



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA – UEPB
CAMPUS CAMPINA GRANDE, PB
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE- CCBS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS**

MAIARA BEZERRA RAMOS

**INFLUÊNCIA DOS FATORES EDÁFICOS NA COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA
DA COMUNIDADE ARBUSTIVA-ARBÓREA AO LONGO DE UM
GRADIENTE ALTITUDINAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

CAMPINA GRANDE – PB

Agosto de 2015

MAIARA BEZERRA RAMOS

**INFLUÊNCIA DOS FATORES EDÁFICOS NA COMPOSIÇÃO E
ESTRUTURA DA COMUNIDADE ARBUSTIVA-ARBÓREA AO
LONGO DE UM GRADIENTE ALTITUDINAL NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada ao Departamento de
Biologia da Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial à
obtenção do título de Licenciada
Ciências Biológicas
Área de concentração: Ecologia

Orientador: Prof. Dr. Sérgio de Faria
Lopes

CAMPINA GRANDE – PB

2015

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

R175i Ramos, Maiara Bezerra.
Influência dos fatores edáficos na composição e estrutura da comunidade arbustiva-arbórea ao longo de um gradiente altitudinal no semiárido brasileiro [manuscrito] / Maiara Bezerra Ramos. - 2015.
67 p. : il. color.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2015.
"Orientação: Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes, Departamento de Biologia".

1. Comunidade vegetal. 2. Caatinga. 3. Variáveis edáficas.
I. Título.

21. ed. CDD 581.7

MAIARA BEZERRA RAMOS

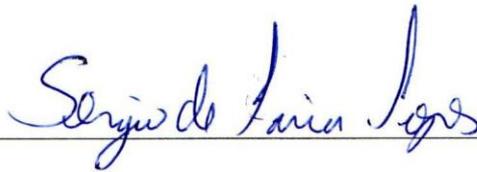
Influência dos fatores edáficos na composição e estrutura da comunidade arbustiva-
arbórea ao longo de um gradiente altitudinal no semiárido brasileiro

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada ao Departamento de
Biologia da Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial à
obtenção do título de Licenciada
Ciências Biológicas
Área de concentração: Ecologia

Orientador: Prof. Dr. Sérgio de Faria
Lopes

Aprovado em: 27 / 08 / 2015

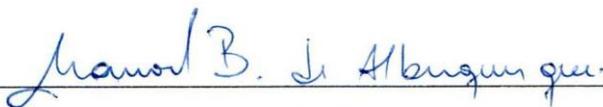
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes
(Orientador - UEPB)



Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha
(Membro interno)



Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque
(Membro externo)

Aos meus pais que são os principais responsáveis por todas as conquistas, por cada passo por mim dado. Por todo amor, carinho e confiança, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Quantas vezes o caminho parece não ter fim? Quantas vezes parece que nada vai dá certo? Mas ai existe uma força, que não dá para explicar bem, é algo que se pode apenas sentir, e que te faz chegar até o fim, e sentir que valeu a pena e valeu muito a pena tudo o que você passou, tanto que você nem lembra mais o lado ruim. Bem, isso é o que chamo de presença divina. É a presença do pai que te ama todos os dias todas as horas até mesmo quando você não é um bom filho. Esse é Deus, o qual eu agradeço pelo dom da vida, por cada passo dado, pelas conquistas, por me ensinar a caminhar sobre flores e espinhos. “Tua palavra é lâmpada para os meus pés, e luz para o meu caminho”.

Meus pais, costumo dizer que são a razão de tudo que sou de tudo aquilo que pretendo um dia ser. E são sim, sem sombra de dúvida!! Apesar do meio acadêmico ser um mundo totalmente diferente para eles, nunca mediram esforços e sempre me apoiaram. Tantos momentos difíceis, tantos problemas que surgiram, muitos paradigmas sendo quebrados, entretanto, aos poucos tudo se concertava. Mãe, Sra. Maria minha maior semelhança. O mais incrível e que fascina, é ver em ti uma pessoa que apesar de não ter tido a oportunidade de estudar sabe como ninguém o valor do estudo e dessa forma desde o princípio me incentivou a esse destino. Sou eternamente grata a ti, cada conquista minha é também tua. Pai, Sr. João como queria ter essa paciência que emana de ti, com esse jeito calado, quieto e sempre a cada conquista minha mesmo sem entender bem do que se tratava logo, o singelo sorriso no rosto que me faz sentir-se acolhida. Agradeço a vocês por todo amor, carinho, confiança e esforços concentrados para mim. Também peço desculpas pelas ausências, estresses.

Aos irmãos Nalva, Marinêz e Mario, agradeço pela compreensão e ajuda de cada dia, me sentia cada vez mais estimulada. Aos cunhados Aline e Marcone (cunhado) agradeço por toda ajuda, serei eternamente grata. Aos sobrinhos que não são poucos (Kleiton, Kayque, Kaillane, Maiana, Murilo e a pequenina Milena) agradeço pelos risos, pelo carinho de sempre, vocês têm um significado enorme para mim. Aos familiares mais próximos, e aqueles que torceram por mim, agradeço pelo incentivo e por acreditarem em mim.

Ao professor Sérgio, muito além do que um simples orientador. Junto a sua função de professor / orientador tornou-se para mim um pai, um amigo, muitas vezes um psicólogo. Ao longo do tempo fui percebendo que havia ganhado um pai acadêmico

com uma simplicidade e humildade admirável. Aquele que no momento necessário me dava um puxão de orelha, com o seu jeito brincalhão de ser, e com um sotaque mineiro/paraibano, sempre falava “Maiara, eu vou te dar uma pisa”, “**Às vezes**” você deveria ter feito isso, aquilo” outras tantas vezes me chamou a atenção por não acreditar em mim mesma, e com o tempo foi me fazendo crescer e acreditar que eu seria capaz de conquistar aquilo que almejava. Ao longo desses três anos seja na pesquisa cada vez mais impulsionando-me a tornar o trabalho mais robusto, seja na monitoria da disciplina, pude aprender muito, com o senhor. Sérgio, sou muito grata por todos ensinamentos, pela paciência, por todo tempo dedicado a mim e acima de tudo pela confiança. E “simbora” que acho que vai ter que me aguentar por mais um tempo aí pela frente (rsrsrs).

A professora Monica Maria, minha mãe acadêmica, que deu início ao meu processo de lapidação. Monica, agradeço pela paciência, pelos ensinamentos e pelas maravilhosas experiências que tive com o trabalho no GGEA, lembro-me bem dos trabalhos realizados em Olivedos-PB quão gratificante foi ser útil na vida das pessoas. E acima de tudo agradeço pelo convívio com a senhora uma pessoa admirável, com uma verdadeira humanidade. Aos amigos do GGEA, Mariane, Jucilene, Ivanilza, Sandrelena, Barbará, Virginia, *in memoriam* a Emerson, agradeço a todos pela amizade, pelo carinho, incentivo, troca de experiências e por todos os bons momentos que tive ao lado de vocês.

Aos professores André Pessanha e Manoel Bandeira, que aceitaram participar da avaliação desse estudo, agradeço pelas correções, críticas e direcionamentos.

Aos professores, da graduação pelos ensinamentos, pela amizade, em especial a André Pessanha que além de professor da graduação muito me auxiliou com as análises estatísticas desse estudo, além das descontraídas conversas no LEVe; ao amigo Raynner Rilke agradeço pela amizade, confiança e pelas boas e longas conversas; a professora Joseline Molozzi pelos conselhos, e também pelo auxílio com as análises estatísticas; ao professor Iranildo Melo, que muito nos ajudou com a identificação das espécies.

Aos companheiros de campo: Camila, Gilbevan e Vitor. O que seria de nós sem nós enh?!! Fizemos do sofrimento boas aventuras, as vezes um tanto arriscadas!!Quantas vezes nos perdemos naquele labirinto enh? (ps.:sempre quando Vitor estava guiando), foram abelhas, cobras, cercas a serem puladas, rochas a subir a descer, sol, calor, espinhos, quedas e mais quedas e mais quedas (fui campeã nesse quesito), enjoos de Camila e a possível espera de um “marmeleirinho” ou

“catingueirinha”. Camila, menina doce e meiga, pude encontrar uma grande amiga com uma paciência admirável, sincera não, diferente!! Sempre com um bom humor e fazendo de coisas serias e trágicas, motivos para boas risadas. Gilbevan, dotado de um senso de direção incrível e indispensável naquela serra!! Agradeço pelas boas conversas, pelo cuidado, pela paciência, pela ajuda nas sofridas coletas de solo, que nos renderam dolorosos calos nas mãos. Vitor, chegou meio assim sem a gente esperar né? Com o tempo fomos nos tornando grandes amigos, você com um bom senso de humor sempre nos fazendo rir. Agradeço a cada um pela companhia, pela coragem, pela amizade, pelas boas conversas.

Aos LEVeanos, componentes do melhor e mais divertido laboratório que a UEPB já viu. A lista é grande... Temos uma velha guarda: Marcos, Brenda, Thallyta, Gilbevan, Camila, Lucia, Miscilene, Antônio, Anderson, Augusto, Paulo Sérgio, Vitor, Carol, Fransisco... alguns já tomaram outros destinos e outros ainda se mantêm por aqui... Agradeço a todos pela amizade e pelas ajudas em campo e no laboratório. De maneira especial agradeço a Thallyta, pela companhia de sempre, que nos renderam dias maravilhosos no LEVe, pela troca de conhecimentos, pelos conselhos e a boa amizade que se mantêm até hoje. Ao Sr. Marcos Júnior, velho amigo quase irmão, agradeço pelas boas e longas conversas, pelos conselhos, pela confiança e companhia de sempre, pela parceria na monitoria de ecologia de populações e comunidades (melhor dupla de monitores que Sérgio pode ter). Em especial nesses últimos dias quando nem eu estava me aguentando, te agradeço imensamente pela força, pelas dicas e pela constante presença. A Brenda, assim como eu “menina das terras” agradeço pela confiança, pela sincera amizade. Tenho uma grande admiração por você, essa sua serenidade traz uma paz a quem está por perto, agradeço por esse dom que tens de ser uma boa ouvinte (qualidade de poucos). Ainda vamos publicar muito sobre influência de fatores edáficos na vegetação da Caatinga!!

E então chego a nova guarda do LEVe: Sonally, Iran, Humberto, Davilla, Pablo, Fabricio. Agradeço a todos pela amizade, pelos maravilhosos campos que tivemos nos últimos tempos, todas risadas e todas as boas conversas. Sonally (pigmeu), Humberto (amarelo), e Iran (suricate) agradeço imensamente pelos bons conselhos, pelo cuidado, incentivo, pelas boas e longas conversas que sempre rendiam muitas risadas, em especial a Sonally e Humberto agradeço pela ajuda, e força que me deram nesses últimos e desgastantes dias (“envelheci dez anos ou mais nesse último mês”).

Aos eternos amigos da graduação, Jessica, Miscilene, Diena, Gilbevan, Tércio, Lisyane e Elane, agradeço pela companhia, amizade e pelas trocas de experiências, mas acima de tudo pelas boas risadas que nos fizeram suportar até o fim. Que nossa amizade seja para além dos cinco anos!

Aos amigos conterrâneos Ana Carla, Jane, Alberto, Humberto, Aldenira, Igor, Marcela e Telma juntos fazíamos que a vigem cansativa de todos os dias se tornasse a mais divertida possível. Agradeço pela amizade, pela compreensão nos momentos de ausência e pela confiança que depositaram em mim.

Peço desculpas a todos que desagradei, com palavras ou atos, principalmente aos familiares que muitas vezes não entendiam a falta de paciência e tempo.

Sei bem que esse é apenas o primeiro passo, ainda quero alçar grande voos, peço a Deus que me guie sempre e encha meus caminhos de boas pessoas como encontrei até hoje, e que nunca me falte coragem, fé e determinação.

Por fim, agradeço a todos que de maneira direta ou indireta me apoiaram, contribuíram para esse trabalho.

RESUMO GERAL

Na Caatinga as variações na florística e fitofisionomia não estão relacionadas apenas a disponibilidade hídrica, mas a uma série de fatores ambientais que interagem e influenciam essa variação. Dentre as variáveis ambientais, as edáficas e as variações altitudinais desempenham um importante papel na diversidade e distribuição das espécies. O objetivo do trabalho foi compreender a influência dos fatores edáficos (granulométricos e químicos) na composição e distribuição das espécies ao longo de um gradiente altitudinal no semiárido brasileiro. A pesquisa foi realizada na Serra de Bodocongó, localizada no município de Queimadas, Paraíba (Semiárido brasileiro). A área foi dividida em três níveis altitudinais: nível 1 (base) com elevação ≥ 400 m, nível 2 (porção mediana) com elevação ≥ 500 m e nível 3 (apice) com elevação ≥ 600 , onde foram estabelecidas 21 parcelas de 50 x 4 m, perfazendo sete parcelas em cada nível altitudinal. Para o levantamento florístico-fitossociológico foram incluídos todos os indivíduos com diâmetro do caule ao nível do solo (DNS) ≥ 3 cm e altura ≥ 1 m. Foram realizadas amostras compostas de solo em todas as parcelas. O trabalho teve como hipótese central de que o menor nível altitudinal possui uma alta fertilidade do solo, entretanto, uma menor riqueza de espécies devido ao maior impacto antrópico que ocorre nessa área. Verificamos que ao longo do gradiente altitudinal existiram diferenças em relação as variáveis edáficas e quanto a abundância, composição e estrutura da comunidade vegetal. Assim os resultados obtidos demonstram a complexidade da Caatinga e comprovam que mesmo ao longo de curtos gradientes altitudinais ocorrem variações florísticas e estruturais que podem ser explicadas por mudanças nas variáveis edáficas. Além de evidenciar a importância do estudo, uma vez que pouco se conhece sobre influência de variáveis edáficas ao longo de gradientes altitudinais no semiárido brasileiro.

Palavras-chave: comunidade vegetal, Caatinga, variáveis edáficas

ABSTRACT

Caatinga variations in flora and vegetation type are not only related to water availability, but to a number of environmental factors that interact and influence this variation. Among the environmental variables, soil and altitudinal variations play an important role in the diversity and distribution of species. The objective was to understand the influence of soil factors (grain size and chemical) in the composition and distribution of species along an altitudinal gradient in the Brazilian semiarid region. The survey was conducted in the Sierra de Bodocongó, in the municipality of Fires, Paraíba (Brazilian Semi-Arid). The area was divided into three altitudinal levels: Level 1 (base) with high ≥ 400 m, level 2 (middle portion) with high ≥ 500 m level 3 (apex) with high ≥ 600 , which were established 21 plots of 50 x 4 m, totaling seven plots on each altitudinal level. For the floristic-phytosociological survey included all individuals with stem diameter at ground level (DNS) ≥ 3 cm and height ≥ 1 m. Composite samples of soil were carried out on all plots. The work was central hypothesis that the lower altitudinal level has a high soil fertility, however, a lower species richness due to increased human impact that occurs in that area. We found that along the altitudinal gradient existed differences from the soil variables and the abundance, composition and structure of the plant community. Thus the results demonstrate the complexity of the Caatinga and show that even over short altitudinal gradients occur floristic and structural variations can be explained by changes in soil variables. Also highlights the importance of studying, since little is known about the influence of soil variables along altitudinal gradients in the Brazilian semiarid region.

