. As variáveis climáticas, como precipitação pluviométrica e temperatura podem influenciar a deposição de serrapilheira e o aporte de nutrientes, interferindo nos ciclos naturais da ciclagem nutricional. Informações de aporte de nutrientes em Caatinga são poucas e para micronutrientes são ainda mais escassas, principalmente quando relacionados aos ciclos climáticos da região semiárida do Nordeste. Assim, este trabalho objetivou monitorar os teores e conteúdo dos micronutrientes Cu, Fe, Zn e Mn para estudar a variabilidade mensal e avaliar a influência sazonal da precipitação pluvial e temperatura no aporte desses micronutrientes associados à serrapilheira. A coleta das amostras foi realizada em um fragmento de Caatinga hipoxerófila localizada no município de Arcoverde, em Pernambuco. Foram obtidos dados de precipitação pluvial e temperatura do ar no Laboratório de Meteorologia do Instituto de Tecnologia de Pernambuco. A coleta de serrapilheira foi realizada mensalmente durante doze meses, utilizando-se 15 coletores de madeira instalados no centro de parcelas de 10 x 25 m. O material coletado foi separado em quatro frações: folha; estrutura reprodutiva; galho; e miscelânea. Foram determinados os teores de Cu, Fe, Zn e Mn nas frações da serrapilheira, calculado o conteúdo de Cu, Fe, Zn e Mn nas frações e estimado o aporte médio mensal dos micronutrientes. Constatou-se que o Mn foi fundamental na ciclagem nutricional em ambientes de floresta seca, sendo a miscelânea e, principalmente, as folhas, as principais frações na ciclagem de nutrientes. Verificou-se ainda, aumento nos teores de Cu, Fe e Mn à medida que aumentou o volume pluviométrico. A ciclagem de Fe e Mn ocorreu principalmente nos meses mais úmidos e frios.

PALAVRAS-CHAVE: Nutrição florestal; Serrapilheira; Floresta seca; Variabilidade climática.

CHAPTER II

SEASONALITY OF CONTRIBUTION OF MICRONUTRIENTS IN THE LITTER IN CAATINGA FROM PERNAMBUCO

ALBUQUERQUE, ALCIÊNIA SILVA. **Seasonality of contribution of micronutrients in the litter in Caatinga from Pernambuco.** 2017. Advisor: Prof. Fernando José Freire. Co-advisor: Prof. Dr. Mozart Duarte Barbosa.

ABSTRACT: The litter is one of the main indicators for evaluation of mineral nutrition and its deposition is the initial stage of nutrient cycling. In the Caatinga few studies were carried out with the decomposition and release of nutrients in this vegetation through the litter being the knowledge of the production and decomposition of litter and the way in which these nutrients are released, an important ally in understanding the process of nutrient cycling in forest ecosystems. Thus, the objective of this work was to monitor the contents and contents of the Cu, Fe, Zn and Mn micronutrients to study the monthly variability and to evaluate the seasonal influence of precipitation and temperature on the contribution of these micronutrients associated with litter. Samples were collected in a Hypoxerophilic Caatinga fragment located in the district of Arcoverde in Pernambuco. Precipitation and air temperature data were obtained through the Meteorology Laboratory of the Pernambuco Institute of Technology. The litter collection was carried out during twelve months, using 15 wood collectors installed in the center of each plot, and during one year all material of these collectors was collected, with monthly collections at intervals of 30 days. The collected material was separated into four fractions: leaves; Reproductive structures; Branches; And miscellaneous. Cu, Fe, Zn, Mn contents were determined in the litter fractions and Cu, Fe, Zn, Mn contents were calculated in these fractions, estimating the average monthly nutrient intake in the litter fractions in the fragment. The content and content data were treated statistically using analysis of variance (ANOVA), comparison of means by Scott-Knott's test and Pearson's correlation with rainfall and average monthly temperatures. It was verified that the Mn is fundamental in the nutritional cycling in dry forest environments, being miscellaneous and mainly leaves, the main fractions in nutrient cycling. It was also verified, increase in Cu, Fe and Mn contents, as it increased or pluviometric volume. It is recommended to use the nutritional contents for studies of nutritional variations with climatic variables. Fe and Mn cycling occurs mainly in the wetter and cooler months.

KEY-WORDS: Caatinga; Abiotic factors; Forest nutrition, Litter.

1. INTRODUÇÃO

Serrapilheira é a biomassa que recobre o solo, sendo gerada por plantas arbóreas e arbustivas, constituindo-se de folhas, cascas, gravetos, galhos, flores, frutos, sementes, dejetos e restos de animais que exercem as mais variadas funções sobre o equilíbrio e a dinâmica dos ecossistemas (MOURA et al, 2016).

É na serrapilheira onde são encontrados nutrientes, matéria orgânica e microrganismos essenciais para a recuperação da fertilidade e da atividade biológica do solo (RODRIGUES et al., 2010), além de armazenar em seu conteúdo sementes e abrigar uma fauna composta por micro e macro invertebrados que atuam diretamente nos processos de decomposição da biomassa, fertilizando naturalmente os solos (COSTA et al., 2007).

O acúmulo de serrapilheira no solo, além de favorecer a retenção de umidade (HOLANDA et al., 2015), interfere nos processos erosivos e de infiltração, protegendo o solo da intensidade dos raios solares e evitando o impacto direto das gotas da chuva (SILVA, 2014). O bioma Caatinga é caracterizado por períodos extensos de seca, reduzindo o acúmulo de serrapilheira, acarretando uma acentuada degradação física, química e biológica do ambiente deixando o solo descoberto, expondo-o às intempéries naturais e limitando seu potencial produtivo com danos muitas vezes irreversíveis (SOUTO et al., 2005).

Independentemente do tipo florestal, a deposição da serrapilheira é o estágio inicial de transferência de nutrientes e energia das plantas para o solo (CALDEIRA et al., 2008). Porém, essa deposição pode ser influenciada tanto por fatores abióticos quanto bióticos, sendo o tipo de vegetação, precipitação, temperatura, tipologia e biota do solo, estrutura e composição florística, alguns exemplos dos fatores que influenciam diretamente a deposição (PINTO et al., 2008).

Dentre os fatores abióticos, as variáveis climáticas, como precipitação e temperatura são as que mais influenciam a deposição de serrapilheira em ecossistemas florestais. Existe uma correlação positiva entre a temperatura e a produção de serrapilheira, fazendo com que regiões tropicais produzam mais serrapilheira comparativamente às regiões temperadas (HAAG, 1985). Quando a variável climática é a precipitação, observa-se maior aporte nos períodos secos (GOLLEY et al., 1978; NUNES, 1980). Porém outros estudos constataram maiores aportes em períodos úmidos (CUNHA et al. 1993; DIAS et al., 1997; HINKEL & PANITZ, 1999). Lopes et al. (2009) observaram que as maiores deposições da serrapilheira se relacionaram com às precipitações totais verificadas ao longo de dois anos de estudo em área preservada de Caatinga. Entretanto, quando ao longo do ano não ocorrem variações na

precipitação e temperatura, esses fatores podem não influenciar a queda de serrapilheira (KLINGE, 1977), sendo influenciada por outros fatores.

A produção de folhas e os nutrientes contidos nessas folhas é determinante na ciclagem florestal realizada pelo aporte de serrapilheira (CARPANEZZI, 1997). No entanto, essa contribuição é mais atribuída a quantidade de folhas depositadas, do que aos teores dos elementos (WISNIEWSKI et al., 1997).

Na Caatinga poucos estudos foram realizados com a decomposição e liberação de nutrientes nessa vegetação, ocasionando um baixo nível de conhecimento sobre a ciclagem de nutrientes no bioma (LOPES et al., 2009). Dessa forma quantificar a serrapilheira acumulada é uma forma de fornecer subsídios para um melhor entendimento da dinâmica dos nutrientes nos biomas (CALDEIRA et al., 2008).

O processo de deposição da serrapilheira é essencial na manutenção dos nutrientes em um ecossistema e as taxas anuais de deposição, bem como o processo de decomposição desse material, devem ser estudados e conhecidos, especialmente em regiões tropicais onde há maior ocorrência de solos com deficiências nutricionais (SANTANA & SOUTO, 2011).

Em função da importância da serrapilheira, tem-se procurado determinar o quanto as árvores podem contribuir para melhoria e manutenção das condições físicas, químicas e biológicas do solo através da produção de serrapilheira (MACHADO et al., 2012).

Em florestas nativas o estudo da serrapilheira é um dos principais indicadores para avaliação da nutrição mineral e ciclagem de nutrientes nesses ecossistemas, com o uso planejado das espécies para recuperação de áreas degradadas ou com a finalidade de produção de madeiras nobres (POGGIANI e SCHUMACHER, 2004).