Keywords:

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa esquemático de localização da área de estudo, Serra de Bodocongó, localizada no município de Queimadas, Paraíba - Brasil.....	31
Figura 2	Processo de fragmentação causado por áreas de pastagens e práticas agrícolas no entorno da Serra de Bodocongó, município de Queimadas - PB, Brasil.....	32
Figura 3	Aspecto típico do nível 1 (base) da Serra de Bodocongó, Queimadas - PB, Brasil	33
Figura 4	Aspecto da vegetação do nível 2 (altitudes intermediárias) da Serra de Bodocongó, Queimadas - PB, Brasil	33
Figura 5	Aspecto da vegetação do Nível 3 (topo) da Serra de Bodocongó, Queimadas - PB, Brasil.....	33
Figura 6	Diagrama de ordenação pelo método de escalonamento não métrico (nMDS) das 21 parcelas amostradas ao longo do gradiente altitudinal ▲ nível 1; ▼ nível 2 ; ■ nível 3	40
Figura 7	Regressões lineares entre variáveis edáficas e altitude. Variáveis coletadas	43
Figura 8	Diagrama de Ordenação da Análise de Correspondência Canônica (CCA) das parcelas e das espécies que apresentaram abundância igual ou superior a dez indivíduos. As espécies estão representadas pelo nome abreviado. As parcelas L1 são referentes a nível 1, L2 nível 2 e L3 nível 3. Dados coletados na Serra de Bodocongó – Queimadas, Paraíba	45

Brasil.....

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Espécies amostradas e respectivos números de indivíduos (NI) e área basal (AB) avaliados em cada nível altitudinal da serra de Bodocongó, Paraíba - Brasil. Organizadas primeiramente por espécies que se distribuem em todos os níveis altitudinais e por ordem alfabética dentro deste critério..... 37
- Tabela 2 – Parâmetros estruturais da comunidade arbustiva - arbórea na Serra de Bodocongó, Paraíba - Brasil..... 39
- Figura 3 – Análises químicas e granulométricas das amostras compostas de solo coletadas na Serra de Bodocongó – Queimadas, Paraíba – Brasil. H +Al⁺³- acidez potencial; Al⁺³-acidez trocável; SB- soma de bases; CTC – capacidade de troca catiônica; V- saturação por bases; m- saturação por alumínio; M.O- matéria orgânica..... 43
- Figura 4 – Coeficientes dos testes de normalidade (Shapiro Wilk- p) e significância das variáveis edáficas coletadas na Serra de Bodocongó – Queimadas, Paraíba – Brasil. H +Al⁺³- acidez potencial; Al⁺³-acidez trocável; SB- soma de bases; CTC – capacidade de troca catiônica; V- saturação por bases; m- saturação por alumínio; M.O- matéria orgânica. (*) = p < 0.05; (**) = p < 0.01 e (ns) = p > 0.05
..... 44

SUMÁRIO

I - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
a- Vegetação da Caatinga.....	16
b- Influência dos solos na distribuição das espécies.....	19
c- Biodiversidades em gradientes altitudinais.....	21
II - JUSTIFICATIVA	24
III - OBJETIVOS	24
a- Geral	24
b- Específicos	24
IV REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
MANUSCRITO.....	36
Resumo.....	37
1. INTRODUÇÃO.....	39
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	41
2.2. PROCEDIMENTOS DE COLETA E TRATAMENTO DE DADOS.....	44
2.2.1. Estrutura da vegetação.....	44
2.2.2 Coleta e análises do solo	45
2.2.3 Análises dos dados	45
3. RESULTADOS	47
3.1 Estrutura da vegetação	47
3.2. Variáveis edáficas.....	50

4.	DISCUSSÃO.....	55
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	61

I. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

a. Vegetação da Caatinga

Cerca de 844.453 quilômetros quadrados do território brasileiro, abrangendo quase toda a totalidade da região nordeste, além de uma pequena parte do estado de Minas Gerais, localizado na região sudeste do Brasil são ocupados quase que de forma contínua por um conjunto de formações vegetais denominado de savana-estépica (Andrade-Lima 1982). Este termo foi criado pelo naturalista Trochain (1955) para designar uma formação africana tropical próxima a Zona Holártica que apresenta árvores, arbustos e ervas de forma relevante sem uma dominância fisionômica das árvores. Para Andrade-Lima (1982) essa classificação caracteriza muito bem os tipos de vegetação das áreas semiáridas do nordeste Brasileiro (IBGE, 2012).

O nordeste brasileiro é caracterizado por apresentar um clima semiárido, no entanto essa região apresenta uma grande variedade microclimática, apresentando desde climas super-úmidos, semi-úmidos até úmidos (Prado, 2003). Associado a essa variedade climática a vegetação que recobre esse território se encontra como um mosaico de ecoregiões e unidades florísticas (Apgaua et al., 2014).

Esta vegetação está submetida a parâmetros meteorológicos críticos como as mais altas taxas de radiação solar durante todo ano; temperaturas elevadas, com médias anuais entre 25°C e 30°C; além de altos índices de evapotranspiração, e baixos e irregulares índices de precipitação (Gariglio et al., 2010). Essas características climáticas, principalmente a irregularidade pluviométrica, são responsáveis pelos severos períodos de estiagem (Nobre e Melo, 2001).

As diversas fisionomias e conjuntos florísticos que compõem essa vegetação sofrem influências do gradiente climático, bem como da redução nos índices pluviométricos que ocorre do litoral em direção ao interior do continente, onde a vegetação perde em altura e ganha em espécies decíduas e sua fisionomia toma contornos de floresta seca, podendo ser considerado o maior núcleo de florestas secas da América Latina (Santos et al., 2011; Apgaua et al., 2014). Tal complexidade e diversidade da região está atrelada ao fato desta ser uma ecorregião de floresta tropical seca cercada por florestas úmidas e semiúmidas, podendo assim receber influências diretas das formações vegetais circunvizinhas (Guedes et al., 2012).

Embora muitos autores considerem a Caatinga como um único bioma (Santana e Souto, 2006; Pereira Júnior et al., 2012; Cabral et al. 2013). Essa denominação vem sendo questionada, uma vez que estamos nos referindo a uma área geográfica composta de várias fitofisionomias, formações bastante diversas, que são influenciados por uma série de fatores físicos e com microclimas diferenciados (Araújo et al, 2012).

Para Coutinho (2006) bioma pode ser definido como uma área do espaço geográfico com dimensões de até mais de um milhão de quilômetros quadrados, que tem por características a uniformidade de um macroclima definido, de uma determinada fitofisionomia ou formação vegetal, de uma fauna e outros organismos vivos associados, e de outras condições ambientais, como a altitude, o solo, alagamentos, o fogo, a salinidade, entre outros. Portanto, a Caatinga pode ser considerada como um Zonobioma II por apresentar clima tropical com chuvas de verão e inverno seco, dentro do bioma Savana, que é constituído por um complexo de fisionomias, e de formações, representando um gradiente de biomas ecologicamente relacionados (Coutinho, 2006).

O termo Caatinga é de origem *tupy* e significa mata branca, fazendo referência ao aspecto que a vegetação apresenta no período de estiagem quando as plantas perdem as folhas e os troncos esbranquiçados dominam a paisagem (Prado, 2003). No entanto, o termo Caatinga na maioria das vezes é usado fazendo referência a região geográfica e esta é entendida como sinônimo de unidades de vegetação. Essa classificação tem gerado algumas confusões uma vez que pode excluir algumas formações vegetais floristicamente semelhantes a Caatinga, mas que se encontram em regiões geográficas diferentes (Prado, 2003).

Com uma vegetação xerófila caracterizada pela presença de espécies lenhosas, herbáceas, além de cactáceas e bromeliáceas, a Caatinga apresenta diferentes formas adaptativas às intempéries do clima, como espécies caducifólias e com presença de espinhos, sendo estas as principais características em resposta das variações climáticas dessa região (Drummond et al., 2000; Cabral et al., 2013).

A variação na cobertura vegetal não está associada apenas a disponibilidade hídrica, mas essa variação está fortemente associada a fatores ambientais como o clima, o relevo, o embasamento geológico, a variabilidade dos solos, a disponibilidade de nutrientes, a altitude e, sobretudo, a inter-relação entre esses fatores é responsável pela formação de ambientes ecológicos bastante variados (Rodal et. al., 2008; Andrade Lima, 2007). Sendo assim, a diversidade dos tipos de Caatinga pode ser determinada por um conjunto de fatores físicos, acrescidos dos fatores biológicos (Araújo, 2007).

O semiárido brasileiro apresenta marcadas variações no relevo, e apresentam áreas com altitudes elevadas formando conjuntos de serras, que são consideradas refúgios vegetacionais dentro da Caatinga (Velloso et al., 2002; IBGE, 2012). As serras localizadas a uma maior proximidade do litoral apresentam uma vegetação típica de regiões úmidas com enclaves de Mata Atlântica conhecidos como brejos de altitude. Nas áreas mais interioranas, os conjuntos de serras localizados em meio a vegetação típica da Caatinga formam pontos em que a vegetação ganha características de mata seca e com espécies típicas de regiões úmidas (Velloso et al., 2002; Gariglio et al., 2010; IBGE, 2012).

Apesar da grande variedade de habitats, a Caatinga por muito tempo foi considerada uma região com baixa biodiversidade (Leal et al., 2005) e por isso até hoje pouco se sabe sobre a dinâmica ecológica desse ecossistema, que assim como outras formações vegetacionais brasileiras vem sofrendo com uso insustentável dos seus recursos naturais principalmente para práticas agrícolas e pecuárias (Araújo et al, 2012; Santana e Souto, 2006).

A necessidade do entendimento sobre como ocorre os processos ecológicos nos ecossistemas naturais proporcionou o surgimento e desenvolvimento de estudos que passaram a fornecer dados sobre a estrutura, composição e até dinâmica dos ecossistemas (Cabral et al., 2013). Os recentes estudos em regiões de Caatinga têm revelado a alta biodiversidade existente nessas regiões quando comparada a outras regiões semiáridas do mundo (Oliveira et al, 2012; Calixto Junior e Drumond, 2014). Estudos de diversidade nessas comunidades têm alertado sobre a necessidade de que sejam tomadas medidas para conservação dessa região, que está submetida a transformação das áreas naturais em áreas de pastagens (Oliveira et al, 2012; Apgaua et al., 2014).

Através da fitossociologia é possível conhecer e realizar uma avaliação momentânea de padrões ecológicos como frequência, densidade, dominância e diversidade de espécies que se encontram em uma comunidade (Maragon et al., 2013).

Embora existam alguns trabalhos fitossociológicos da vegetação da Caatinga (Alcoforado Filho et al., 2003; Maragon et al., 2013; Calixto Junior e Drumond, 2014) ainda falta muito para o entendimento completo das fitofisionomias deste Bioma, havendo a necessidade de estudos em diferentes áreas, determinando padrões de distribuição geográfica e abundância e principalmente a relação com fatores ambientais,

para que se possam compreender melhor os diferentes tipos de Caatinga (Santana e Souto, 2006).

b. Influência dos solos na distribuição das espécies

O solo é um sistema complexo, produto da interação entre organismos vivos e de uma matriz física, composta de diferentes fatores. A relação que o solo apresenta com as espécies vegetais é extremamente complexa e pode responder diversos questionamentos acerca da estrutura e funcionamento das formações vegetais nos ecossistemas mundiais (Gurevitch et al., 2009).

O solo proporciona o crescimento eficaz da vegetação, por outro lado a vegetação exerce a função de proteger o solo, impedindo a erosão, mantendo os nutrientes através da acumulação de matéria orgânica e do processo de ciclagem de nutrientes, e aumentando a capacidade de armazenamento de água do solo, o que consequentemente aumenta a disponibilidade desse recurso para os vegetais (Gurevitch et al, 2009; Wang et al, 2013).

Há muito tempo, estudos vem sendo realizados para compreender a influência do solo sobre a estabilidade ou perpetuação de espécies vegetais. Experimentos como o de Tansley (1917) já tentavam esclarecer a pressão dos solos para o estabelecimento de determinadas espécies vegetais (Ricklefs, 2006).

No Brasil, estudos realizados em áreas de Cerrado e na Amazônia (Oliveira Filho et al., 1994; Carvalho et al., 2005; Rodrigues et al., 2007; Camargos et al., 2008; Bohlman et al., 2008; Laurance et al., 2010; Abreu et al., 2012; Nery et al., 2012) tem observado que as diferentes fitofisionomias existentes apresentam fortes correlações com as variáveis edáficas, e estas podem ainda estar associadas a outros fatores como topografia, clima, disponibilidade de água e luz (Marimon Junior e Haradisan, 2005; Abreu et al., 2012; Sanchez et al., 2013).

Dentre as variáveis associadas ao solo, a altitude, topografia, declividade, umidade geomorfologia, pH, quantidade de matéria orgânica, profundidade do solo, disponibilidade de nutrientes e principalmente as propriedades químicas, e relacionadas a textura são as mais estudadas e as que melhor respondem as mudanças na vegetação (Gurevitch et al., 2009).

Em escala local a topografia é considerada importante fator na estrutura espacial de comunidades vegetais, porque geralmente representa mudanças nas propriedades físicas e químicas do solo, sobretudo por influenciar o regime de água dos solos o que

interfere diretamente nos processos de ciclagem de nutrientes, bem como na ocorrência de microrganismos, germinação, estabelecimento e mortalidade de plântulas (Rodrigues et al., 2007; Souza et al., 2012).

Associada à topografia, a declividade é tida como outro fator que possibilita uma variedade de situações ambientais, como a formação de gradientes de umidade no solo entre o topo e a base de uma vertente; o transporte de partículas de solo ao longo do perfil; a variação na penetração e distribuição da luz no interior da mata; a elevação da copa de indivíduos menores e mais jovens em áreas superiores como uma forma de alcançarem o dossel mais rápido em áreas de declividade acentuada, gerando assim um aspecto de degraus no estrato arbóreo (Cardoso e Schiavini, 2002). Tais situações influenciam diretamente a distribuição da vegetação principalmente entre as posições topográficas baixas e nos topos (Cardoso e Schiavini, 2002; Martins et al., 2003).

Aliada a esses fatores, a umidade e o status de aeração influenciam diretamente na dinâmica da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes que por sua vez é considerada fundamental para o estabelecimento do conjunto de espécies que se estabeleceram no ambiente, bem como para a produtividade do ecossistema (Siqueira et al., 2009).

Entretanto, o entendimento sobre como os atributos físicos (textura) e químicos (composição cátions) do solo influenciam a composição e estrutura das comunidades vegetais tropicais, é que vem sendo apontado pelos ecólogos como o cerne para compreensão do funcionamento desses ecossistemas, por ser a vegetação (produtores primários) a base de toda cadeia trófica (Bohlman et al., 2008; Eni et al., 2011).

O solo é constituído de partículas que apresentam-se em tamanhos e proporções diferenciadas as quais constituem a textura do solo. A textura do solo tem um papel crucial sob o efeito das propriedades do solo nas espécies vegetais, já que exerce grandes consequências nas relações hídricas e nutricionais das plantas, podendo estimular ou inibir o crescimento vegetal (Wang et al., 2013), uma vez que algumas dessas partículas tem grande poder na atração de cátions que incluem a maioria dos nutrientes minerais (Gurevitch et al., 2009).

A região semiárida é composta por um mosaico complexo de tipos de solos que estão associados a duas unidades geológicas que são as matrizes cristalinas e as bacias sedimentares, que podem variar mesmo dentro de pequenas distâncias (Pinheiro et al., 2010). Associadas a essas unidades geológicas e ao fator clima, os solos da Caatinga podem responder a heterogeneidade ambiental (Prado, 2003). Os solos vão desde solos

rasos e pedregosos coberto de cactáceas, aos solos arenosos e profundos (Velloso et al., 2002). Os solos de origem sedimentar são pouco férteis deficientes em fósforo e cálcio, já os solos de origem do cristalino são mais variáveis, indo dos férteis em geral com textura mais argilosa, aos pouco férteis com textura muito arenosa (Gariglio et al., 2010).

Para compreender as relações entre solo e vegetação na Caatinga é necessário levar em consideração vários aspectos, entre eles a temperatura e a precipitação da região, uma vez que esses dois fatores influenciam na composição do solo, pelo fato de que a disponibilidade hídrica do solo influi na decomposição da serapilheira e conseqüentemente na assimilação pelos vegetais (Santana e Souto, 2006).

Comparando os hábitos de espécies de plantas lenhosas e herbáceas em diferentes tipos de solos em uma área de Caatinga, Pinheiro et al. (2010) constataram uma maior associação das espécies vegetais aos solos originados na matriz cristalina, onde os solos predominantes eram os argissolos, luvisolos e neossolos litólicos, mostrando assim a formação de diferentes fitofisionomias com composição florística e riqueza de espécies diferenciadas mesmo dentro de pequenas áreas.

Em geral poucos são os estudos realizados no intuito de compreender a relação solo – vegetação em áreas de Caatinga. Nesse contexto, Araújo et al. (2012) afirmam que os estudos sobre a fisionomia são de grande importância na área da Caatinga, pois através desses estudos se torna possível compreender a distribuição das espécies vegetais, suas relações, funções e adaptações ao ambiente.

c. Biodiversidade em gradientes altitudinais

As condições físicas do ambiente, as relações entre as espécies e as alterações ambientais que ocorrem ao longo dos gradientes de altitude, estão entre os fatores que, de forma mais intensa, governam a dinâmica da estrutura e composição das comunidades vegetais (Sánchez et.al., 2010). Especificamente as alterações ambientais que ocorrem ao longo dos gradientes altitudinais, tem sido alvo de grande interesse para entendimento da diversidade das comunidades vegetais (Nunes e Santos, 2011; Salas - Morales e Meave, 2012).

As variações altitudinais são consideradas um dos principais gradientes que podem influenciar o crescimento das plantas e propiciar mudanças, tanto na composição florística quanto na fisionomia das formações vegetais (Urbanetz et al., 2012).

Entretanto, a altitude em si não tem consequências diretas nos padrões de distribuição da vegetação, mas associadas a outros fatores ambientais como a pluviosidade, ação dos ventos, umidade relativa do ar, características físicas e químicas do solo, drenagem e topografia que variam ao longo de um gradiente altitudinal (Meireles et al., 2008; Urbanetz et al., 2012). Dessa forma, os gradientes altitudinais são exemplos complexos onde os efeitos de recursos físicos e de fatores reguladores atuam em conjunto determinando a distribuição das espécies (Damasceno Junior, 2005).

As tendências da riqueza de espécies ao longo dos gradientes altitudinais são variadas e depende do grupo de espécies examinado ou da escala espacial do estudo (Salas -Morales e Meave, 2012). Para tanto, existem três padrões de diversidade de espécies ao longo dos gradientes altitudinais: (1) padrão denominado padrão monotômico-decrescente no qual ocorre uma diminuição do número de espécies com aumento da altitude; esse padrão pode ser explicado basicamente a partir de duas hipóteses: a primeira é aquela referente ao controle climático da riqueza de espécies através da severidade ambiental ou produtividade primária e a segunda se refere ao conjunto de hipóteses relacionadas a Teoria de Equilíbrio de Biogeografia de Ilhas propostas por Mac Arthur & Wilson (1963, 1967); (2) padrão unimodal parabólico ou “distribuição em forma de sino”, que sugere uma maior riqueza de espécies em altitudes intermediárias seguido por uma redução da riqueza com o aumento da altitude, esse é o padrão mais comumente difundido, e (3) padrão constante, que diz que a riqueza de espécies é constante desde as baixas até elevadas altitudes (Rahbek, 1995; Paciencia, 2008; Borges, 2011).

O padrão monotômico decrescente, no qual a riqueza de espécies diminui com o aumento da altitude, foi por muito tempo aceito como um padrão geral e despertou ainda mais a atenção a partir de estudos realizados com aves nos Andes peruanos e na Nova Guiné (Rahbek, 1995). Esse padrão foi por muito tempo explicado pelas teorias da biogeografia, relacionadas a diminuição da área com o aumento da altitude. Entretanto, uma profunda revisão de literatura mostrou que esse padrão não é monótono, sendo observados vários trabalhos com picos de diversidade em altitudes intermediárias (Sánchez - González e Mata, 2005; Rahbek, 1995). A partir dessa descoberta, os estudos sobre riqueza de espécies ao longo de gradiente altitudinais tornou-se um dos principais focos de pesquisa na ecologia (Sánchez - González e Mata, 2005).

As florestas tropicais são consideradas os ambientes que apresentam maior biodiversidade da Terra e uma complexidade de fatores ambientais que são diretamente responsáveis pelos padrões de distribuição espacial das espécies vegetais (Sanchez et al., 2013). Nesses ambientes as variações altitudinais são considerados os principais gradientes ambientais e são capazes de proporcionar mudanças florísticas e fisionômicas nessas formações vegetais (Morel, 2014). Alterações na composição, riqueza e distribuição de espécies ao longo dos gradientes altitudinais tem sido investigada em diferentes áreas dos trópicos (Lieberman et al., 1996; Sánchez - González e Mata, 2005; Sundqvist et al., 2011; Hernández et al, 2012; Kok et al., 2012; Morales e Meave 2012; Silva et al., 2014).

No Brasil alguns estudos foram realizados com intuito de investigar a composição riqueza e distribuição das espécies ao longo dos gradientes altitudinais (Paciencia 2008; Meirelles et al., 2008; Eisenlohr et al., 2012; Alves et al., 2012; Cavazere e Silveira 2012; Urbanetz et al, 2012; Silva et al., 2014; Morel, 2014). Entretanto, pouco se sabe sobre áreas de alta elevação uma vez que as informações ainda são restritas e fragmentadas (Bertoncello et al, 2011; Kok et al., 2012).

No geral esses trabalhos têm demonstrado que as diferentes cotas altimétricas apresentam diferenças nas condições de temperatura, declividade, umidade do ar, disponibilidade hídrica, exposição aos ventos, distância do mar, os quais influenciam as variáveis edáficas e microclimáticas, formando assim diferentes condições ambientais que estão diretamente envolvidos nas variações florísticas e estruturais em comunidades vegetais e conseqüente em toda biota associada (Bertoncello et al., 2011; Joly et al., 2012).

Esses ambientes no Brasil ainda foram muito pouco estudados, nos últimos anos é que passaram a ser foco do interesse de pesquisas, sendo a maioria dos trabalhos realizados nas regiões Sul e Sudeste (Oliveira Filho e Fontes, 2000; Meireles et al., 2008; Valente et al., 2011; Joly et al., 2012; Sanchez et al., 2013). Mesmo nessas regiões ainda pouco se sabe sobre as relações entre a distribuição de espécies vegetais e fatores ambientais relacionados com a altitude (Sanchez et al, 2013). Esses trabalhos têm sugerido que associado a altitude, as variáveis edáficas também exercem forte pressão sobre essas similaridades / dissimilaridades florísticas e estruturais das comunidades vegetais (Urbanetz et al., 2012; Valente et al., 2011).

Em se tratando de estudos em gradientes altitudinais na região semiárida brasileira, a maioria dos trabalhos foram realizados nas áreas mais úmidas, nos enclaves

de Mata Atlântica denominados de brejo de altitude (Ferraz et al., 1998; Rodal et al., 2005) onde as altitudes chegam até 1000m. Nas áreas onde predominam as Caatingas arbóreas e arbustivas, os estudos ainda são incipientes (Oliveira et al., 2009; Silva et al., (2014), sendo os únicos trabalhos realizados nesse tipo de vegetação. Oliveira et al (2009) realizaram um levantamento florístico fitossociológico em cinco áreas serranas no Planalto da Borborema, enquanto que Silva et al (2014) investigaram os padrões de riqueza de espécies da comunidade arbustiva - arbórea ao longo dos gradientes altitudinais nessas áreas e encontraram um padrão ainda pouco conhecido na literatura; maior riqueza de espécies com o aumento da altitude (Silva et al., 2014).

Assim como os demais ecossistemas mundiais, o acentuado grau de antropização que o semiárido brasileiro vem sofrendo tem alterado a dinâmica dos processos ecológicos desse ecossistema. Entre essas áreas, as regiões serranas são consideradas refúgios de vegetação e devem ser consideradas áreas prioritárias para conservação (Drumond, 2002; Silva et al, 2014), uma vez que essas regiões são consideradas núcleos de diversidade biológica e endemismos (Kok et al., 2012). Sendo assim, se faz necessário estudos que busquem compreender a influência do gradiente altitudinal, conjuntamente as variáveis abióticas, que estão diretamente modificando a estrutura e composição da vegetação nestas áreas.

II. JUSTIFICATIVA

Levando em consideração que as regiões montanhosas no semiárido brasileiro são consideradas centros de biodiversidade e endemismos (Silva et al, 2014), torna-se necessário a realização de estudos que busquem compreender os padrões de estrutura e composição da vegetação nestas regiões, além de compreender a influência que as variáveis edáficas (granulométricas e de fertilidade) exercem sobre a vegetação ao longo de gradientes altitudinais, afim de que se tenha conhecimento do funcionamento desses ecossistemas e se possa tomar medidas para conservação destas áreas. O presente trabalho será realizado com intuito de investigar a influência dos fatores edáficos na composição, estrutura e diversidade da comunidade arbustiva arbórea e na distribuição das populações ao longo de um gradiente altitudinal no semiárido brasileiro.

III. OBJETIVOS

a. Objetivo geral

Compreender a influência dos fatores edáficos (granulométricos e químicos) na composição e distribuição das espécies ao longo de um gradiente altitudinal no semiárido brasileiro.

b. Objetivos específicos

- Realizar levantamento florístico e fitossociológico da área;
- Realizar a coleta de solo;
- Compreender as características químicas e granulométricas do solo ao longo do gradiente altitudinal, observando as possíveis divergências;
- Analisar a relação existente entre as comunidades vegetais de cada nível altitudinal com as propriedades do solo;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu M F, Pinto J R R , Maracahipes L, Gomes L, Oliveira E A, Marimon B S, Marimom Junior B H, Farias J, Lenza E (2012) Influence of edaphic variables on the floristic composition and structure of the tree-shrub vegetation in typical and rocky outcrop cerradoareas in Serra Negra, Goiás State, Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 35: 259-272

Araújo K D, Parente, H N, Éder-Silva E Ramalho C I, Dantas R T, Andrade A P, Silva D S (2012) Estrutura fitossociológica do estrato arbustivo-arbóreo em áreas contíguas de Caatinga no Cariri Paraibano. *Brazilian Geographical Journal Geosciences and Humanties research medium* 3: 155-169

Alcoforado Filho F G, Sampaio, E V S B, Rodal M J N (2003) Florística e Fitossociologia de um Remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. *Acta bot. bras.* 17: 287-303

Alves L A, Marco A A, Melis J, Barros A L S, Vieira S A, Martins F R, Martinelli L A, Joly C A (2012) Variation in liana abundance and biomass along an elevational gradient in the tropical Atlantic Forest (Brazil). *Ecol Res* (2012) 27:323–332 doi 10.1007/s11284-011-0902-8

Andrade Lima, D. (2007) Estudos fitogeográficos de Pernambuco. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife.* 24: 3-274

Andrade-Lima D (1982) The caatingas dominium. *Revista Brasileira de Botânica.* 4: 149-153

Apgaua D M G, Coelho P A, Santos R M, Santos P F, Oliveira Filho A T (2014) tree community structure in a seasonally dry tropical forest remnant, Brazil. *Cerne*, 20:173-182. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760.201420021540>

Araújo L V C (2007) Composição florística, fitossociologia e influência dos solos na estrutura da vegetação em uma área de Caatinga no semi-árido Paraibano. Tese apresentada a Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

Bertoncello R, Yamamoto K, Meireles L D, Shepherd G J (2011) A phytogeographic analyses of cloud forest subtypes amidst the Atlantic forests in south and southeast Brazil. *Biodiversity and Conservation* 20:3413–3433. doi 10.1007/s10531-011-0129-6

Bohlman S A, Laurance W F, Laurance S G, Nascimento H E M, Fearnside P M, Andrade, A (2008) Importance of soils, topography and geographic distance in structuring central Amazonian tree communities. *Journal of Vegetation Science* 19: 863-874 doi: 10.3170/2008-8-18463

Borges D F M (2011) Padrões de Variação na riqueza de espécies em gradientes altitudinais: uma revisão multi – taxonômica. Universidade de Brasília

Cabral G A L, Sampaio E V S B, Almeida-Cortez J S (2013) Estrutura espacial e biomassa da parte aérea em diferentes estádios Sucessionais de Caatinga, em Santana Terezinha, Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia e Física* 6

Calixto Junior J T, Drumond M A (2014) Estudo comparativo de estrutura fitossociológica de dois fragmentos de Caatinga em diferentes níveis de conservação. *Pesquisa Florestal* 34: 80 doi: 10.4336/2014.pfb.34.80.670

Camargos V L, Silva A F, Meira Neto J A A, Martins S V (2008) Influência de fatores edáficos sobre variações florísticas na Floresta Estacional Semidecídua no entorno da Lagoa Carioca, Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brasil. *Revista Acta Botânica Brasílica*, v.22, p.75-84, 2008.

Carvalho D A, Oliveira Filho A T, Vilela E A, Curi N, Van Den Berg E, Fontes M A L, Botezelli L (2005) Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 28:329-345

Cardoso E, Schiavini I (2002) Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia MG) *Revista Brasileira de Botânica* 25:277-289

Cavarzere V, Silveira L F (2012) Bird species diversity in the Atlantic Forest of Brazil is not explained by the Mid-domain Effect. *Zoologia* 29: 285–292. doi:10.1590/S1984-46702012000400001

Coutinho L M (2006) O conceito de bioma. *Acta Botânica Brasílica* 20:13-23

Damasceno Júnior G A (2005) Estudo florístico e fitossociológico de um gradiente altitudinal no Maciço Urucum- Mato Grosso do Sul- Brasil. Tese, Universidade Estadual de Campinas

Drumond M A, Kiill L H P, Lima P C F, Oliveira M C, Oliveira V R, Albuquerque S G Nascimento C E S, Cavalcante J (2014) Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da Caatinga. In: Seminário para avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga.

Drumond M A, Kiill L H P, Nascimento C E S (2002) Inventário e sociabilidade de espécies arbóreas e arbustivas da Caatinga na Região de Petrolina, PE. *Brasil Florestal* 74:37-43

Drumond M A, Kill L H P, Lima P C F, Oliveira M C, Oliveira V R, Albuquerque S G, Nascimento C E S, Cavalcanti J Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação , utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga, Petrolina : 2000.

Eisenlohr P V, Alves L F, Bernacci L C, Padgurschi M C G, Torres R B, Prata E M B, Santos F A M, Assis M A, Ramos E, Rochelle A L C, Martins F R, Campos M C R, Pedroni F, Sanchez M, Pereira L S, Vieira S A, Gomes J A M A, Tamashiro J Y, Scaranello M A S, Caron C J, Joly C A (2013) Disturbances, elevation, topography and

spatial proximity drive vegetation patterns along na altitudinal gradiente of a top biodiversity hotspot. *Biodivers Conserv* 22: 2767-2783. doi 10.1007/s10531-013-0553-x

Eni D D, Iwara A I, Offiong R A (2012) Analysis of Soil-Vegetation Interrelationships in a South-Southern Secondary Forest of Nigeria. *International Journal of Forestry Research* doi:10.1155/2012/469326

Ferraz E M N, Rodal M J N, Sampaio E V S B, Pereira R C A (1998) Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. *Revta brasil. Bot* 21: 7-15

Gariglio M A, Sampaio E V S B, Cestaro L A, Kageyama P Y (2010) Uso sustentável e conservação Brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. ed. IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2012 dos recursos florestais da Caatinga. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010.