A absorção de nutrientes pelas plantas, translocação interna entre os tecidos vegetais e a transferência para o solo, atmosfera e hidrosfera, dos nutrientes que se acumulam na serrapilheira, denomina-se ciclagem de nutrientes e é um processo efetivo na sustentabilidade dos ecossistemas e para a manutenção dos seres vivos (ANDRADE et al., 1999). Por ser um processo complexo (PRITCHETT, 1979), a ciclagem de nutrientes em florestas naturais é normalmente estudada por partes, mas, sempre direcionada a serrapilheira por ser a porção que mais contribui para a transferência de nutrientes (CUNHA et al., 1993). Dessa forma, o conhecimento sobre a produção e decomposição da serrapilheira e a forma com que esses nutrientes são liberados, é um importante aliado na compreensão do processo de ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais.

Assim, pode-se evidenciar o papel da vegetação e da serrapilheira e sua importância na conservação do solo e ainda constatar a necessidade de estudos capazes de gerar informações

necessárias à regeneração vegetal em áreas degradadas (CAMPOS et al., 2008), porque ao avaliar a produção de matéria seca das diferentes partes da planta e seu teor de nutrientes, pode-se calcular também o estoque nutricional nos vários componentes da biomassa vegetal. Essas informações são fundamentais para a avaliação da ciclagem de nutrientes e dimensionamento de exploração de ecossistemas produtivos, sendo possível conhecer a quantidade de nutrientes mantida no sistema e exportada através da retirada de produtos como madeira, frutos e folhas entre outros (ANDRADE, 2000), bem como estabelecer práticas de manejo florestal para recuperação de áreas degradadas e manutenção da produtividade de ambientes degradados (SILVA, 2014).

Dessa forma, este trabalho objetivou monitorar os teores e conteúdo dos micronutrientes Cu, Fe, Zn e Mn para estudar a variabilidade mensal e avaliar a influência sazonal da precipitação e temperatura no aporte desses micronutrientes associados à serrapilheira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

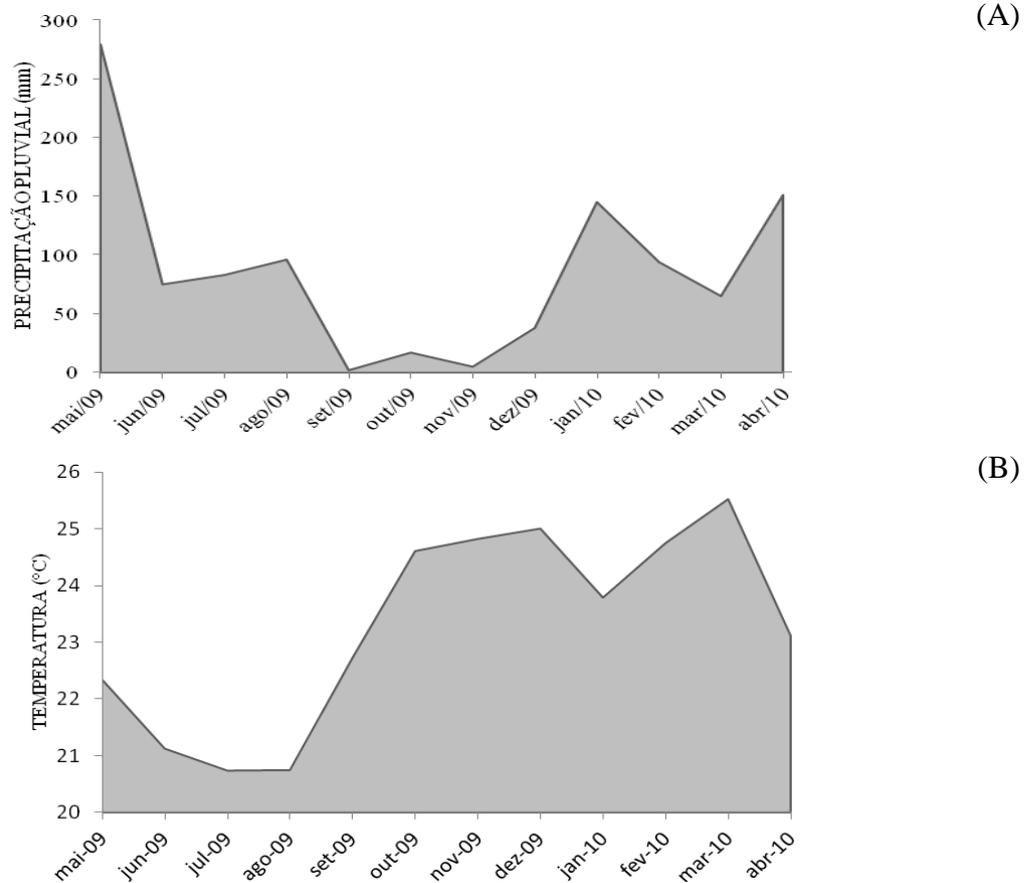
2.1. Caracterização da área de estudo

A coleta das amostras foi realizada em um fragmento remanescente de Caatinga hipoxerófila inserido na fazenda Cavalcanti, localizada no povoado de Ipojuca, distrito-sede/Arcoverde-PE e Umbuzeiro-PB (CAVALCANTI, 2010).

A área de estudo apresenta estação chuvosa com início em janeiro/fevereiro e término em setembro/outubro, com temperaturas médias variando entre 12 °C e 25 °C e precipitação média anual de 1.000 mm (BELTRÃO et al., 2005).

Foram obtidos dados de precipitação, provenientes da base de dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e temperatura do ar, proveniente da base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Estes dados foram disponibilizados pelo Laboratório de Meteorologia do Instituto de Tecnologia de Pernambuco (LAMEP/ITEP) e permitiram calcular uma pluviosidade média de 1.050 mm durante os doze meses de realização do experimento, sendo o mês de maio o mais chuvoso e setembro o mês mais seco (Figura 1A), com temperatura média de 23,27°C para o período experimental, sendo o mês de março o mais quente e julho e agosto os meses mais frios (Figura 1B).

Figura 1- Precipitação pluvial (A) e temperatura média (B) do município de Arcoverde, Pernambuco, Brasil



Os dados de pluviometria e temperatura no ano em que se realizou esse estudo, constatou-se três períodos na região: Úmido e frio (Maio/09 à Set/09), quente e seco (Set/09 à Dez/09) e úmido e quente (Dez/09 à Abr/10).

2.2. Amostragem e coleta da serrapilheira

A coleta de serrapilheira foi realizada durante doze meses, iniciando em maio de 2009 e finalizando em abril/2010 (BARBOSA, 2012).

Para coleta do material da serrapilheira foram utilizados 15 coletores constituídos de paredes de madeira e fundo de tela de *nylon* com malha de um milímetro, com altura de 0,30 m da superfície do solo e dimensões 1,0 x 1,0 x 0,30 m de largura, comprimento e espessura, respectivamente. Cada coletor de madeira foi instalado no centro de cada parcela demarcada para o estudo fitossociológico previamente realizado (BARBOSA, 2012).

Durante um ano recolheu-se todo material retido nos coletores, com avaliações mensais em intervalos de 30 dias. O material coletado foi triado manualmente com o auxílio

de lupa, peneiras, espátula e paquímetro e separado em quatro frações: folhas, incluindo folíolos e pecíolos; estruturas reprodutivas, como flores, frutos e sementes; galhos, cascas e estruturas lenhosas com até 3 cm de diâmetro; e miscelânea, considerada como material vegetal que não foi possível ser determinado, como corpos, restos de animais e material fecal. Estas frações foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante. Posteriormente, as frações foram pesadas para determinação do peso seco e trituradas em moinho do tipo Willey para posterior análise dos nutrientes Cu, Fe, Zn e Mn. Após moídas, as amostras foram passadas em peneiras de malha 1,0 mm (20 mesh) e armazenadas para subsequente análise química.

Um estudo fitossociológico prévio foi realizado para obtenção das espécies de maior Valor de Importância (VI), que participaram ativamente da deposição das frações folhas, galhos e estruturas reprodutivas, constituindo a maior parte da serrapilheira no fragmento (Tabela 1).

Tabela 1- Nomes científicos e vulgares das espécies de maior valor de importância (VI) que participaram da deposição da serrapilheira no fragmento de Caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Pernambuco

Nome Científico	Nome Vulgar
<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. Ex. Benth.	Jurema de imbira
<i>Poincianella pyramidalis</i> Tul.	Catingueira
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Baraúna
<i>Senegalia bahiensis</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Jurema carcará
<i>Senegalia paniculata</i> (Wild.) Killip	Jurema rasga beíço
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	Marmeleiro
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	Pinhão bravo
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	Umbuzeiro
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Wild.) Poir.	Jurema preta
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	Jurema avoador

Fonte: BARSOSA (2012).

2.3. Análise dos micronutrientes da serrapilheira

A determinação dos teores de Cu, Fe, Zn e Mn da serrapilheira foi realizada através da extração por digestão nítro-perclórica de cada componente da serrapilheira e determinados por Espectrofotometria de Absorção Atômica (BATAGLIA et al., 1983).

Para cálculo do conteúdo de Cu, Fe, Zn e Mn da serrapilheira, utilizou-se os dados de aporte de serrapilheira nas frações folha, estrutura reprodutiva, galho e miscelânea

encontrados por Barbosa (2012) (Tabela 2). A partir desses dados, estimou-se o aporte médio mensal dos nutrientes nas frações da serrapilheira no fragmento.

Tabela 2 - Aportes médios mensais das frações folha, estrutura reprodutiva, galho e miscelânea da serrapilheira em fragmento de Caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Pernambuco

Mês/ano	Fração (kg ha ⁻¹)				Total mensal (kg ha ⁻¹)
	Est. Reprodutiva	Folha	Galho	Miscelânea	
Maio/2009	12,97	172,37	188,17	11,31	384,82
Junho/2009	36,13	312,03	135,39	10,97	494,53
Julho/2009	11,65	249,98	44,77	8,29	314,69
Agosto/2009	5,75	322,89	133,43	5,83	467,90
Setembro/2009	26,31	574,51	145,97	9,84	756,63
Outubro/2009	39,77	494,39	65,26	2,97	602,39
Novembro/2009	32,25	275,75	42,83	2,93	353,76
Dezembro/2009	10,39	67,50	62,59	2,34	142,83
Janeiro/2010	20,82	108,34	27,25	37,67	194,09
Fevereiro/2010	39,95	152,25	153,17	28,51	373,87
Março/2010	20,75	200,65	72,15	16,71	310,26
Abril/2010	76,17	212,07	98,13	15,71	402,09
Total (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	332,92	3142,74	1169,10	153,09	4797,85

Fonte: BARBOSA (2012).

2.4. Análises estatísticas

Os dados de teores e conteúdo dos micronutrientes Cu, Fe, Zn e Mn foram tratados estatisticamente, utilizando-se análise de variância (ANAVA). Quando os efeitos principais e/ou as interações foram significativas realizou-se comparação de médias pelo teste de Scott-Knott até 5% de probabilidade. Os teores e conteúdo de micronutrientes na fração folha da serrapilheira foram correlacionados através da correlação de Pearson com as precipitações e temperaturas médias mensais que ocorreram durante o período de monitoramento do fragmento. A fração folha é o mais importante componente da serrapilheira em estudos de ciclagem de nutrientes, por isso foi a fração escolhida para o estudo das correlações com a precipitação e temperatura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Variação sazonal dos teores de micronutrientes na serrapilheira

Os teores de Cu, Fe, Zn e Mn na serrapilheira foram influenciados pelos fatores mês, fração e a interação, constatando-se que os teores desses nutrientes nas frações estrutura reprodutiva, folha, galho e miscelânea variaram com o mês de coleta (Tabela 3).

O teor médio anual dos nutrientes seguiu a seguinte ordem decrescente $Fe > Mn > Zn > Cu$, independente do mês de deposição ou da fração (Tabela 3), corroborando com Caldeira et al. (2007) que ao quantificarem os teores de micronutrientes na serrapilheira em Floresta Ombrófila Mista encontraram a mesma ordem decrescente, com a diferença do acréscimo de Boro, que precedeu o Zinco e antecedeu o Cobre. A fração miscelânea foi responsável pelo teor total de Fe ser superior ao de Mn, porque em todas as outras frações os teores de Mn foram maiores do que os de Fe (Tabela 3). Como a fração miscelânea é muito heterogênea e sem identidade, vale ressaltar que a deposição de Mn nesse fragmento foi elevada, sugerindo que esse micronutriente é fundamental na ciclagem nutricional nesses ambientes de floresta seca.

Os maiores teores médios de Fe, Cu, Zn e Mn foram constatados nos meses de Maio e Junho/09 (Tabela 3). Esse comportamento pode ser atribuído a elevada precipitação pluviométrica nesses meses (Figura 1), porque a serrapilheira é influenciada por fatores ambientais como a precipitação, temperatura e umidade (CALDEIRA et. al., 2008).

Os maiores teores médios de nutrientes foram encontrados na fração miscelânea quando comparada as demais frações da serrapilheira, com exceção apenas do micronutriente Mn, que apresentou maior teor médio nas folhas, sendo aproximadamente 4% maior que o teor médio da miscelânea (Tabela 3). Essa constatação reforça ainda mais a contribuição do Mn na ciclagem de nutrientes nesse ambiente, porque a fração folha é o mais importante componente da ciclagem nutricional (CARPANEZZI, 1980; MARIANO et al., 2007). Selle (2007) estudando diferentes ecossistemas florestais, também constatou uma maior contribuição para ciclagem de nutrientes através da fração folha, que foi responsável por mais de 65% da transferência de nutrientes para o solo.

Para Vital et al. (2004) a fração foliar é o principal elemento e determinante quantitativo da serrapilheira produzida em um ambiente. A miscelânea é constituída de uma ampla variedade de materiais, como fezes de animais e elementos não identificados, justificando a elevada concentração de nutrientes nessa fração.

Tabela 3 - Teores médios mensais de cobre, ferro, zinco e manganês nas frações estrutura reprodutiva, folha, galho e miscelânea da serrapilheira em fragmento de Caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Pernambuco

Fator	Cu					Fe					Zn					Mn				
	Fração				MÉDIA ⁽¹⁾ Ponderada	Fração				MÉDIA Ponderada	Fração				MÉDIA Ponderada	Fração				MÉDIA Ponderada
	EST. REP.	FOLHA	GALHO	MISCE.		EST. REP.	FOLHA	GALHO	MISCE.		EST. REP.	FOLHA	GALHO	MISCE.		EST. REP.	FOLHA	GALHO	MISCE.	
Mês/ano	mg kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
Maio/2009	36,98 Aa	32,76 Aa	29,54 Aa	47,21 Ab	31,75	805,13 Aa	688,89 Aa	708,75 Aa	1433,27 Ac	724,39	121,39 Ab	100,58 Aa	58,77 Aa	97,17 Ab	80,74	376,28 Ba	657,57 Aa	329,68 Ba	437,86 Bb	481,30
Junho/2009	36,96 Ba	27,39 Ba	18,36 Ba	108,21 Aa	27,41	755,35 Ba	597,57 Ba	623,28 Ba	2904,14 Ab	667,32	213,16 Ba	125,25 Ca	95,30 Ca	282,10 Aa	126,95	439,67 Aa	546,65 Aa	224,51 Ba	462,73 Ab	448,77
Julho/2009	16,37 Ab	12,82 Aa	6,71 Aa	29,85 Ab	12,52	177,82 Ba	294,39 Ba	165,52 Ba	2825,43 Ab	338,40	32,65 Ac	33,13 Ab	73,59 Aa	72,86 Ac	39,91	307,77 Aa	354,68 Ab	169,42 Aa	248,26 Ac	323,78
Agosto/2009	22,08 Aa	11,80 Aa	7,90 Aa	18,01 Ac	10,89	252,63 Aa	157,18 Aa	75,14 Aa	706,01 Ac	141,80	92,23 Ac	40,41 Bb	29,58 Bb	103,86 Ab	38,75	461,51 Aa	408,05 Ab	259,19 Aa	374,96 Ac	365,84
Setembro/2009	9,79 Ab	11,20 Aa	6,52 Aa	16,85 Ac	10,32	49,96 Aa	162,50 Aa	79,66 Aa	423,26 Ac	146,00	29,72 Bc	69,39 Ab	25,54 Bb	101,88 Ab	59,97	251,18 Bb	409,12 Ab	178,71 Ba	343,99 Ac	358,33
Outubro/2009	7,48 Bb	10,68 Ba	6,98 Ba	34,91 Ab	10,19	64,64 Ba	151,33 Ba	94,18 Ba	2617,35 Ab	151,58	21,82 Ac	33,09 Ab	21,40 Ab	40,00 Ac	31,11	156,16 Ab	283,43 Ab	196,96 Aa	323,22 Ac	265,85
Novembro/2009	14,15 Bb	15,68 Ba	12,95 Ba	33,25 Ab	15,35	76,72 Aa	108,03 Aa	80,29 Aa	835,38 Ac	107,85	29,36 Ac	35,84 Ab	33,66 Ab	82,36 Ab	35,37	132,04 Bb	395,26 Ab	130,51 Ba	478,39 Ab	339,90
Dezembro/2009	24,48 Ba	23,85 Ba	18,54 Ba	44,65 Ab	21,91	88,06 Aa	131,58 Aa	93,54 Aa	737,70 Ac	121,67	27,86 Bc	29,18 Bb	39,22 Bb	119,34 Ab	34,96	259,14 Bb	472,76 Ab	304,72 Ba	624,31 Aa	386,05
Janeiro/2010	10,75 Ab	15,93 Aa	13,03 Aa	27,51 Ab	17,21	126,77 Ba	213,78 Ba	72,70 Ba	1193,16 Ac	374,74	26,72 Ac	32,60 Ab	19,01 Ab	40,41 Ac	31,58	142,91 Bb	357,57 Ab	199,17 Ba	399,90 Ac	320,52
Fevereiro/2010	12,91 Ab	15,12 Aa	13,05 Aa	17,30 Ac	14,20	117,45 Aa	92,04 Aa	76,43 Aa	908,18 Ac	150,59	33,44 Ac	36,24 Ab	40,67 Ab	50,82 Ac	38,87	218,14 Bb	416,64 Ab	139,02 Ba	316,64 Ac	274,07
Março/2010	26,23 Aa	16,50 Aa	14,55 Aa	16,34 Ac	16,69	143,38 Ba	143,54 Ba	87,64 Ba	1350,64 Ac	195,56	51,06 Ac	38,07 Ab	34,36 Ab	68,09 Ac	39,70	340,63 Aa	295,80 Ab	319,77 Aa	379,14 Ac	308,86
Abril/2010	14,18 Bb	13,64 Ba	12,16 Ba	32,00 Ab	14,10	400,86 Ba	307,63 Ba	105,39 Ba	4325,39 Aa	432,94	27,64 Ac	31,67 Ab	30,53 Ab	42,05 Ac	31,03	157,84 Bb	334,12 Ab	207,90 Ba	352,58 Ac	270,64
MÉDIA	19,362	17,281	13,358	35,507		254,896	254,039	188,543	1688,326		58,920	50,454	41,794	91,745		270,273	410,971	221,632	395,169	
	F					F					F					F				
MÊS	11,232***					4,941***					22,716***					6,491***				
FRAÇÃO	27,623***					51,411***					18,969***					32,494***				
MÊSx FRAÇÃO	2,943***					2,647***					2,547***					1,874**				
CV	116,35					228,57					110,72					67,21				