Guedes R S, Zanella F C V, Costa Júnior J E V, Santana G M, Silva J A, (2012) Caracterização florístico-fitossociológica do componente lenhoso de um trecho de caatinga no semiárido paraibano. *Revista Caatinga Mossoró* 25: 99-108

Gurevitch J, Scheiner S M, Fox G A (2009) Ecologia Vegetal. In: *Artmed* (2ªed) Solos, nutrição mineral e interações subterrâneas, pp 71-97

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Clima do Brasil. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências, 2002. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 27/10/2013.

Kottek, Markus et al. World map of the Koppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15: 259-264.

IBGE (2012) Manual técnico da Vegetação. (2ªed) Rio de Janeiro

Joly C A, Assis M A, Bernacci L C, Tamashiro J Y, Campos M C R, Gomes J A M A, Lacerda M S, Santos F A M, Pedroni F, Pereira L S, Padgurschi M C, Prata E M B, Ramos E, Torres R B, Rochelle A, Martins F R, Alves L F, Vieira A S, Martinelli L A, Camargo P B, Aidar M P M, Eisenlohr P V, Simões E, Villani J P, Belinello R (2012) Florística e fitossociologia em parcelas permanentes da Mata Atlântica do sudeste do Brasil ao longo de um gradiente altitudinal. *Biota Neotrop* 12:125–145. doi:10.1590/S1676-06032012000100012

Kok, A D, Parker, D.M, Barker, N P, (2012) Life on high: the diversity of small mammals at high altitude in South Africa. *Biodivers. Conserv.* 21: 2823-2843

Laurance S G W, Laurance W F, Andrade A, Fearnside P M, Harms K E, Vicentini, A, LUIZÃO, C. C (2010) Influence of soils and topography on Amazonian tree diversity: a landscape-scale study. *Journal of Vegetation Science* 21: 96–106, 2010 doi: 10.1111/j.1654-1103.2009.01122.x

Leal I R, Silva J M C, Tabarelli M, Lacher T E (2005) Changing the course of biodiversity conservation in the Caatinga of northeastern Brazil. *Conserv Biol* 19:701–706. doi:10.1111/j.1523-1739.2005.00703.x

Lieberman D, Lieberman M, Peralta R, Hartshorn GS (1996) Tropical forest structure and composition on a large-scale altitudinal gradient in Costa Rica. *J Ecol* 84:137–152

MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. (1967) The theory of island biogeography. *Monographs in population biology*, no. 1. Princeton. Princeton University Press

Martins S V, Silva N R S, Souza A L, Meira Neto J A A (2003) Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de floresta estacional semidecidual em Viçosa, MG.

Marimon Junior B H, Haridasan M (2005) Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. 19: 913-926.

Maragon G P, Ferreira R L C, Silva J A A, Lira D F S, Loureiro G H (2013) Estrutura e padrão espacial da vegetação em uma área de Caatinga. *Floresta* 43:1

Maragon L C, Soares J J, Feliciano A L P, Lani J L, Matos L V (2013) Relação entre vegetação e pedofomas namatado paraíso, Município de Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore* 37: 441-450

Martins S V, Silva N R S, Souza A L, Neto J A A M, (2003) Distribuição de espécies arbóreas em u gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. *Scientia Forestalis*

Meireles L D, Shepherd G J, Kinoshita L S (2008) Variações na composição florística e na estrutura fitossociológica de uma floresta ombrófila densa alto-montana na Serra da Mantiqueira, Monte Verde, MG. *Revista Brasil. Bot* 31:559-574

Morel J D (2014) Relações entre vegetação arbórea e variáveis ambientais ao longo do gradiente altitudinal. Tese, Universidade Federal de Lavras

Nery A V, Schaefer C E G R, Silva A F, Souza A L, Ferreira- Junior W G, Meira- Neto J A A (2012) The influence of soils on the floristic composition and community structure of an area of Brazilian cerrado vegetation. *Edinburgh Journal of Botany* 69:1-27. doi:10.1017/S0960428611000382

Nobre P, Melo A B C (2001) Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. *Clima análise* (São José dos Campos), Brasil.

Nunes G K M, Santos S B (2011) Gradiente de altitude e riqueza de espécies: como o estudo dos Moluscos terrestres contribui com esta questão? *Revista Oecologia Australis* 15:854-868. doi.org/10.4257/oeco.2011.1504.06

Oliveira G, Araújo M B, Rangel T F, Alagador D, Diniz- Filho, J. A. F (2012) Conserving the Brazilian semiarid (Caatinga) biome under climate change. *Revista Biodiversid Conservtion* 15:854-868. dx.doi.org/10.4257/oeco.2011.1504.06

Oliveira P T B, Trovão D M B M, Carvalho E C D, Souza B C, Ferreira L M R (2009) Florística e fitossociologia de quatro remanescentes vegetacionais em áreas de serra no cariri paraibano. *Revista Caatinga* 22: 169-178

Oliveira-Filho A T, Vilela E A, Carvalho D A, Gavilanes M L (1994). Effects of soils and topography on the distribution of tree species in a Tropical Riverine Forest in southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 10: 483- 508

Oliveira-Filho AT, Fontes M A L (2000) Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in southeastern Brazil, and the influence of climate. *Biotropica* 32:793–810. doi:10.1111/j.1744-7429.2000.tb00619.x

Paciência, M.L.B., 2008. Diversidade de pteridófitas em gradientes de altitude na Mata Atlântica do Estado do Paraná (Master dissertação). University of São Paulo.

Prado D E (ed). *As Caatingas da América do Sul*. In: Leal I R., Tabarelli M, Silva J M C da (Comp.). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Recife: UFRPE, 2003

Pereira Júnior L R, Andrade A P, Araújo K D (2012) Composição florística e fitossociológica de um fragmento de Caatinga em Monteiro, PB

Pinheiro K, Rodal M J N, Alves M (2010) Floristic composition of different soil types in a semi-arid region of Brazil. *Revista Caatinga* 23: 68-77

Rahbek C (1995) The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. *Ecol Lett* 8:224–239

Ricklefs R E (2006) *A economia da natureza*. In: Guanabara (6^aed)

Rodal M J N, Nascimento L M, Melo A L (1999) Composição Florística de um trecho de vegetação arbustiva caducifólia, no município de Ibimirim, PE, Brasil. *Acta Botânica Brasílica*

Rodal M J N, et al. (2005) Vegetação e flora fanerogâmica da área de Betânia, Pernambuco. In: Araújo, F. S. et al. Análises das variações da biodiversidade do bioma caatinga - suporte a estratégias regionais de conservação. Biodiversidade 12. MMA. Brasília 3:139-166.

Rodal M J N, Martins F R, Sampaio E V S B (2008) Levantamento quantitativo das plantas lenhosas em trechos de vegetação de caatinga em Pernambuco. Caatinga, Mossoró 21:192-205

Rodrigues L A, Carvalho D A, Oliveira Filho A T, Curi N (2007) Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. Revista Árvore 31: 25-35

Salas - Morales S H, Meave J A (2012) Elevational patterns in the vascular flora of a highly diverse region in southern Mexico. Plant Ecol 213:1209-1220. doi 10.1007/s11258-012-0077-6

Sanchez M, Pedroni F, Eisenlohr P V, Oliveira Filho A T (2013) Changes in tree community composition and structure of Atlantic rain forest on a slope of the Serra do Mar range, southeastern Brazil, from near sea level to 1000 m of altitude. Flora doi.org/10.1016/j.flora.2013.03.002

Sánchez- González A, López Mata (2005) Plant species richness and diversity along an altitudinal gradient in the Sierra Nevada, Mexico. Journal of Conservation Biogeography 11:567-575. doi: 10.1111/j.1366-9516.2005.00186.x

Santos J C, Leal I R, Cortez J S A, Fernandes G W, Tabarelli M (2011) Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. Tropical Conservation Science 4: 276-286

Santana J A S, Souto J S (2006) Diversidade e estrutura fitossociológica da Caatinga na estação ecológica do Seridó – RN. Revista de Biologia e Ciências da Terra 6:232-242

Silva F K G, Lopes S F, Lopez L C S, Melo J I M, Trovão D M B M (2014) Patterns of species richness and conservation in the Caatinga along elevational gradients in a semiarid ecosystem. *Journal of Arid Environments* 110:47-52. doi:10.1016

Siqueira A S, Araújo G M, Schiavini, I (2009) Estrutura do componente arbóreo e características edáficas de dois fragmentos de floresta estacional decidual no vale do rio Araguari, Minas Gerais, Brasil. *Revista Acta Botânica Brasílica* 23:10-21

Souza P B, Lelis J J, Schaefer C E G R, Souza A L, Meira Neto J A A (2012) Distribution of tree species in a geomorphological and pedological gradient of submontane semideciduous seasonal forest in the vicinity of rio doce state park, minas gerais, 4: 707-718

Sundqvist M K, Giesler R, Wardele D A (2011) Within- and across-species responses of plant traits and litter decomposition to elevation across contrasting vegetation types in subarctic tundra. *PLoS ONE* 6: 27056. doi:10.1371/journal.pone.0027056

Tansley, A.G. (1917) On competition between *Galium saxatile* L. *G-Hercynicum* Weig. and *Galium sylvestre* Poll. *G-asperum* Schreb. on different types of soil. *Journal of Ecology*, **5**, 173–179.

Urbanetz C, Lehn C R, Salis S M, Bueno M L, Alves, F M (2012) Composição e distribuição de espécies arbóreas em gradiente altitudinal, morraria do Urucum, Brasil. *Revista Oecologia Australis* 16(4): 859-877. doi.org/10.4257/oeco.2012.1604.10

Valente A S M, Garcia P O, Salimena F R G, Oliveira Filho A T (2011) Composição, estrutura e similaridade florística da Floresta Atlântica, na Serra Negro, Rio Preto – MG. *Revista Rodriguesia* 62: 321- 340

Velloso A L, Sampaio E V S B (2002) Ecorregiões: propostas para o bioma Caatinga. Recife: Associação de Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil.

Wang C, Zhao C Y, Xu Z, Wang Y, Peng H (2013) Effect of vegetation on soil water retention and storage in a semi-arid alpine forest catchment. *J Arid Land* 5: 207–219
doi: 10.1007/s40333-013-0151-5

Manuscrito a ser submetido à Revista Plant Ecology – Qualis B1

**RELAÇÕES ENTRE FERTILIDADE DO SOLO, COMPOSIÇÃO E
ESTRUTURA DE UMA COMUNIDADE ARBUSTIVA-ARBÓREA AO LONGO
DE UM GRADIENTE ALTITUDINAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Maiara Bezerra Ramos ¹; Sérgio de Faria Lopes ²; Gilbevan Ramos de Almeida

Universidade Estadual da Paraíba, Laboratório de Ecologia Vegetal e Ecofisiologia
(LEVe) Departamento de Biologia, CEP 58109-790, Campina Grande, Paraíba – Brasil-
maiarabramos@hotmail.com

RELAÇÕES ENTRE FERTILIDADE DO SOLO, COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA
DE UMA COMUNIDADE ARBUSTIVA-ARBÓREA AO LONGO DE UM
GRADIENTE ALTITUDINAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Resumo

Entender os fatores ambientais responsáveis pelas mudanças que ocorrem na vegetação das áreas serranas do semiárido brasileiro é importante para compreensão da dinâmica dessas comunidades. Dentre as variáveis ambientais, a fertilidade do solo pode explicar essa variação na estrutura e composição dessas comunidades. Nesse sentido, avaliamos a influência de fatores edáficos na estrutura e composição da vegetação em um gradiente altitudinal no semiárido brasileiro. O estudo foi realizado na Serra de Bodocongó, localizada no semiárido brasileiro. Para o levantamento florístico a área foi dividida em três níveis altitudinais nível 1 (400-500m), nível 2 (500-600 m) e nível 3 (> 600 m). Foram plotadas 21 unidades amostrais de 50 x 4 m, incluindo todos os indivíduos vivos com altura ≥ 1 m e com diâmetro do caule ao nível do solo (DNS) ≥ 3 cm. Em todas as unidades amostrais foram realizadas amostras compostas de solo de 0-20 cm de profundidade. A nMDS mostrou a formação de três grupos florísticos distintos. As variáveis edáficas que apresentaram diferenças significativas entre os níveis altitudinais foram P, K, H+ Al⁺³, V%, M.O., areia e argila. As regressões lineares indicaram correlações significativas entre a altitude e as variáveis pH, V%, P, K, Al⁺³, H+ Al⁺³, areia e argila. Sugerimos que variações na disponibilidade de recursos refletiram nas diferenças nas abundâncias de algumas espécies ao longo dos níveis altitudinais, além da presença de espécies exclusivas no nível superior. As análises das variáveis edáficas indicaram que os solos do nível altitudinal superior apresentam menor fertilidade e maiores níveis de acidez. A maior diversidade de espécies foi encontrada no nível 3 sugere a influência da especialização ecológica em determinadas condições edáficas que levam a partição do nicho e a coexistência das espécies. Os resultados evidenciados pela CCA confirmam a influência das variáveis edáficas na formação dos grupos florísticos-estruturais.

Palavras - chave: variáveis edáficas, altitude, Caatinga, Brasil

1. INTRODUÇÃO

Compreender as mudanças que ocorrem nos padrões da vegetação ao longo de gradientes ambientais tem sido alvo de muitos estudos ao longo do tempo (Rahbek, 1995; Paciência, 2008; Bernard Verdier et al., 2012), uma vez que o funcionamento dos ecossistemas envolve um complexo de interações, entre fatores bióticos e abióticos, que variam ao longo destes gradientes (Boulangéat et al., 2012). Regiões montanhosas têm despertado interesse dos pesquisadores por funcionarem como sistemas naturais capazes de produzir uma heterogeneidade de habitats que afetam diretamente a distribuição das espécies vegetais (Korner, 2004; Sundqvist et al., 2011; Salas - Morales e Meave, 2012).

Diferenças na disponibilidade de nutrientes do solo (fertilidade) têm sido mensuradas e apontadas como determinantes na variação das populações vegetais ao longo de gradientes, especificamente altitudinais, uma vez que podem levar ao deslocamento ou partição de nicho (Martins et al., 2003; Bertonecelo et al., 2011; Abreu et al., 2012; Maragon et al., 2013).

Os teores de nutrientes no solo podem ser limitados por um conjunto de fatores associados, como o pH e textura do solo, que variam ao longo do gradiente e possibilitam substituição das espécies vegetais (Abreu et al., 2012). Em regiões com diferentes níveis altitudinais ocorre o carreamento dos nutrientes das regiões mais elevadas para as mais baixas, possibilitando a maior fertilidade do solo nos menores níveis altitudinais e conseqüentemente afetando a presença e/ou ausência das espécies (Martins et al., 2003; Souza et al., 2012).