⁽¹⁾ Para calcular a média ponderada dos teores em cada mês de coleta da serrapilheira, considerou-se o peso de cada fração como ponderador da média.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferiram pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

** e *** significativo a 1 e 0,1 % de probabilidade, respectivamente.

O teor de Cu na fração miscelânea foi maior que os teores das demais frações nos meses de Junho, Outubro, Novembro e Dezembro/09 e Abril/10 (Tabela 3). Os teores de Cu das frações folha e galho foram iguais em todos os meses de monitoramento da deposição de serrapilheira, demonstrando que a contribuição desse nutriente na ciclagem foi contínua. Os teores de Fe na fração miscelânea também foram maiores do que nas demais frações em metade dos meses de monitoramento do aporte de serrapilheira (Tabela 3). A heterogeneidade de materiais na miscelânea pode ser responsável pelos elevados teores de nutrientes nessa fração. Vale ressaltar que como nessa fração há uma contribuição da micro e meso fauna, pode evidenciar a importância desses pequenos animais na ciclagem de nutrientes, principalmente de micronutrientes, como nesse estudo. A perturbação desses ambientes que refletem negativamente na população dessa fauna pode desequilibrar o ambiente e promover uma desordem nutricional com reflexos diretos na nutrição florestal. Constatou-se, portanto, que não só as folhas foi uma fração importante na ciclagem, mas também deve-se considerar essa efetiva participação da miscelânea.

Os teores de Zn nas frações folha e galho no mês de Junho/09 foram baixos, porque o teor de Zn na fração miscelânea no mesmo mês foi aproximadamente 196% maior do que a fração galho (Tabela 3). O mês de Junho/09 favoreceu uma maior concentração de Zn nas quatro frações quando comparado aos outros meses, com exceção apenas das frações folha e galho no mês de Maio/09 e a fração galho no mês de Julho/09 que não diferiu de Junho/09 (Tabela 3).

Os teores de Mn não diferiram nas frações estrutura reprodutiva, folha, galho e miscelânea nos meses de Julho, Agosto e Outubro/09 e Março/10 (Tabela 3). Os teores de Mn nas frações folha e miscelânea foram superiores as frações estrutura reprodutiva e galho nos meses de Setembro, Novembro e Dezembro/09 e Janeiro, Fevereiro e Abril/10 (Tabela 3).

3.2. Variação sazonal dos aporte de micronutrientes na serrapilheira

O aporte anual de nutrientes ocorreu conforme a seguinte ordem decrescente $Mn > Fe > Zn > Cu$, considerando o somatório da deposição das frações estrutura reprodutiva, folha, galho e miscelânea (Tabela 4). Constatou-se ainda que o aporte de Mn foi aproximadamente 22 vezes maior do que o aporte de Cu. Portanto, o material vegetal da serrapilheira contribuiu significativamente para a ciclagem de Mn na área (Tabela 4).

Tabela 4 - Aportes médios mensais de cobre, ferro, zinco e manganês nas frações estrutura reprodutiva, folha, galho e miscelânea da serrapilheira em fragmento de Caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Pernambuco

Fator	Cu				Total Mensal	Fe				Total Mensal	Zn				Total Mensal	Mn				Total Mensal
	Componente					Componente					Componente					Componente				
	EST. REP.	FOLHA	GALHO	MISCE.		EST. REP.	FOLHA	GALHO	MISCE.		EST. REP.	FOLHA	GALHO	MISCE.		EST. REP.	FOLHA	GALHO	MISCE.	
Mês/ano	g ha ⁻¹					g ha ⁻¹					g ha ⁻¹					g ha ⁻¹				
Maio/2009	0,48 Ba	5,65 Ab	5,56 Aa	0,53 Ba	12,22	10,45 Ba	118,75 Ab	133,36 Aa	16,21 Bb	278,76	1,58 Ba	17,34 Ac	11,06 Aa	1,10 Ba	31,07	4,88 Ba	113,35 Ad	62,04 Ba	4,95 Ba	185,22
Junho/2009	1,34 Ba	8,55 Aa	2,49 Bb	1,19 Ba	13,55	27,29 Ba	186,46 Aa	84,39 Bb	31,87 Bb	330,10	7,70 Ba	39,08 Aa	12,90 Ba	3,10 Ba	62,78	15,89 Ba	170,57 Ab	30,40 Ba	5,08 Ba	221,93
Julho/2009	0,19 Ba	3,20 Ac	0,30 Bc	0,25 Ba	3,94	2,07 Ba	73,59 Ac	7,41 Bb	23,41 Bb	106,49	0,38 Aa	8,28 Ac	3,29 Ab	0,60 Aa	12,56	3,59 Ba	88,66 Ad	7,59 Ba	2,06 Ba	101,89
Agosto/2009	0,13 Ba	3,81 Ac	1,05 Bc	0,11 Ba	5,10	1,45 Aa	50,75 Ac	10,03 Ab	4,12 Ab	66,35	0,53 Ba	13,05 Ac	3,95 Bb	0,61 Ba	18,13	2,65 Ba	131,76 Ac	34,58 Ba	2,19 Ba	171,18
Setembro/2009	0,26 Ba	6,44 Aa	0,95 Bc	0,17 Ba	7,81	1,31 Ba	93,36 Ac	11,63 Bb	4,17 Bb	110,47	0,78 Ba	39,87 Ab	3,73 Bb	1,00 Ba	45,38	6,61 Ba	235,05 Aa	26,09 Ba	3,39 Ba	271,13
Outubro/2009	0,30 Ba	5,28 Ac	0,46 Bc	0,10 Ba	6,14	2,57 Ba	74,81 Ac	6,15 Bb	7,78 Bb	91,31	0,87 Ba	16,36 Ab	1,40 Bb	0,12 Ba	18,74	6,21 Ba	140,13Ac	12,85 Ba	0,96 Ba	160,15
Novembro/2009	0,46 Ba	4,33 Ac	0,55 Bc	0,10 Ba	5,43	2,47 Aa	29,79 Ad	3,44 Ab	2,45 Ab	38,15	0,95 Aa	9,88 Ac	1,44 Ab	0,24 Aa	12,51	4,26 Ba	108,99 Ac	5,59 Ba	1,40 Ba	120,25
Dezembro/2009	0,25 Ba	1,61 Ac	1,16 Ab	0,10 Ba	3,13	0,92 Aa	8,88 Ad	5,86 Ab	1,73 Ab	17,38	0,29 Aa	1,97 Ac	2,46 Ab	0,280 Aa	4,99	2,69 Aa	31,91 Ae	19,07 Aa	1,46 Aa	55,14
Janeiro/2010	0,22 Aa	1,73 Ac	0,36 Ac	1,04 Aa	3,31	2,64 Aa	23,16 Ad	1,98 Ab	44,95 Ab	72,73	0,56 Aa	3,53 Ac	0,52 Ab	1,52 Aa	6,13	2,98 Aa	38,74 Ae	5,43 Aa	15,07 Aa	62,21
Fevereiro/2010	0,52 Aa	2,30 Ac	2,00 Ab	0,49 Aa	5,31	4,69 Aa	14,01 Ad	11,71 Ab	25,89 Ab	56,30	1,34 Aa	5,52 Ac	6,23 Ab	1,45 Aa	14,53	8,71 Ba	63,43 Ad	21,29 Ba	9,03 Ba	102,47
Março/2010	0,54 Ba	3,31 Ac	1,05 Bc	0,27 Ba	5,18	2,98 Aa	28,81 Ad	6,32 Ab	22,57 Ab	60,67	1,06 Aa	7,64 Ac	2,48 Ab	1,14 Aa	12,32	7,07 Ba	59,35 Ad	23,07 Ba	6,34 Ba	95,83
Abril/2010	1,08 Ba	2,89 Ac	1,19 Ac	0,50 Aa	5,67	30,53 Ba	65,24 Ac	10,34 Bb	67,97 As	174,08	2,11 Aa	6,72 Ac	3,00 Ab	0,66 Aa	12,48	12,02 Ba	70,86 Ad	20,40 Ba	5,54 Ba	108,82
Total (g ha ⁻¹ ano ⁻¹)	5,76	49,09	17,12	4,85	76,82	89,38	767,61	292,61	253,17	1402,70	18,13	169,23	52,45	11,82	251,62	77,56	1252,80	268,40	57,45	1656,20
	F					F					F					F				
MÊS	4,516 ***					6,825 ***					5,279 ***					5,533 ***				
FRAÇÃO	61,235 ***					23,098 ***					29,670 ***					156,238 ***				
MÊSxFRAÇÃO	2,794 ***					2,753 ***					2,029 ***					4,613 ***				
CV	180,65					231,19					286,45					147,50				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferiram pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

*** significativo a 0,1 % de probabilidade.

Os solos de florestas áridas secas são pouco ácidos e em alguns casos tendem para neutralidade. Esses pH elevados favorecem a indisponibilidade dos micronutrientes catiônicos, principalmente Mn. Assim, esse aporte elevado de Mn pela serrapilheira deve contribuir para a nutrição florestal desses cátions micronutrientes.

Os valores médios dos aportes de todos os micronutrientes nas frações da serrapilheira demonstraram que a fração folha foi a principal responsável pelos aportes, constatando-se que a ciclagem dos nutrientes nesse ambiente ocorreu principalmente pela fração folha (Tabela 4).

Observou-se ainda que o aporte médio de Mn na fração folha foi aproximadamente 22 vezes maior do que o aporte na fração miscelânea (Tabela 4). No mês de Junho/09 os aportes dos nutrientes foram maiores, com exceção do Mn em que no mês de Setembro/09 o aporte foi 11% maior do que em Junho/09 (Tabela 4).

De maneira geral os conteúdos dos nutrientes foram maiores na fração folha, sendo que o aporte de Cu no mês de Dezembro/09 não diferiu da fração galho e em Janeiro, Fevereiro e Abril/10 não diferiu das demais frações (Tabela 4). Como o conteúdo depende da quantidade de biomassa depositada e nesses meses a fração folha foi responsável pela maior deposição de biomassa (Tabela 2), o aporte de nutrientes também se concentrou nesse período. Quanto ao aporte de Fe, as frações não diferiram nos meses de Agosto, Novembro e Dezembro/09 e Janeiro, Fevereiro e Março/10 (Tabela 4). O aporte de Mn da fração folha foi maior do que as demais frações na maior parte do ano, não demonstrando diferenças entre as frações em Dezembro/09 e Janeiro/10 (Tabela 4).

Não constatou-se variações no aporte de Cu, Zn e Mn nas frações estrutura reprodutiva e miscelânea em função dos meses. O aporte de Fe na fração folha foi fortemente influenciado pelo período de Novembro/09 a Março/10, com os menores aportes anuais (Tabela 4). Quanto ao aporte de Zn na fração folha, apenas o mês de Junho/09 seguido dos meses de Setembro e Outubro/09 favoreceram a concentração do nutriente. Houve uma contribuição da fração folha no aporte de Mn nos meses de Junho e Setembro/09, diferindo consideravelmente nos demais meses (Tabela 4).

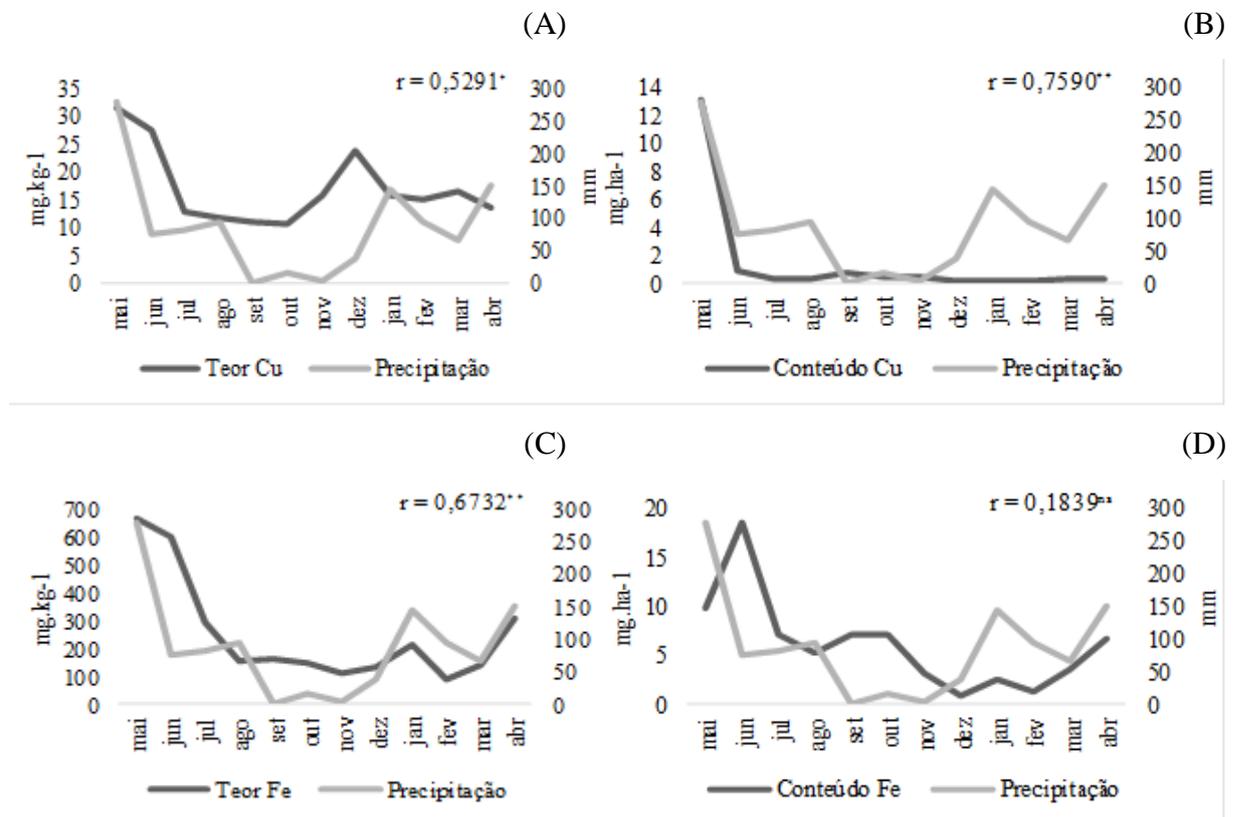
3.3. Correlação entre os teores e conteúdo de micronutrientes na fração folha da serrapilheira com precipitação pluviométrica e temperatura.

Correlações entre os teores dos micronutrientes na fração folha da serrapilheira e a precipitação pluvial mostraram que os teores de Cu, Fe e Mn estiveram relacionados à

precipitação (Figuras 2A, 2C e 2G) e aumentaram com o incremento do volume pluviométrico. Comportamento similar ocorreu com os aportes de Cu e Mn (Figuras 2B e 2H) por serem de mobilidade intermediária (Fernandes, 2006), estes micronutrientes se tornam pouco solúveis e assim não são facilmente lixiviados pelas chuvas, concentrando-se nas folhas. Nem o teor e nem o conteúdo de Zn se correlacionaram com a precipitação pluviométrica (Figuras 2E e 2F). Não ocorreu acúmulo de Zn e nem lixiviação com as variações da precipitação pluvial.

O Fe apresentou dois comportamentos diferentes: quando se correlacionou o teor com a precipitação pluviométrica observou-se efeito significativo e positivo (Figura 2C). No entanto, quando a correlação foi com o conteúdo não se constatou efeito da variável climática sobre o Fe (Figura 2D). O conteúdo é uma varável influenciada pela biomassa. Como o aporte de biomassa não se correlacionou com a precipitação pluvial (BARBOSA, 2012), o conteúdo de Fe também não se correlacionou. Portanto, é recomendável utilizar apenas teores nutricionais para estudar as variações nutricionais com variáveis climáticas.