Os mecanismos determinantes para as variações que ocorrem na estrutura e composição da vegetação em gradientes altitudinais podem ser esclarecidos por diversas teorias propostas (Born et al., 2014; Ricklefs et al., 2015). A teoria do nicho que busca explicar que a distribuição e abundância das espécies no ambiente pode ser governada simultaneamente por diferenças nas condições dos habitats, que funcionam como filtros ambientais, para as espécies vegetais e por interações bióticas, como a competição, que possibilita a coexistência das espécies por meio da especialização no consumo de um recurso (Tilman, 2004; Born et al., 2014). Por outro lado, a teoria Neutra proposta por Hubbel (2001), postula que as espécies têm funções equivalentes no ambiente e suas distribuições e abundâncias são governadas por eventos estocásticos, e limitações na dispersão.

Outra hipótese é a teoria do distúrbio intermediário, proposta por Huston (1979), que propõe que a maior fertilidade em uma dada área possibilita o domínio de algumas poucas espécies que passam a monopolizar os recursos inibindo o crescimento das demais, levando a uma diminuição na riqueza da área. Por outro lado, em condições menos favoráveis (menor fertilidade) ocorre a partição do nicho impulsionando a coexistência de um maior número de espécies e aumentando a diversidade no ambiente (Bernard Verdier et al., 2012).

As regiões serranas no semiárido brasileiro apresentam um padrão oposto daqueles encontrados em gradientes altitudinais tropicais, em que a riqueza diminui conforme o avanço da altitude (Rahbek, 1995; Paciência, 2008; Borges, 2011). Estudos realizados nessas áreas sugerem que a maior riqueza e diversidade nos níveis altitudinais maiores, no semiárido brasileiro, pode ser explicado pela dificuldade de acesso a estes ambientes, impondo restrições às atividades humanas, o que não ocorre nas elevações inferiores (Oliveira et al., 2009; Silva et al., 2014). Entretanto, ainda não se sabe a influência das variáveis edáficas (fertilidade do solo) sobre este padrão conhecido e, possível consequência na distribuição e estruturação das populações vegetais ocorrentes nestas áreas.

Assim, considerando a complexidade e heterogeneidade da vegetação da Caatinga, e que as regiões serranas no semiárido brasileiro são centros de biodiversidade e endemismos (Silva et al., 2002; Silva et al., 2014), o presente trabalho teve como objetivo investigar a influência dos fatores edáficos (granulométricas e de fertilidade) na composição, estrutura e diversidade da comunidade arbustiva-arbórea ao longo de um curto gradiente altitudinal no semiárido brasileiro, afim de que se tenha conhecimento do funcionamento desses ecossistemas e se possa tomar medidas para conservação destas áreas. Dessa forma, a hipótese central do trabalho é de que a menor nível altitudinal possui uma alta fertilidade do solo, devido ao carreamento, entretanto, uma menor riqueza de espécies como consequência do maior impacto antrópico que ocorre nessa área.

2. MATERIAL E METÓDOS

2.1. Área de estudo

O presente trabalho foi realizado na Serra de Bodocongó ($7^{\circ}27'6''\text{S}$ e $35^{\circ}59'41''\text{O}$), localizada no município de Queimadas- PB, microrregião do cariri paraibano ecorregião do Planalto da Borborema, semiárido brasileiro (Figura 1).

O clima da região é do tipo BSh segundo a nova classificação atualizada de Köppen-Geiger (Peel et al, 2007) com duas estações definidas em dois períodos um seco e o chuvoso que dura entre os meses de março a julho, com índice pluviométrico em média de 300 mm por ano. Na área de estudo há o predomínio dos solos vertissolo, litólicos eutróficos e luvisolos (Embrapa solos, 2013).

O município de Queimadas possui uma área de aproximadamente 118 Km^2 (IBGE, 2010), sendo a agricultura e agropecuária as atividades mais praticadas. Fato que pode ser comprovado nas proximidades da área de estudo onde existem comunidades rurais que vivem, sobretudo, dessas atividades (Figura 2).

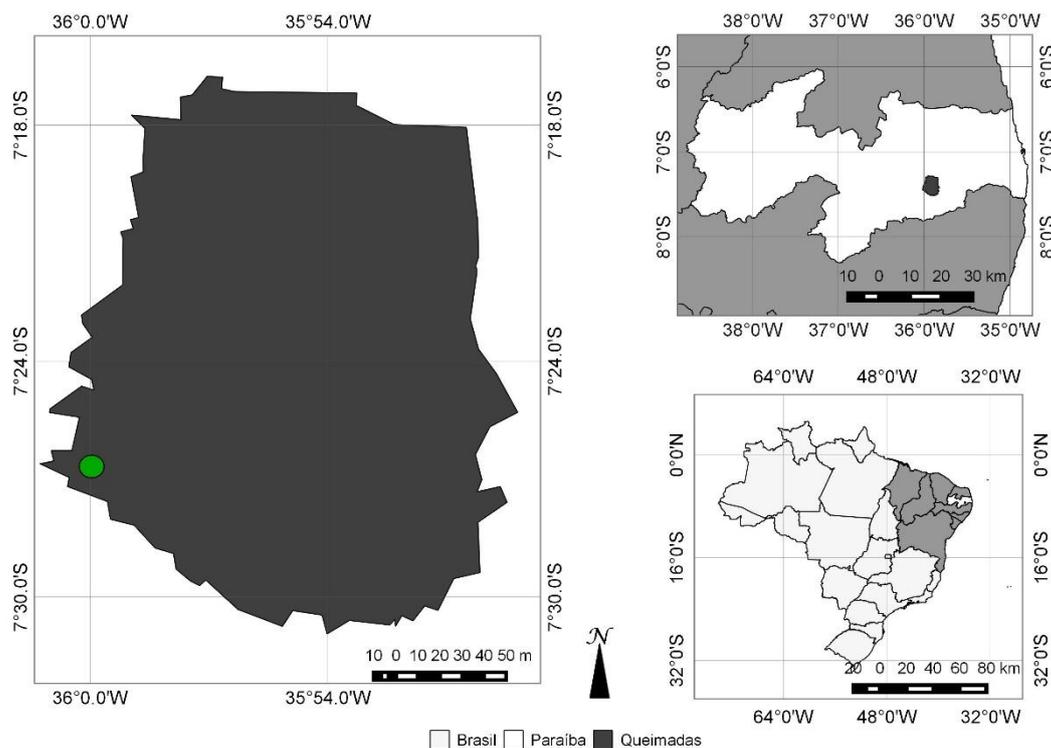


Figura 1 – Mapa esquemático de localização da área de estudo, Serra de Bodocongó, localizada no município de Queimadas, Paraíba – Brasil.

Com auxílio de aparelho de GPS foram demarcados três níveis altitudinais ao longo de toda a área serrana, sendo nível 1 (base) com elevação mínima de 400 e máxima de 500 metros de altitude, nível 2 (porção intermediária) com elevação variando entre 500 até 600 metros, e nível 3 (topo da serra) onde a elevação mínima foi de 600 metros. A divisão da serra em níveis altitudinais foi baseada em trabalhos realizados anteriormente por Oliveira et al., (2009) e Silva et al., (2014) que sugeriram existir diferenças florísticas e estruturais entre esses três níveis ao longo do gradiente altitudinal.



Figura 2 - Processo de fragmentação causado por áreas de pastagens e práticas agrícolas no entorno da Serra de Bodocongó, município de Queimadas – PB, Brasil.

A região do entorno da serra, é formada por áreas de pastagens e lavouras. As áreas de encosta da serra (abaixo de 400 m de altitude) são caracterizadas em diferentes níveis do processo de sucessão ecológica, ocasionado sobretudo, pelo uso agrícola e práticas agropecuárias. Nessas áreas, a vegetação é mais aberta e caracterizada como Caatinga arbustiva arbórea-aberta, onde há a uma dominância de *Croton blanchetianus* Baill.e *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz, espécies típicas de áreas de sucessão secundária em ecossistemas do semiárido (Santana e Souto, 2006). Além da presença de trilhas criadas pela população rural para extração de recursos madeireiros, ou ainda para a pastagem de caprinos e bovinos (Figura 3).

Figura 3.
Aspecto



típico do nível (base) da Serra de Bodocongó, Queimadas – PB, Brasil.

Nas altitudes intermediárias, entre 500 e 600 m de altitude, a vegetação é fechada. Apresenta maior diversidade de espécies, os indivíduos em geral apresentam maior porte, sendo classificada como Caatinga arbustivo-arbórea fechada (Figura 4). Os solos possuem uma grande quantidade de serapilheira, o que influencia diretamente no processo de ciclagem de nutrientes. Essa área apresenta-se menos impactada, no entanto, foi constatada a presença de caprinos em algumas partes, e a retirada de madeira principalmente de espécies como *Myracrodruon urundeuva* Allemão e *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth. que geralmente são utilizadas para fins medicinais e madeireiros pela população do semiárido brasileiro (Albuquerque e Andrade, 2002).



Figura 4. Aspecto da vegetação no nível 2 (altitudes intermediárias) da Serra de Bodocongó, Queimadas – PB, Brasil.

Nas áreas mais elevadas, acima de 600 metros de altitude (topo da serra), a presença de lianas é bastante frequente existindo alguns fragmentos que são totalmente recobertos por essas lianas, o que dificulta o acesso. Espécies como *Clusia paralicola* encontrada no levantamento florístico, é mais abundante nessas áreas, de maneira geral as árvores apresentam menor porte, e a presença de solos argilosos (Figura 5).



Figura 5: Aspecto da vegetação do Nível 3 (topo) da Serra de Bodocongó, Queimadas – PB, Brasil.

2.2. PROCEDIMENTO DE COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

1.2.1 Estrutura da vegetação

As excursões ao campo para as coletas de dados florístico e estruturais foram realizadas semanalmente do período de janeiro a julho de 2013. A amostragem foi realizada pelo método de parcelas indicado por Braun - Blanquet (Martins, 1989).

A fim de avaliar a composição florística e estrutural da área de maneira que houvesse uma representatividade significativa da vegetação, bem como, para analisar a influência do gradiente altitudinal na distribuição das espécies, em cada nível altitudinal foram demarcadas sete unidades amostrais de 50 x 4 m de forma aleatória, totalizando-se 21 unidades amostrais ao longo de toda a serra. Foram incluídos todos os indivíduos vivos com altura igual ou superior a 1m e com diâmetro do caule ao nível do solo (DNS) maior ou igual a 3 cm, por caracterizarem plantas em estágios adultos para a Caatinga (Amorim et al., 2005).

Para as medidas de DNS foram utilizados paquímetros e fitas métricas com leitura direta para diâmetro e perímetro, enquanto as estimativas de altura dos indivíduos amostrados foram feitas com o auxílio de podão de coleta de 12 metros e, acima disso, por estimativa visual. Em campo foram registrados os seguintes dados: altura, nome científico, diâmetro ao nível do solo e para aqueles indivíduos não identificados foram anotadas as principais características morfológicas e/ou fisionômicas, e realizada a coleta do material botânico para futura análise por especialistas ou comparação com coleções de herbário.

O material testemunho foi depositado no Herbário Manoel de Arruda Câmara (ACAM) da Universidade Estadual da Paraíba. As identificações foram realizadas através de consultas à literatura especializada, por comparação com exemplares nos

herbários e, confirmadas por especialistas em grupos taxonômicos. As espécies foram classificadas em famílias de acordo com o sistema do *Angiosperm Phylogeny Group III* (APG III 2009).

2.2.2. Coleta e análise do solo

As coletas foram realizadas na camada superficial, que compreende de 0-20 cm de profundidade do solo. Em cada parcela foram coletadas três amostras de solo em pontos distintos, sendo a primeira no início, a segunda no centro e a terceira no fim da parcela, constituindo uma amostra mista da parcela.

As amostras de solo foram encaminhadas para análise no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo na Universidade Federal da Paraíba - UFPB, onde foram feitas as análises para determinação dos atributos químicos e granulométricos do solo. Quanto aos atributos químicos foram feitas as análises de matéria orgânica (MO), pH, P, K⁺, Na⁺², H⁺ + Al⁺³, Al⁺³, Mg, Al⁺³, Ca⁺², Mn⁺². Além disso, foram feitas saturação por bases (V), soma de bases trocáveis (SB) e saturação por alumínio (m). Para a análise granulométrica foi verificado a fração de areia grossa, areia fina, silte e argila (em g. Kg⁻¹). As análises foram realizadas seguindo os procedimentos da Embrapa (1997).

2.2.3. Análise dos dados

Para a caracterização da estrutura arbustiva-arbórea da comunidade estudada, foram calculados os valores relativos e absolutos de densidade e área basal. Ainda para a avaliação da diversidade foram calculados os índices de diversidade de Shannon (H') e de equabilidade de Pielou (J') e número de espécies exclusivas para cada nível altitudinal. Todos esses dados foram obtidos a partir do programa FITOPAC 2.0 program (Shepherd, 1995).

Para testar se as variáveis ambientais e de respostas (abundância das espécies), foram significativamente diferentes entre as níveis altitudinais foi realizado uma PERMANOVA (*Permutation Multivariate Analysis of Variance*) (com 999 permutações; p < 0,05) (Anderson, 2001), tendo como fatores: níveis altitudinais (três níveis: 1, 2 e 3) para as variáveis ambientais utilizando uma matriz com coeficiente de Distancia Euclidiana; enquanto que para as variáveis respostas, uma análise de similaridade utilizando uma matriz de Bray- Curtis.

Padrões nas estruturas e composições florísticas ao longo do gradiente altitudinal foram verificadas pelo método de ordenação de escalonamento não métrico multidimensional (nMDS). O nMDS é um método de ordenação não-paramétrico que plota as amostras em um gráfico de dispersão. Para realizar o nMDS foi utilizada a matriz de similaridade de Bray-Curtis utilizando o programa PRIMER versão 6+ PERMANOVA (*Software Package from Plymouth Marine Laboratory, UK*).

As variáveis edáficas, variáveis respostas (abundância das espécies) e os dados de elevação foram organizadas numa matriz de dados. Como para a abundância é comum observar a dominância de algumas espécies e por outro lado, muitas espécies de baixa densidade, geralmente essas variáveis apresentam falta de normalidade e homogeneidade de variâncias. Ao analisar dados brutos significa que analisamos basicamente as espécies comuns, enquanto que as raras apresentam um pequeno peso (Melo e Hepp, 2008).

Uma forma de corrigir desvios de normalidade e heterogeneidade é com a transformação dos dados (Zar, 1999). Como se tratam de dados oriundos de contagem, as variáveis respostas (abundância) foram transformadas em raiz quadrada. Enquanto que as variáveis químicas do solo foram transformadas em $\log(x+1)$ e os valores de granulometria, dados em porcentagem, foram transformados em arcoseno (Zarr, 1999).

Com o objetivo de verificar se as diferenças nos valores das variáveis ambientais foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre os níveis altitudinais foi realizado uma análise de variância simples (ANOVA *one-way*) (Zar, 1999) para cada nutriente, utilizando o programa PAST versão 1.6 (Hammer et al, 2001). Regressões lineares foram realizadas para com objetivo de verificar se existem correlação entre as variáveis edáficas e a altitude.

Com a finalidade de relacionar as variáveis ambientais, com os grupos florísticos realizamos uma análise de CCA (*Canonical Correspondence Analysis*) (Ter Braak, 1986). A CCA é uma análise multivariada que permite visualizar como o ambiente pode influenciar nas variações na abundância das espécies que compõem a comunidade (Ter Braak e Verdonschot, 1995). Através da CCA é possível representar simultaneamente a ordenação espacial de amostras, espécies e variáveis ambientais (Ferreira et al., 2007).

A CCA é uma das análises de gradiente mais diretamente utilizada, diferindo das demais técnicas de ordenação de dados pela entrada dos dados que é composta por duas matrizes (Ter Braak, 1986). A primeira matriz, as vezes chamada de matriz principal é constituída pela abundância das espécies da comunidade, enquanto que a segunda

matriz inclui as variáveis ambientais, no nosso caso, variáveis edáficas (Melo e Hepp, 2008; Lemos, 2013).