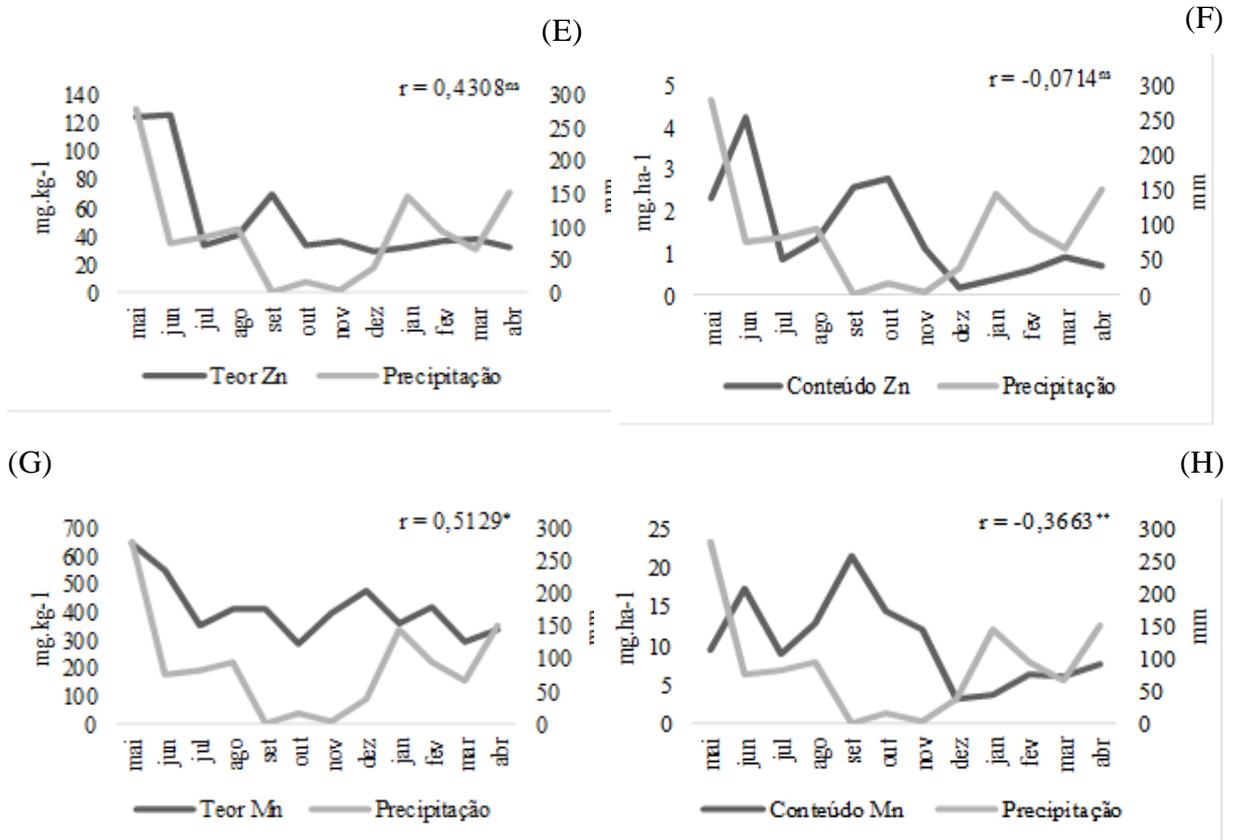
Figura 2 - Variação dos teores e conteúdo de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês na fração folha da serrapilheira com a precipitação pluvial em fragmento de Caatinga hipoxerófila.



Continua...

... Continuação

Figura 2 - Variação dos teores e conteúdo de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês na fração folha da serrapilheira com a precipitação pluvial em fragmento de Caatinga hipoxerófila.



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

Correlações realizadas entre os teores e conteúdo dos nutrientes na fração folha da serrapilheira e a temperatura mostraram pouca relação dos nutrientes com essa variável climática (Figura 3). No entanto, o teor de Fe (Figura 3C) e o conteúdo de Fe e Mn (Figuras 3D e 3H) foram influenciados pela temperatura, apresentando correlação significativa e negativa. A ciclagem de Fe e Mn se concentrou nos meses mais úmidos e frios (Figuras 2 e 3).

Figura 3 - Variação dos teores e conteúdo de Cobre, Ferro, Zinco e Manganês na fração folha da serrapilheira com a temperatura média do ar em fragmento de Caatinga hipoxerófila.



* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns}Não significativo.

4. CONCLUSÕES

Em ambientes de Caatinga hipoxerófila, a serrapilheira constitui importante fonte de Mn e Fe; A contribuição do Cu foi contínua na ciclagem de nutrientes na área em estudo; As folhas e galhos constituem as principais frações no aporte de micronutrientes; Constatou-se aumento nos teores de Cu, Fe e Mn, de acordo com o incremento do volume pluviométrico; O aporte de Fe e Mn ocorreu principalmente nos meses mais úmidos e frios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos de eficiência nutricional por espécie florestal são relevantes principalmente por indicar espécies mais adequadas em projetos de restauração florestal. Particularmente, os micronutrientes foram utilizados de forma diferente pelas espécies e o Mn foi o micronutriente utilizado de forma mais eficiente, revelando seus baixos teores no solo, enfatizando ainda mais sua eficiente utilização biológica. Por outro lado, as espécies não utilizaram eficientemente o Fe, porque o solo não foi restritivo. Portanto, em projetos de restauração florestal de Caatinga hipoxerófila é mais importante monitorar o Mn, tanto no solo, como na planta, do que o Fe que é um nutriente de elevada disponibilidade no solo.

O Mn foi o micronutriente mais aportado no fragmento, sendo muito concentrado na fração folha da serrapilheira. Como o solo apresentou baixos teores, esse aporte na serrapilheira foi fundamental para a ciclagem de Mn, que se complementou pela elevada eficiência nutricional das espécies.

O ciclo mais úmido e frio na Caatinga precisa ser preservado nesses ambientes, porque é onde o aporte de Mn e Fe é mais intenso e, certamente, responsável pela nutrição florestal nos ciclos mais secos e quentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; FONSECA, M. L. et al. Avaliação de macro e micronutrientes em frutas tropicais cultivadas no nordeste brasileiro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n.3, p. 581-586, 2009.

ALVES, J. J. A. Biogeografia. João Pessoa: Ed. Fotograf, 2008. 108 p.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Caatinga**, v. 22, p. 126-135, 2009.

ALVES, A. R.. Quantificação de biomassa e ciclagem de nutrientes em áreas de vegetação de caatinga no município de Floresta, Pernambuco. **Sapiência** (FAPEPI. Impresso), v. 01, p. 10-10, 2012.

ALVES JR. F. T. **Estrutura, biomassa e volumetria de uma área de Caatinga, Floresta-PE**. 2010. 123f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ANDRADE, A. G. **Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas**. 1997. 121f. Tese (Doutorado Agronomia – Ciência do Solo) – departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.

ANDRADE, A. G.; CABALLERO, S. S. U.; FARIA, S. M. de. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais**. Rio de Janeiro: EMBRAPA - Solos, 1999. 22p. – (Embrapa Solos. Documentos; n 13).

ANDRADE, A. G. et al. Deposição e decomposição da serrapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em planossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 3, p. 777-785, 2000.

ANDRADE-LIMA, D. The Caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, n. 2, p.149-153, 1981.

AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustiva-arborea de uma área de caatinga do Sériido, RN, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 19, n. 3, p. 615-623, 2005.

ANDRADE, R. L.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; BEZERRA, D. M. Deposição de serrapilheira em área de Caatinga na RPPN “Fazenda Tamanduá”, Santa Terezinha – PB. **Caatinga**, v. 21, n. 2, p. 223-230, 2008.

ARAÚJO, L. V. C.; LEITE, J. A. N.; PAES, J. B. Estimativa da produção de biomassa de um povoamento de Jurema-Preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret. com cinco anos de idade. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 4, p. 347-352, 2004.

BAILIAN, L.; McKEAND, S.E.; ALLEN, H.L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of lablolly pine seedlings. **Forest Science**, London, v. 37, p. 613-628, 1991.

BARBOSA, J. H. C; FARIA, S. M. Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na reserva biológica de Poço das Antas. **Rodriguésia**, v.57, n.3, p. 461-476, 2006.

BARBOSA, M. D. **Composição florística, regeneração natural, decomposição e ciclagem de nutrientes, em área de caatinga hipoxerófila em Arcoverde, Pernambuco**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – UFRPE/DCF, Recife, 2012. 181 f.

BARBOSA, M. D. et al. Florística e fitossociologia de espécies arbóreas e arbustivas em uma área de caatinga em Arcoverde, PE, Brasil. **Revista Árvore**, v.36, n.5, p. 851-858, 2012.

BATAGLIA, O. C. et al. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas, São Paulo: Instituto Agronômico, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).

BELTRÃO, B. A. et al. **Diagnóstico do município de Arcoverde, estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 11 p.

BIONDI, C. M.; NASCIMENTO, C. W. A ; FABRICIO NETA, A. B. ; RIBEIRO, M. R. . Concentrations of Fe, Mn, Zn, Cu, Ni and Co in benchmark soils of Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 1057-1066, 2011.

BRASILEIRO, R. S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. *Scientia Plena*, v. 5, 2009.

CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V. Eficiência do uso de micronutrientes e sódio em três procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). *Revista Árvore*, v.28, n.1, p.39-47, 2004.

CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes – Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. *Revista Acadêmica*, v. 5, n. 2, p. 101-116, 2007.

CALDEIRA, M.V.W.; VITORINO, M.D.; SCHAADT, S.S.; MORAES, E.; BALBINOT,R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. *Ciências Agrárias*, v. 29, n. 1, p. 53-68, 2008.

CAMPOS, E.H.; ALVES, R.R.; SERATO, D.S. et al. Acúmulo de serrapilheira em fragmentos de mata *mesofítica* e cerrado *stricto senso* em Uberlândia-MG. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 20, n. 1, p.189-203, 2008.

CARPANEZZI, A. A. **Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de eucalipto no interior do estado de São Paulo**. 1980. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1980.

CARPANEZZI, A. A. **Banco de sementes e deposição de folheto e seus nutrientes em povoamentos de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) na região metropolitana de Curitiba- PR**. 1997. 177 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.

CAPOBIANCO, J. P. R. et al. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga**. Brasília: MMA/SBF, 2002. 36 p.

CAVALCANTI, L. C. B. **Ipojuca: sua história, sua gente**. Recife: Instituto de Co-responsabilidade pela Educação, 2010. 377p.

CLARK, R.B. Plant genotype differences in uptake, translocation, accumulation and use of mineral elements required for plant growth. **Plant Soil**, v. 72, p. 175-196, 1983.

CLARKSON, D.T. & HANSON, J.B. The mineral nutrition of higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, p. 239-298, 1980.

CLARKSON, D. T. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 36, p. 77–115, 1985.

COSTA, T. C. C. et al. Phytomass mapping of the "Seridó Caatinga" vegetation by the plant area and the normalized difference vegetation indices. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 707-715, 2002.

COSTA, C.C. A. et al. Produção de Serapilheira na Caatinga da Floresta Nacional do Açú-RN. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 1, p. 246-248, 2007.

COSTA, C. C. A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D.; SILVA, P. C. M. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na FLONA de Açú-RN. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 259-265, 2010.

CUNHA, G. C. da; GRENDENE, L. A.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, v. 3, n. 1, p 19- 39, 1993.

CUMMINGS, D.L et al. Aboveground biomass and structure of rainforests in the southwestern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v.130, p.293–307, 2002.

DANTAS, J. G. et al. Estrutura do componente arbustivo/arbóreo de uma área de Caatinga situada no município de Pombal-PB. **Revista Verde**, v.5, n.1, p. 134 -142, 2010.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, Manlio Silvestre (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo, p. 327-354, 2006.

DEON, M. D. **Crescimento e nutrição mineral de soja submetida a excesso de P, S, K, Ca e Mg em solução nutritiva**. 2007. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz. Piracicaba, 71 f.

DIAS, H. C. T.; OLIVEIRA FILHO, A. T. de. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua Montana em Lavras-MG. **Revista Árvore**, v. 21, n.1, p. 11-26, 1997.

DONAGEMMA, G. K. et al. **Manual de Métodos de Análise do Solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2011. 230p.

DRUMOND, M. A. et al. Produção e distribuição de biomassa de espécies arbóreas no semi-árido Brasileiro. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 665-669, 2008.

ESPIG, S. A. et al. Composição e eficiência da utilização biológica de nutrientes em fragmento de Mata Atlântica em Pernambuco. **Ciência Florestal**, v.18, n.3, p.309-316, 2008.

ESPIG, S.A.; FREIRE, F.J.; MARANGON, L.C; FERREIRA, R.L.C.; FREIRE, M.B.G.S.; ESPIG, D.B. *Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serrapilheira em fragmento de Mata Atlântica*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.5, p.949-956, 2009.

EPSTEIN, E. Physiological genetics of plant nutrition. In: EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives**. New York, J. Wiley, p. 325-344, 1972.

FAGERIA, N. F. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.1, p.6-16, 1998.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 77p.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. 186p.

FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.

FERNANDES, M. M. et al. Aporte e decomposição de serrapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubol) na Flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, v. 16, p. 163-175, 2006.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, M. M. M. Sintomas de deficiência de macro e micronutrientes de plantas de milho híbrido BRS 1010. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 6, n. 1, p. 74-83, 2012.

FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG, 2006. 432p.

FERNANDES, M. M. et al. Aporte e Decomposição de serrapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubol) na Flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, v. 16, p. 163-175, 2006.

FERREIRA, Cheila Deisy. **Deposição, acúmulo e decomposição de serrapilheira em área de caatinga preservada**, 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos - PB, 2011.

FONTES, P. C. R. Nutrição mineral de hortaliças: horizontes e desafios para um agrônomo. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 247-253, 2014.

FRANCA-ROCHA, W.; SILVA, A.B.; NOLASCO, M.C.; LOBÃO, J.; BRITTO, D.; CHAVES, J.M. ; ROCHA, C.C. Levantamento da cobertura vegetal e do uso do solo do Bioma Caatinga. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007, p. 2629-36

GARIGLIO, M. A. et al. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 368p. 2010.

GIL, P. R. **Wilderness: earth's last wild place**. In: International symposium on assessment and monitoring of forests in tropical dry regions with special reference to gallery forests. Brasília: UNB, 1996. p. 23-38.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. I.; DUEWER, M. S. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo. EPU-EDUSP, 1978. 256p.

GONZALEZ, M. I. M.; GALLARDO, J. F. El efecto hojarasca: una revisión. **Anales de Edafología y Agrobiología**, v. 41, n. 5/6, p. 1129-1157, 1982.

GRAHAM, R. D. Breeding for nutritional characteristics in cereal. In: TINKER, P. B. & LANCHLI, A., eds. **Advances in plant nutrition**. New York, Praeger Publishers, p. 57-102, 1984.

GRAHAM, R. D. Breeding for nutritional characteristics in cereal. In: TINKER, P. B. & HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais** Campinas: Fundação Cargil, 1985. 114p.

HINKEL, R.; PANITZ, C. M. N. Estudo comparativo de serapilheira de uma área de Mata Atlântica e de um povoamento de *Pinus elliotti* Engelm. var. *elliotti* na Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, nº 12, v. 1, p. 67-93, 1999.

HOLANDA, A.C.; FELICIANO, A.L.P.; MARANGON,L.C.; FREIRE, F.J.; HOLANDA, E.M. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de caatinga na Paraíba. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 245-254, 2015.

IBGE. **Estados. População**. Rio de Janeiro, 2004.

IBGE. **Mapa de Biomas e de Vegetação**. Rio de Janeiro, 2005.

KIRKBY, E.A.; RÖMHELD,V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **International Plant Nutrition Institute**. Encarte de informações agronômicas, nº. 118 , 2007.

KLINGE, H. Preliminary data on nutrient realease from decomposing leaf litter in a neotropical rain forest. **Amazoniana**, v. 6, p. 193-202, 1977.

LANCHLI, A., eds. **Advances in plant nutrition**. New York, Praeger Publishers, p. 57-102, 1984.

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

LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, E. B.; MACHADO, S. A. Equações para estimativa da biomassa de espécies de *Prosopis* no semi-árido brasileiro. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 32/33, n. 1, p. 67-79, 1996.

LIMA JÚNIOR, C. et al. Estimativa de biomassa lenhosa da caatinga com uso de equações alométricas e índice de vegetação. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 102, p. 289-298, 2014.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Ecologia e conservação da caatinga: uma introdução ao desafio. **Ecologia e conservação da caatinga**. 2.ed. Recife: Universitária / UFPE, 2005a.

LEAL, I. R., SILVA, J. M. C., TABARELLI, M.; LACHER JR., T. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v.1, p. 139-146, 2005b.

LEMOS, J. R.; ZAPPI, D. C. Distribuição geográfica mundial de plantas lenhosas da Estação Ecológica de Aiuaba, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira Biociências**, v. 10, n. 4, p. 446-456, 2012.

LOPES, J.F.B.; ANDRADE, E.M.; LOBATO, F.A.O.; PALÁCIO, H.A.Q.; ARRAES, F.D.D. Deposição e decomposição de serapilheira em área da Caatinga. **Revista Agroambiente**, v. 3, n. 2, p. 72-79, 2009.