A matriz de vegetação foi composta pela abundância das espécies em cada nível altitudinal. Foram incluídas apenas as espécies com ≥ 10 indivíduos, uma vez que as espécies raras ou com baixa abundância tem pouca ou nenhuma influência nos resultados de ordenação e sua eliminação reduz o montante de cálculos (Mendes et al., 2012; Finger e Oestreich, 2014).

Para a matriz de variáveis ambientais, a princípio, foram incluídas todas as variáveis (MO), pH, P, K⁺, Na⁺, H⁺ + Al⁺³, Al⁺³, Mg, Al⁺³, Ca⁺², Mn⁺², saturação por bases (V), soma de bases trocáveis (SB) e saturação por alumínio (m), capacidade de troca catiônica (CTC), areia, silte e argila. Entretanto, após uma CCA preliminar foram excluídas as variáveis que apresentaram baixa correlação e significância (pH, Al, K, SB) (Gonçalves, 2011; Abreu et al., 2012; Finger e Oestreich, 2014). Nessa análise, as variáveis ambientais são representadas por setas e o tamanho das setas indica a relação da variável ambiental com o eixo e com o padrão de variação, podendo ser interpretadas junto com os pontos que representam as espécies (Lemos, 2013). Para avaliar o nível de significância dos eixos de ordenação canônica foi realizado o teste de Monte Carlo (Gonçalves, 2011; Abreu et al., 2012).

3. RESULTADOS

3.2. Estrutura da vegetação

Foram avaliados um total de 1.383 indivíduos distribuídos em 56 espécies e 22 famílias, sendo 16 espécies não identificadas, e aqui tratadas, como morfoespécies (Tabela 1). Deste total, 29 espécies ocorreram no nível 1, 42 no nível 2 e 44 espécies no nível 3 (Tabela 2).

Na serra foram encontradas espécies que apresentaram uma ampla distribuição ao longo do gradiente altitudinal. Dentre as espécies com indivíduos nos três níveis, *Croton blanchetianus*, *Poincianella pyramidalis* e *Allophylus* sp. foram as que apresentaram maiores densidades, com abundâncias diferentes ao longo do gradiente. No entanto, também foram amostradas espécies exclusivas nos diferentes níveis altitudinais (Tabela 2).

Tabela 1- Espécies amostradas e respectivos números de indivíduos (NI) e área basal (AB) medida em centímetros avaliados em cada nível altitudinal da serra de Bodocongó, Paraíba - Brasil. Organizadas primeiramente por espécies que se distribuem em todos os níveis altitudinais e por ordem alfabética dentro deste critério.

ESPÉCIE	Nível 1		Nível 2		Nível 3	
	NI	AB	NI	AB	NI	AB
<i>Acalypha multicalis</i> Müll. Arg.	3	0,004	3	0,006	9	0,016
<i>Allophylus</i> sp.	10	0,029	114	0,662	47	0,199
<i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul	2	0,004	2	0,006	1	0,016
<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart.	14	0,069	31	0,751	12	0,257
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	10	0,037	28	0,139	29	0,161
<i>Capparis jacobinae</i> Moric. ex Eichler	8	0,030	15	0,037	6	0,015
<i>Ceiba glaziovii</i> (Kuntze) K. Schum.	1	0,038	2	0,108	0	0,000
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	5	0,310	5	0,085	1	0,115
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	1	0,010	15	0,226	6	0,101
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	314	0,841	20	0,120	4	0,023
<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth.	7	0,033	26	0,159	2	0,004
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	1	0,001	4	0,013	7	0,025
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	9	0,024	5	0,004	1	0,001
<i>Lantana microphylla</i> Mart.	2	0,005	1	0,004	0	0,000
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.)L.P.Queiroz var. <i>ferrea</i>	4	0,006	5	0,030	1	0,001
<i>Manihot glaziovii</i> Muell. Arg.	10	0,065	18	0,094	11	0,041
<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.	29	0,254	5	0,030	3	0,003
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	3	0,036	2	0,038	0	0,000
Morfoespécie I	12	0,034	3	0,006	2	0,002
Morfoespécie XIII	1	0,001	1	0,001	0	0,000
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	2	0,045	11	0,145	6	0,087
<i>Pilosocereus glaucescens</i> (Labour)Byles & G.D. Rowsley	3	0,017	11	0,125	5	0,073
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	29	0,155	1	0,003	1	0,007
<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz	146	0,814	12	0,099	1	0,002
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil.) A. Robyns	3	0,016	4	0,026	4	0,097
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	2	0,167	4	0,198	3	0,083
<i>Tacinga palmadora</i> Britton & Rose	2	0,010	0	0,000	2	0,003
<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk	3	0,012	0	0,000	18	0,059
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	4	0,220	0	0,000	1	0,000
<i>Clusia paralicola</i> G. Mariz	0	0,000	1	0,001	32	0,101
<i>Maytenus rigida</i> Mart.	0	0,000	2	0,006	4	0,009

<i>Mimosa malacocentra</i> Mart.	0	0,000	4	0,197	4	0,022
Morfoespécie II	0	0,000	1	0,001	17	0,047
Morfoespécie XVI	0	0,000	1	0,032	5	0,063
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	0	0,000	32	0,400	1	0,012
<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	0	0,000	4	0,310	4	0,082
<i>Vitex rufescens</i> A. Juss.	0	0,000	1	0,022	28	0,315
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm	0	0,000	1	0,001	0	0,000
<i>Anadenanthera Macrocarpa</i> cf.	0	0,240	1	0,035	0	0,000
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	0	0,000	1	0,163	0	0,000
Morfoespécie VI	0	0,000	2	0,002	0	0,000
Morfoespécie VII	0	0,000	2	0,128	0	0,000
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	0	0,000	1	0,003	0	0,000
<i>Handroanthus spongiosus</i> (Rizzini) S.Gros	0	0,000	0	0,000	28	0,067
Morfoespécie IV	0	0,000	0	0,000	5	0,019
Morfoespécie V	0	0,000	0	0,000	3	0,005
Morfoespécie VIII	0	0,000	0	0,000	2	0,008
Morfoespécie VX	0	0,000	0	0,000	1	0,002
Morfoespécie X	0	0,000	0	0,000	1	0,002
Morfoespécie XI	0	0,000	0	0,000	3	0,015
Morfoespécie XII	0	0,000	0	0,000	1	0,006
Morfoespécie XIV	0	0,000	0	0,000	3	0,069
Morfoespécie XV	0	0,000	0	0,000	3	0,023
Morfoespécie XVII	0	0,000	0	0,000	1	0,008
<i>Simaba cuneata</i> A. St.-Hil. & Tul.	0	0,000	0	0,000	8	0,023

O nível 3 foi o que apresentou o maior número de famílias, riqueza de espécies, diversidade, equabilidade, além do maior número de espécies exclusivas (Tabela 2). A densidade média apresentou diferença significativa entre os níveis ($F= 7,268$; $p<0.05$). Em relação a área basal, os maiores valores apresentados no nível 2 estão relacionados a presença de espécies de grande porte como: *Erythrina velutina*, *Ceiba glaziovii*, *Commiphora leptophloeos*, *Anadenanthera colubrina* e *Amburana cearenses* (Tabela 1). Todas essas espécies apresentaram suas maiores médias referentes a altura e diâmetro nesse nível altitudinal (Tabela 2). Esses resultados foram evidenciados pela ANOVA que mostrou diferenças significativas entre os valores médios de diâmetro e altura e área basal do nível 2 em relação aos demais níveis (Tabela 2).

Tabela 2 - Parâmetros estruturais da comunidade arbustiva - arbórea na Serra de Bodocongó, Paraíba – Brasil. Os valores entre parênteses equivalem aos desvios padrão.

Parâmetros	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Família	14	16	19
Espécie	29	42	44
Espécies exclusivas	1	4	11
Diversidade <i>H</i>	1,84a	2,84b	3,16b
Equabilidade <i>J</i>	0,55	0,76	0,83
Densidade (ind ha)	4571,4	2921,4	2385,7
Densidade média (ind m ²)	0,46 (0,15) a	0,29 (0,09) ab	0,24 (0,08) b
Área basal (m ² ha)	3,52	4,43	2,27
Área basal média (ind m ²)	0,50 (0,18) ab	0,63(0,31) ac	0,32 (0,20) b
Altura média (m)	3,39 (0,51) a	5,03(1,12) c	4,01(1,39) a
Diâmetro médio (cm)	6,92(1,17)a	9,30 (1,72)b	7,54(1,86)a

O diagrama produzido pela ordenação da nMDS separou os três níveis altitudinais (stress = 0,14), em três grupos florísticos distintos (Figura 6). A formação dos grupos demonstra a ordenação das parcelas referentes a cada nível altitudinal, comprovando assim as diferenças florísticas e estruturais ao longo do gradiente altitudinal. A análise multivariada baseada na matriz de dados de abundância evidenciou diferenças significativas entre os níveis altitudinais (Pseudo $F_{2,18}$: 7.76; 0.001).

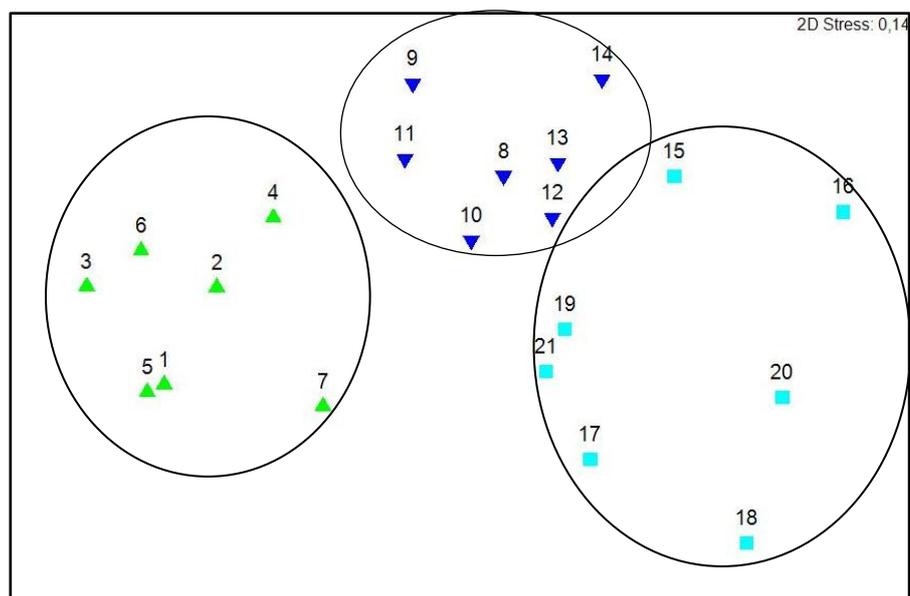


Figura 6- Diagrama de ordenação pelo método de escalonamento não métrico (nMDS) das 21 parcelas amostradas ao longo do gradiente altitudinal. Nível 1 ▲; nível 2 ▼; nível 3 ■.

3.3. Variáveis edáficas

A ANOVA indicou diferenças significativas entre P ($F=4.92$; $p< 0.05$), K ($5,718$; $p< 0.05$), H^+ Al^{+3} ($F= 10.52$; $p< 0.05$), V ($F=3.72$; $p< 0.05$), M.O. ($F= 13.68$; $p<$

0.05). Das variáveis texturais apenas areia ($F=5.67$; $p<0.05$) e argila ($F= 3.56$; $p<0.05$) apresentaram diferenças significativas entre os três níveis altitudinais (Tabela 3).

O pH apresentou pequena variação entre os níveis altitudinais, variando entre 5.41 no nível 1, 5.12 no nível 2 e no nível 3 com 4.83 o que lhe confere um caráter ácido (Embrapa, 2013). Em relação a acidez trocável (Al^{+3}) e a acidez potencial ($H+Al^{+3}$) apresentaram baixos valores, ocorrendo um acréscimo com o aumento da altitude, entretanto apenas $H+Al^{+3}$ apresentou diferença significativa ($F= 10.52$; $p< 0.05$). Os valores médios da capacidade de troca catiônica (CTC) foram 11.50 ± 3.65 no nível 1, 10.33 ± 3.96 no nível 2 e no nível 3 de 13.71 ± 3.49 (Tabela 3).

A ANOVA indicou diferenças significativas entre a saturação por bases (V%) ($F=3.72$; $p<0.05$), sobretudo, entre o nível 1 e 3 (Tabela 3). Os valores médios da saturação de bases indicaram que os solos do nível 1 e 2 são considerados mesoeutróficos (valores de saturação por bases maiores ou iguais a 50% e menores que 75%), enquanto que o solo do nível 3 foi considerado mesodistróficos uma vez que apresentaram valores de saturação por bases maiores ou iguais a 35% e menores que 50% ($V = 49.07 \pm 18.64$) (Tabela 3).

O Fósforo (P) disponível no nível 1 apresentou valores considerados altos (22.23 ± 31.8), já os níveis 2 e 3 apresentaram valores mais baixos 5.38 ± 1.95 e 4.84 ± 1.60 respectivamente, ao contrário de Potássio (K) que apresentou altos valores em todos os níveis altitudinais. A matéria orgânica (MO) os maiores valores foram encontrados no nível 2 e 3, 16.70 ± 9.59 e 29.13 ± 7.28 , respectivamente.

Em relação aos elementos trocáveis Ca^{+2} (cálcio) ($F=0.74$ $p>0.05$), Mg (magnésio) ($F=1.58$; $p>0.05$) e Na (sódio) ($F=1.00$; $p > 0.05$) não apresentaram diferenças significativas entre os níveis altitudinais.

Em relação a granulometria, as classes texturais diferiram entre os três níveis altitudinais, no nível 1 os solos foram classificados como: franco arenoso e franco argilo arenoso, no nível 2 solos franco argilo arenoso e franco arenoso, e no nível 3 solos franco argilo arenoso e argila arenoso.

Através da ANOVA foi possível verificar que os solos da comunidade estudada apresentaram diferenças significativas entre os teores de areia ($F=5.67$; $p<0.05$) e argila ($F= 3.56$; $p<0.05$). Sendo que as maiores concentrações de areia estão no nível 1 e nível 3, enquanto que o nível 2 apresenta as maiores proporções de argila (Tabela 3).

Tabela 3 - Análises químicas e granulométricas das amostras compostas de solo coletadas na Serra de Bodocongó – Queimadas, Paraíba – Brasil. H⁺ Al⁺³- acidez potencial; Al⁺³-acidez trocável; SB- soma de bases; CTC – capacidade de troca catiônica; V- saturação por bases; m- saturação por alumínio; M.O- matéria orgânica.

Variáveis	Cota 1	Cota 2	Cota 3	F	P
Ph	5,41 a ± 0,71	5,12 b ± 0,70	4,83 c ± 0,57	2,58	0,10
P	22,23 a (31,8)	5,38 b ± 1,95	4,84 b ± 1,60	4,92	0,02
K	130,97 a ± 65,52	189,57 ab ± 54,87	211 b ± 32,91	5,72	0,01
Na	0,314 ± 0,25	0,15 ± 0,11	0,27 ± 0,36	1,01	0,38
H Al	2,53 ± 1,01	3,71 ± 1,07	7,02 ± 3,23	10,52	0,00
Al	0,07 ± 0,11	0,15 ± 0,21	0,37 ± 0,48	0,98	0,40
Ca	4,33 ± 2,80	4,15 ± 2,28	2,99 ± 2,61	0,75	0,49
Mg	3,07 ± 1,84	1,8 ± 0,77	2,36 ± 0,56	1,58	0,23
SB	8,96 ± 4,18	6,59 ± 3,68	6,68 ± 3,15	0,78	0,47
CTC	11,50 ± 3,65	10,33 ± 3,96	13,71 ± 3,49	1,68	0,21
V	74,47 ± 17,12	54,58 ± 24,80	49,07 ± 18,64	3,72	0,04
m	1,68 ± 2,97	11,00 ± 19,57	7,6 ± 10,03	0,85	0,44
M.O	12,04 ± 4,34	16,70 ± 9,59	29,13 ± 7,28	13,68	0,00
Areia	668,14 ± 45,84	632,29 ± 71,78	541 ± 58,78	5,67	0,01
Silte	170,86 ± 15,92	150 ± 41,76	170,14 ± 20,21	1,13	0,34
Argila	160,86 ± 35,09	358,86 ± 379,62	288,86 ± 62,84	3,56	0,05

Quando realizados testes de regressão linear, para verificar a correlação entre as variáveis edáficas e a altitude, foi observado que algumas variáveis apresentam correlações significativas com aumento da altitude (Figura 7). O potássio, a acidez trocável, a acidez potencial, matéria orgânica e argila apresentaram correlação positiva com o aumento da altitude, enquanto que saturação de bases, pH, fósforo areia e silte apresentaram correlações negativas com aumento da altitude (Figura 7). Os dados referentes aos valores da significância das regressões estão apresentados na Tabela 4.

Os dois eixos da CCA explicaram 36,24% da variância das características do solo com as espécies entre os níveis de elevação. O eixo 1 foi associado positivamente com Mg⁺², Na⁺, Ca⁺², P, V, areia, silte e negativamente com H⁺ Al⁺³, MO, m e argila explicando 22,84 % da variância total, enquanto o eixo 2 está relacionado com CTC, explicando 13,40 % da variância total.

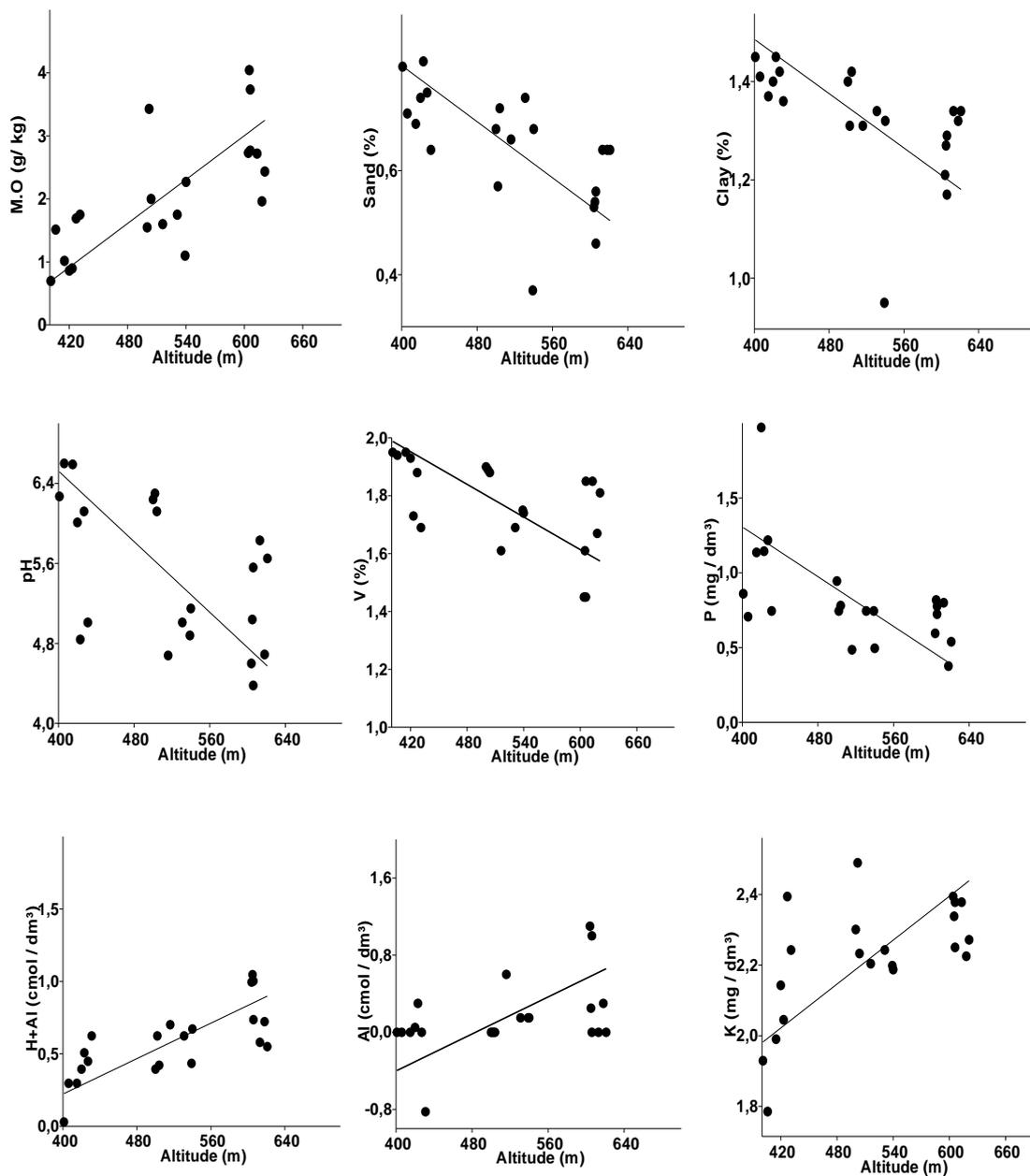


Figura 7 – Regressões linear entre as variáveis edáficas e a altitude. Variáveis coletadas na Serra de Bodocongó, município de Queimadas – PB, Brasil.

Tabela 4- Coeficientes dos testes de normalidade (Shapiro Wilk- p) e significância das variáveis edáficas coletadas na Serra de Bodocongó – Queimadas, Paraíba – Brasil. H +Al⁺³- acidez potencial; Al⁺³-acidez trocável; SB- soma de bases; CTC – capacidade de troca catiônica; V- saturação por bases; m- saturação por alumínio; M.O- matéria orgânica. (*) = p < 0.05; (**) = p < 0.01 e (ns) = p > 0.05.

	Shapiro Wilk - p	r	r ²	p(uncorrel)
Ph	0,083	-0,538	0,289	0,012*
P	-	-0,568	0,323	0,007**
K	0,863	0,544	0,296	0,011*
Na	-	-0,163	0,027	ns
H Al	0,001	0,739	0,546	**
Al	-	0,450	0,202	0,041*
Ca	0,002	-0,323	0,104	ns
Mg	0,011	-0,162	0,026	ns
SB	0,009	-0,292	0,085	ns
CTC	0,500	0,165	0,027	ns
V	0,173	-0,566	0,320	**
m	-	0,375	0,141	ns
M.O	0,266	0,722	0,522	**
AREIA	0,130	-0,609	0,370	**
SILTE	0,027	-0,109	0,012	ns
ARGILA	0,004	0,675	0,456	**

A análise de correspondência canônica (CCA) entre as variáveis edáficas e abundância das 24 espécies com abundância maiores que 10 indivíduos, demonstrou a separação das espécies da comunidade em dois grupos de espécies distintos. O primeiro formado por *Bauhinia cheilantha*, *Capparis jacobinae*, *Clusia paralicola*, *Commiphora leptophloeos*, *Pseudobombax marginatum*, *Cynophalla flexuosa*, *Croton heliotropiifolius*, *Manihot glaziovii*, *Handroanthus impetiginosus*, *Aspidosperma pyriformium*, *Allophylus* sp., *Myracrodruon urundeuva*, *Vitex rufescens*, *Sapium glandulosum*, *Cereus jamacaru*, *Talisia esculenta*, *Pilosocereus glaucescens*, *Acalypha multicalis*, todas espécies de maior abundância nos níveis 2 e 3 mostraram-se associadas a maiores teores de H⁺ Al⁺³ MO, m e argila (Figura 8). O segundo grupo formado por *Jatropha mollissima*, *Piptadenia stipulaceae*, *Croton blanchetianus*, *Poincianella pyramidalis*, *Mimosa ophthalmocentra*, espécies dominantes no nível 1, apresentaram-se correlacionadas com maiores teores de Mg⁺², Na⁺, Ca⁺², P, V, CTC, areia e silte.

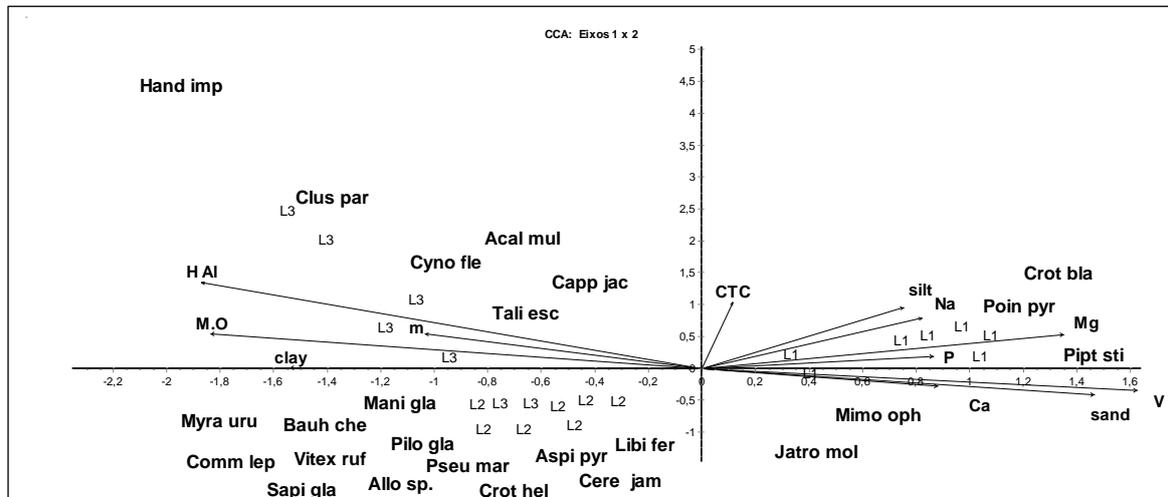


Figura 8 - Diagrama de Ordenação da Análise de Correspondência Canônica (CCA) das parcelas e das espécies que apresentaram abundância igual ou superior a dez indivíduos. As espécies estão representadas pelo nome abreviado. As parcelas **L1** são referentes a nível 1, **L2** nível 2 e **L3** nível 3. Dados coletados na Serra de Bodocongó – Queimadas, Paraíba – Brasil

4. DISCUSSÃO

As variações altitudinais têm sido consideradas gradientes ambientes capazes de proporcionar mudanças florísticas e fisionômicas em florestas tropicais (Kok et al., 2012; Sanchez et al., 2013). Mesmo não possuindo grande amplitude altitudinal, as serras do semiárido apresentam riqueza de espécies maiores (Oliveira et al., 2009; Silva et al., 2014) do que áreas aplainadas (Rodal et al., 1999; Araújo et al., 2010, Trovão et al., 2010; Calixto Junior e Drumond, 2011; Araújo et al., 2012; Guedes et al., 2012), fato também verificado neste estudo. Entretanto, quais fatores poderiam ser determinantes para tais variações na estrutura e composição da vegetação ao longo dos gradientes altitudinais no semiárido brasileiro?

As variações abióticas promovem particularidades nos micro-habitats proporcionando mudanças florísticas e estruturais (Kok et al., 2012; Sanchez et al., 2013; Silva et al., 2014). A ordenação das amostras em grupos distintos fornecidos pela nMDS sugere a influência da altitude na distribuição das espécies, uma vez que foram reunidas as amostras de cada nível altitudinal, refletindo realmente em diferenças entre os níveis pré-estabelecidos.

Dentre as variáveis abióticas, as propriedades físicas e químicas do solo desempenham um papel fundamental no crescimento, na produtividade e no sucesso da coexistência de espécies em comunidades vegetais (Van Der Putten et al., 2013) e poderiam responder as variações na estrutura e composição da vegetação ao longo dos gradientes altitudinais no semiárido brasileiro. Para Bohlman et al. (2013) mudanças nas variáveis edáficas afetam a estrutura e composição da vegetação. Alguns trabalhos têm sugerido que as mudanças que ocorrem na vegetação ao longo dos gradientes altitudinais são decorrentes de variações na estrutura e composição do solo (Bertoncelo et al., 2011; Abreu et al., 2012).

As análises de regressão linear mostraram alterações na composição química e granulométrica do solo nos diferentes níveis de elevação. Considerando os resultados obtidos, ocorreram variações na fertilidade do solo ao longo do gradiente altitudinal. O nível 1 foi onde se concentraram os maiores valores de saturação de bases (V%). Uma vez que a saturação de bases é considerada como indicador de fertilidade do solo (Bueno et al., 2013) podemos afirmar que ocorreu uma diminuição da fertilidade do solo com o aumento da altitude, sendo os solos do nível 1 e 2 considerados como mesoeutróficos (Embrapa, 2013).

Os solos brasileiros são tipicamente ácidos, com os nutrientes Ca^{+2} e Mg^{+2} apresentando uma relação negativa proporcional entre si, devido a competição por sítios de adsorção do solo e absorção pelas raízes dos vegetais (Salvador et al., 2011). Estes nutrientes possuem papel fundamental na estrutura dos vegetais e do solo, além de afetar o pH e conseqüentemente todos os outros processos que são controlados pelo pH (Schaefer et al., 2008). Os menores valores de pH encontrados no terceiro nível reflete na elevada acidez do solo nesta região, uma vez que baixo pH do solo aumenta a disponibilidade de Al, podendo afetar negativamente o desenvolvimento da planta e a distribuição das espécies na comunidade (Viani et al., 2014). Assim, concluímos que os solos do nível 1 e 2 apresentam boas condições de fertilidade, uma vez que apresentaram maiores valores de saturação de bases (V), pH, Ca^{+2} , Mg^{+2} , enquanto que menores valores de Al^{+3} e $\text{H} + \text{Al}^{+3}$, corroborando nossa hipótese.

Dados semelhantes foram encontrados por Martins et al. (2003), Rodrigues et al. (2006) e Gonçalves et al. (2011), que estudaram a influência dos fatores edáficos em diferentes áreas do Cerrado ao longo de gradientes topográficos, e apontaram maior fertilidade nas áreas mais baixas do gradiente.

Sugerimos também que os maiores níveis de fertilidade encontrados no nível 1 podem ter ocorrido devido ao carreamento dos nutrientes do topo em direção a base da serra e podem ter se acumulado neste nível (Martins et al., 2003; Souza et al., 2012). Em relação ao nível 2, a lixiviação dos nutrientes é atenuada devido a presença de afloramentos rochosos que funcionam como barreiras na retenção dos nutrientes, além de proporcionarem formação de micro-habitats, levando a formação de uma comunidade com composição e estrutura diferenciada.

A menor diversidade de espécies encontradas no nível 1 pode ser explicada pela capacidade de dominância que algumas espécies têm em meio a condições de recursos favoráveis (alta fertilidade). Sugerimos que *Croton blanchetianus* e *Poincianella pyramidalis* que são espécies generalistas e pioneiras de áreas antropizadas no semiárido brasileiro (Araújo et al., 2012; Ribeiro et al., 2015) são melhores competidores em condições de solos férteis (condições favoráveis), e assim, se tornam dominantes no nível 1. Em condições favoráveis todas as espécies têm chances iguais para colonizar os habitats, entretanto, poucas conseguem dominar rapidamente, especialmente se esses habitats sofrerem perturbações (Huston, 1979). As espécies boas colonizadoras obtêm sucesso, logo passam a dominar o ambiente limitando o desenvolvimento daquelas menos tolerantes as condições do meio (Buchi e Vuilleumier, 2014).