MACIEL M.G.; ELEOTERIO, S.S.; BATISTA, F.A.; et al. Produção Total e das Frações de Serapilheira em Área de Caatinga no Semiárido de Pernambuco. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 14, n. 1, p. 43-45, 2012.

MACHADO, F.A.; BEZERRA NETO, E.; NASCIMENTO, M. DO P.S.C.B.; SILVA, L.M.; BARRETO, L.P.; NASCIMENTO, H.T.S.; LEAL, J.A. Produção e qualidade da serrapilheira de três leguminosas arbóreas nativas do nordeste do Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 235, p. 323-334, 2012.

MAGALHAES , L.S.; BLUM, W.E.H. Concentração e distribuição de nutrientes nas folhas de espécies florestais, na Amazônia Ocidental. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 127-137, 1999.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: Leitura e arte editora, 2004, 400p.

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

MARIANO NETO, B. **Ecologia e imaginário: memória cultural, natureza e submundialização**. João Pessoa: CT/Editora Universitária/UFPB, 2001. 206 p.

MARIANO, K. R. S.; AMORIM, S. M. C.; MARIANO JÚNIOR, C. A. S.; SILVA, K. K. A. Produção de Serapilheira e Retorno de Nutrientes ao Solo pela Espécie *Coccoloba ramosissima* Wedd. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 1, p. 381-383, 2007.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

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

MMA. **Avaliação e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da Caatinga** / por: Universidade Federal de Pernambuco/Fundação de apoio ao desenvolvimento, Fundação biodiversitas, EMBRAPA/semi-árido, Brasil: MMA/SBF, 2002, 36 p.

MOLICA, S. G. **Produção de biomassa e eficiência nutricional de híbridos interespecíficos de eucalipto, em duas Regiões Bioclimáticas de Minas Gerais**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992. 84 f.

MOURA, O. N. et al. Distribuição de biomassa e nutrientes na área de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Árvore**, v.30, n.6, p.877-884, 2006a.

MOURA, O. N. et al. Conteúdo de nutrientes na parte aérea e eficiência nutricional em *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 1, n. 1, p. 23-29, 2006b.

MOURA, M. M. S.; COSTA, G. B. R.; PALÁCIO, H. A. Q.; ARAÚJO NETO, J. R.; BRASIL, J. B. Produção de serapilheira e suas frações em área da Caatinga no Semiárido Tropical. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentável**, v. 3, n. 5, p. 199-208, 2016.

NASCIMENTO, C. D. V. et al. Acúmulo de nitrogênio e micronutrientes em leguminosas submetidas à adubação com resíduo orgânico. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 10, n. 18, p. 109, 2014.

NORTHUP, B. K. et al. Aboveground biomass and carbon and nitrogen content of wood species in a subtropical thornscrub parkland. **Journal of Arid Environments**, v. 62, n. 1, p. 23-43, 2005.

OLIVEIRA, R. H. O. et al. Potencial fisiológico de sementes de mamona tratadas com micronutrientes. **Acta Scientiarum Agronomy** v. 32, n. 4, p. 701-707, 2010.

PARAÍBA, GOVERNO DO ESTADO. Secretaria de Educação. Universidade Federal da Paraíba. **Atlas Geográfico da Paraíba**. João Pessoa: Grafset, 1985

PINTO, S.I.C.; MARTINS, S.V.; BARROS, N.F.; DIAS, H.C.T.; Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 545-556, 2008.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. Nutrient cycling in native forests. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. Eds. **Forest nutrition and fertilization**. 2nd ed. Piracicaba: IPEF, 2004. p. 285-306.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. Sao Paulo, Ed. Nobel, 2002. 556 p.

PRITCHETT, W. L. **Properties and management of forest soils**. New York: J. Wiley, 1979. 500 p.

QUEIROZ, L. P. **Leguminosas da Caatinga**. Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, 2009. 467 p.

RAMALHO, C. I.; ANDRADE, A. P.; FÉLIX, L.P.; LACERDA, A. V.; MARACAJÁ, P.B. Flora arbóreo-arbustiva em áreas de Caatinga no semiárido baiano, Brasil. **Revista Caatinga**, v.22, n.3, p.182-190, 2009.

RODAL, M. J. N.; COSTA, K. C. C.; LINS E SILVA, A. C. B. Estrutura da vegetação caducifolia espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. **Hoehnea**, v. 35, n. 2, p. 209-217, 2008.

RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S. V.; LEITE, H. G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 65-73, 2010.

SAMPAIO, J. A.; CASTRO, M. S.; SILVA, F. O. Uso da cera de abelha no artesanato indígena Pankararé, raso da Catarina, Bahia, Brasil. In: Simpósio Brasileiro De Etnobiologia E Etnoecologia. **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Etnobiologia e Etnoecologia**. Universidade Federal Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 6 ed., p. 42-43, 2006.

SAMPAIO, E. V. S. B.; FREITAS, A. D. S. Produção de biomassa na vegetação nativa do semi-árido nordestino. In: MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. (Org.). **Fertilidade do solo e produção de biomassa no semi-árido**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2008. v. 1, p. 11-26.

SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. (Orgs). **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. Brasília, Serviço Florestal Brasileiro. p. 349-367, 2010.

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

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

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2006. 306 p.

SELLE, J. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.

SILVA, D. F.; SILVA, A. M.A.; LIMA, A. B.; MELO, J. R. M. Exploração da Caatinga no Manejo Alimentar Sustentável de Pequenos Ruminantes. In: 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA. **Anais...** Belo Horizonte: 2004.

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

SILVA, M. A. C. Importância dos critérios de amostragem de folhas. In: PRADO, R.M.; ROZANE, D.E.; VALE, D. W.; CORREIA, M.A. V.; SOUZA, H.A. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: FCAV/Capes/Fundunesp, 2006. p. 61-82.

SILVA, R. M.; ALBUQUERQUE FILHO, J. C. C.; GALINDO, I. C. L.; MARTINS, C. M.; LIMA, J. F. W. F. Variação sazonal da biomassa de raízes finas e serrapilheira em áreas sob desertificação. **X JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX 2010 – UFRPE: Recife, 2010.**

SILVA, A.C.C.; PRATA, A.P.N.; SOUTO. L.S.; MELLO, A.A. Aspectos de ecologia de paisagem e ameaças à biodiversidade em uma unidade de conservação na caatinga, em Sergipe. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 479-490, 2013.

SILVA, A. C. F. **Produção, acúmulo e decomposição da serrapilheira e repartição da precipitação pluviométrica por espécies da caatinga**. 2014. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.

SILVEIRA, P.; KOEKLER, H.S.; SANQUETTA, C.R.; ARCE, J.E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta, Curitiba**, v.38, n.1, p.185-206, 2008.

SOUZA, J.A.; DAVIDE, A.C. Litterfall and nutrient deposition in a semideciduous mountain forest, and in eucalyptus (*Eucalyptus saligna*) and bracatinga (*Mimosa scabrella*) plantations in areas degraded by mining. **Cerne**, v. 7, n. 1, p. 101-113, 2001.

SPAIN, A. V. Litterfall and the standing crop of litter in three tropical Australian rainforests. **Journal of Ecology**, v. 72, n. 3, p. 947-961, 1984.

TABARELLI, M. et al. Análise de Representatividade das unidades de conservação de uso direto e indireto na Caatinga: análise preliminar. In: SILVA, J. M. C; TABARELLI, M. (Coord.), **Workshop avaliação e identificação de ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga**. Petrolina, 2000.

TRAUTENMÜLLER, J. W. **Quantificação e distribuição do estoque de biomassa acima do solo em floresta estacional decidual**. 2015. Dissertação (Mestre em Agronomia – Agricultura e Ambiente) Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria –RS, 92 p.

TROVÃO, D. M. B. M.; FERNANDES, P. D. ANDRADE, L. A.; DANTAS NETO, J. Variações Sazonais de Aspectos Fisiológicos de Espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 307-311, 2007.

VELOSO, C. A. C. et al. **Amostragem de plantas para análise química**, Belém: Embrapa Amazônia Oriental, n.121, 2004 (Informativo técnico).

VIEIRA, T. A. S. **Crescimento e eficiência nutricional de leguminosas arbóreas pioneiras e não pioneiras**. 2013. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa. 74p.

VIEIRA NETO, J. et al. Composição mineral de folhas de Oliveira (*Olea europaea* L.) em sistema de produção convencional. Nota prévia. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 1, p. 122-126, 2014.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma Floresta Estacional Semidecidual em Zona Ripária. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

VITOUSEK, P. M.; SANFORD JR., R. L. Nutrient cycling in most tropical forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, p. 137-167, 1986.

WISNIEWSKI, C. et al. **Caracterização do ecossistema e estudo das relações solo-cobertura vegetal em planície pleistocênica do litoral paranaense**. Curitiba: UFPR/Departamento de Solos, 1997. 55 p.