Nesse sentido, além de serem boas competidoras em condições favoráveis *C. blanchetianus* e *P. pyramidalis* são beneficiadas pela tolerância as perturbações do habitat. Para Huston (1979) a dominância por algumas poucas espécies acontece frequentemente em condições favoráveis, onde os melhores competidores são capazes de eliminar a maioria das outras espécies através da monopolização de um recurso essencial. No entanto, o comportamento dessas espécies em ambientes livres de perturbação antrópica, e com condições edáficas favoráveis devem ser investigados, com intuito de compreender por que as demais espécies que compartilham o mesmo nível não se tornam dominantes.

As perturbações ambientais afetam diretamente as espécies especialistas devido as alterações nas condições do habitat no qual elas estão bem adaptadas (Devictor et al., 2008; Devictor e Robert, 2009). Assim, a presença de perturbações antrópicas no primeiro nível pode estar contribuindo para a dominância de *C. blanchetianus* e *P. pyramidalis* e limitação na abundância de espécies pouco tolerantes a distúrbios, tais como: *Bauhinia cheilantha*, *Pseudobombax marginatum*, *Myracrodruon urundeuva* e

Schinopsis brasiliensis (Ribeiro et al., 2015), que são espécies comuns em áreas de Caatinga pouco antropizadas. Com o desaparecimento e/ou limitação do nicho realizado das espécies especialistas, as espécies generalistas são influenciadas positivamente pela liberação competitiva (Buchi e Vuilleumier, 2014) e conseguem ampla distribuição. Além disso, as espécies generalistas apresentam tolerâncias a ambientes variados e diferentes mecanismos ecológicos para tolerar certos distúrbios (Verberk et al., 2010), e investem em abundância dominando rapidamente o ambiente e diminuindo o número de espécies coexistindo na área (Buchi e Vuilleumier, 2014).

Neste sentido, a menor diversidade encontrada em solos de maior fertilidade, como no primeiro nível, pode ser explicada pela teoria do distúrbio intermediário, proposta por Huston (1979) em que regiões com níveis elevados de fertilidade sustentam um menor número de espécies, enquanto que áreas de fertilidade intermediária concentram as maiores diversidades.

Croton blanchetianus e *Poincianella pyramidalis* apresentaram indivíduos ao longo de todo o gradiente altitudinal, mostrando que essas espécies possuem um nicho fundamental amplo. Entretanto, limitações na disponibilidade de recursos ou a presença de espécies competitivamente superiores podem inibir a expansão de indivíduos em todos os níveis altitudinais (Boulangeat et al, 2012; Osen e Klanderud, 2014). Além das divergências na abundância dessas espécies em cada nível altitudinal, constatamos que existem variações intraespecíficas quanto a estrutura destas populações nos diferentes níveis altitudinais como: na área basal, diâmetro e altura média (Tabela 2). Neste exemplo, os indivíduos destas espécies apresentam menores valores destes parâmetros nos níveis mais baixos.

No segundo nível, as variáveis edáficas mostraram a posição intermediária no gradiente de fertilidade do solo. Em resposta a essa variação, a vegetação apresentou estrutura e composição diferenciadas, sugerindo que a presença de afloramentos rochosos, característicos neste nível, atua na formação de micro-habitas que refletem na estrutura da vegetação com maiores valores de área basal e altura dos indivíduos (Tabela 2). Em relação a riqueza de espécies nesta área, esta assemelhou-se com o terceiro nível, divergindo apenas em duas espécies.

No nível 2, a coexistência de um maior número de espécies pode ser considerada como o sucesso da competição e diferenciação na utilização dos recursos partilhados (Gotzenberger et al., 2012). A presença de *C. blanchetianus* e *P. pyramidalis*, com baixa abundância neste nível, sugere que as espécies presentes possuem exigências

semelhantes, o que leva a uma maior partição de nicho e, assim, a coexistência de um maior número de espécies (Bernard Verdier et al., 2012). A presença de espécies exclusivas como *Vitex rufescens*, *Amburana cearenses*, *Anadenanthera macrocarpa*, *Erythrina velutina*, *Spondias tuberosa*, sugere que as condições edáficas intermediárias proporcionaram a presença de espécies especialistas. Mesmo com a presença destas espécies exclusivas, o terceiro nível apresentou maior diversidade, devido a presença de um maior número de espécies exclusivas (Tabela 2).

No nível 3 foram encontrados os maiores valores de Al^{+3} , $H+Al^{+3}$, CTC, Matéria orgânica e argila. A granulometria do solo interfere no percentual de água, que por sua vez afeta a taxa de decomposição, na qual diminui com o aumento da altitude, desta forma, a textura do solo interfere na riqueza e composição da vegetação (Decker e Borner, 2003).

A presença de maiores valores de matéria orgânica é influenciada pela granulometria do solo que apresenta maiores frações de argila, o que dificulta a infiltração da água e conseqüentemente inibe a decomposição da matéria orgânica, ocorrendo seu acúmulo e juntamente com os baixos valores de pH, ocasionam o aumento da acidez que está relacionado ao aumento dos teores de Al^{+3} e $H+Al^{+3}$ (Camargos et al., 2008; Rodrigues et al., 2013).

Nossos dados se assemelham aos resultados encontrados por Maragon et al. (2013) que trabalharam em uma área de toposequência no estado de Minas Gerais – Brasil, onde as áreas com maior fertilidade sustentavam uma menor diversidade (aqui nível 1), enquanto que as áreas com fertilidade intermediária (aqui nível 2 e 3) ocorre uma maior diversidade de plantas.

Nossos resultados demonstram que os solos do nível 3 apresentaram menores índices de fertilidade e maior nível de acidez, e mesmo assim suportam a maior diversidade e riqueza de espécies. No entanto, quais fatores levariam a maior diversidade nesse nível? E, até que ponto as variáveis edáficas conseguem explicar essa diferença na diversidade?

A diversidade de espécies em regiões tropicais não deve ser explicada apenas por um único mecanismo, uma vez que existe diferentes fatores operando sobre os padrões de diversidade das espécies (Born et al., 2014; Ricklefs, 2015). Entre estes fatores, a especialização ecológica é um dos principais mecanismos de diferenciação de nicho em ambientes heterogêneos, onde as espécies se tornam mais competitivas em um espaço restrito ecológico onde pode dominar, em detrimento de outras partes do

gradiente serem competidores inferiores podendo apresentar baixas abundâncias ou mesmo estarem ausentes (Boulangeat et al., 2012; Bernard Vier et al., 2012; Born et al., 2014). A maior diversidade encontrada no nível 3 pode ser entendida pelos mecanismos de especialização ocasionados por pressão da competição que leva a partição de nichos, onde diferentes espécies apresentam aptidão pelos recursos disponíveis. Para Huston (1979) em condições de solo intermediários os competidores superiores não conseguem dominar rapidamente permitindo, assim, que mais espécies possam coexistir.

Os resultados evidenciados pela CCA demonstram a influência das variáveis edáficas na formação dos grupos florísticos-estruturais. Diferenças nas abundâncias de cada espécie ao longo do gradiente altitudinal podem ser explicadas pelas variações na disponibilidade de recursos que ocorreram ao longo do gradiente. Por exemplo, *Simaba cuneata* e *Handroanthus impetiginosus* apresentam distribuição restrita ao nível 3, onde ocorrem os maiores teores de $H+Al^{+3}$, Matéria orgânica e argila, talvez devido as variações na disponibilidade desses nutrientes ao longo do gradiente altitudinal facilitam e/ou possibilitam essas espécies se estabelecer apenas no nível 3. A heterogeneidade de nutrientes leva a partilha de recursos e, portanto, as espécies vão se especializar em condições edáficas específicas (Born et al., 2014).

Por outro lado, fatores como a limitação de dispersão podem estar favorecendo a presença de um maior número de espécies exclusivas no nível 3 (Hubbel, 2001). Com base na teoria neutra proposta por Hubbel (2001), a abundância de cada espécie deve ser explicada por eventos estocásticos e todos os indivíduos são equivalentes dentro da comunidade, sendo que a distância geográfica desempenha papel crucial nos eventos de dispersão. Poderíamos atribuir esses fatores a presença de um maior número de espécies exclusivas no nível 3.

A maior diversidade encontrada nos níveis 2 e 3 sugere tamanha complexidade da Caatinga, demonstrando mudanças florísticas e estruturais até mesmo em pequenas variações altitudinais (Silva et al., 2014), evidenciando um padrão ainda pouco conhecido na literatura mundial (Rahbek, 1995; Paciencia, 2008; Borges, 2011), e que podem ser explicadas por variações na fertilidade do solo que ocorrem ao longo desses gradientes. No entanto, é necessário a realização de mais estudos que englobem outras variáveis ambientais para que se tenha explicações mais robustas e detalhadas a cerca desses ecossistemas. Além de investigações que busquem compreender a influência de perturbações antrópicas em distintas populações dentro da comunidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu M F, Pinto J R R , Maracahipes L, Gomes L, Oliveira E A, Marimon B S, Marimom Junior B H, Farias J, Lenza E (2012) Influence of edaphic variables on the floristic composition and structure of the tree-shrub vegetation in typical and rocky outcrop cerrado areas in Serra Negra, Goiás State, Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 35: 259-272

Amorim I L, Sampaio E V S B, Araújo E L (2005) Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. *Acta Botânica. Brasília*. 19(3): 615-623

Anderson M J (2001) Permutation tests for univariate or multivariate analysis of variance and regression. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 58: 626-639

Araújo K D, Parente, H N, Éder-Silva E Ramalho C I, Dantas R T, Andrade A P, Silva D S (2012) Estrutura fitossociológica do estrato arbustivo-arbóreo em áreas contíguas de Caatinga no Cariri Paraibano. *Brazilian Geographical Journal Geosciences and Humanities Research Medium* 3: 155-169

Bernard-Verdier M, Navas M. L, Vellend M, Violle C, Fayolle A, Garnier E (2012) Community assembly along a soil depth gradient: contrasting patterns of plant trait convergence and divergence in a Mediterranean rangeland. *Journal of Ecology* 100:1422 -1433. doi: 10.1111/1365-2745.12003

Bertoncello R, Yamamoto K, Meireles L D, Shepherd G J (2011) A phytogeographic analysis of cloud forests and other forest subtypes amidst the Atlantic forests in South and southeast Brazil. *Biodivers Conserv* 20:3413–3433 doi 10.1007/s10531-011-0129-6

Bohlman, S A, Laurance W F, Laurance, S G, Nascimento H E M, Fearnside P M, Andrade A (2008) Importance of soils, topography and geographic distance in structuring central Amazonian tree communities. *Journal of Vegetation Science*

Borges D F M (2011) Padrões de Variação na riqueza de espécies em gradientes altitudinais: uma revisão multi – taxonômica. Dissertação (Programa de Pós graduação em Ecologia) Universidade de Brasília

Born J, Pluess A R, Burslem D F R P, Nilus R, Maycock C R, Ghazoul J (2014) Differing Life History Characteristics Support Coexistence of Tree Soil Generalist and Specialist Species in Tropical Rain Forests. *Biotropica* 46(1): 58–68 doi: 10.1111/btp.12083

Boulangeat I, Lavergne S, Van Es J, Garraud L, Thuiller W (2012) Niche breadth, rarity and ecological characteristics within a regional flora spanning large environmental gradients. *J. Biogeogr* 39, 204–214 doi:10.1111/j.1365-2699.2011.02581. x

Büchi L, Vuilleumier S (2014) Coexistence of Specialist and Generalist Species Is Shaped by Dispersal and Environmental Factors. *The american naturalist* 183:612-624 doi: 77.226.243.19

Bueno M L, Neves D R M, Souza A F, Oliveira Junior E, Damasceno Junior G A D, Pontara V, Laura V A, Ratter J A (2013) Influence of edaphic factors on the floristic composition of an area of cerrado in the Brazilian central-west. *Acta Botanica Brasilica* 27(2): 445-455

Calixto Júnior, J T, Drumond M A (2011) Estrutura fitossociológica de um fragmento de Caatinga sensu stricto 30 anos após corte raso, Petrolina-PE, Brasil. *Caatinga* 24: 67-74 doi: 10.4336/2014.pfb.34.80.670

Camargos V L, Silva A F, Meira Neto J A A, Martins S V (2008) Influência de fatores edáficos sobre variações florísticas na Floresta Estacional Semidecídua no entorno da

Lagoa Carioca, Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 22: 75-84

Devictor, V. Julliard R. & Jiguet F (2008) Distribution of specialist and generalist species along spatial gradients of habitat disturbance and fragmentation. *Oikos*, 117: 507–514

Devictor V, Robert A (2009) Measuring community responses to large-scale disturbance in conservation biogeography. *Diversity Distrib* 15:122–130 doi: 10.1111/j.1472-4642.2008.00510.x

Decker K L M, Boerner R E J (2003) Elevation and vegetation influences on soil properties in Chilean *Nothofagus* forests *Revista Chilena de Historia Natural*. 76: 371-381, 2003

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos (SiBCS). Embrapa Solos. Rio de Janeiro. 3ª ed.,

Ferreira W G, Silva A F, Schaefer C E G R , Meira Neto J A A, Dias A S, Ignacio M, Medeiros M C M P (2007) Influence of soils and topographic gradients on tree species distribution in a Brazilian Atlantic tropical semideciduous forest. *Edinburgh journal of botany* 64:137 -157. doi:10.1017/S0960428607000832

Finger Z, Oestreich Filho (2014) Efeitos do solo e da altitude sobre a distribuição de espécies arbóreas em remanescentes de cerrado sensu stricto. *Advances in Forestry Science* 1: 27-33

Gonçalves I S, Dias H C T, Martins S V, Souza A L, (2011) Fatores edáficos e as variações florísticas de um trecho de mata ciliar no rio Gualaxo do Norte, Mariana, MG. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 35:1235-1243

Guedes R S, Zanella F C V, Costa Júnior J E V, Santana G M, Silva J A (2012) Caracterização florístico-fitosociológica do componente lenhoso de um trecho de Caatinga no semiárido paraibano. *Revista Caatinga*. 25: 99-108

Gotzenberger L, Bello F, Brathen K A, Davison J, Dubuis A, Guisan A, Leps J, Lindborg R, Moora M, Partel M, Pellissier L, Pottier J, Vittoz P, Zobel K, Zobel M (2012) Ecological assembly rules in plant communities-approaches, patterns and prospects. *Biol. Rev.* 87: 111–127. doi: 10.1111/j.1469-185X.2011.00187

Hubbell, S.P. (2001). *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey

Huston, M.A. (1979) A general hypothesis of species diversity. *American Naturalist*, 113, 81 –101

IBGE (2007) *Manual Técnico de Pedologia (2ªed)* Rio de Janeiro.

Kok, A.D, Parker, D.M, Barker, N P, (2012) Life on high: the diversity of small mammals at high altitude in South Africa. *Biodivers. Conserv.* 21: 2823-2843

Korner C (2004) Mountain biodiversity, its causes and function. *Ambio*, 13: 11-17

Lemos H L (2013) *Vegetação arbustivo-arbórea em áreas de cerrado típico e cerrado rupestre no estado de Tocantins*. Tese, Universidade de Brasília

Maragon L C, Soares J J, Feliciano A L P, Lani J L, Matos L V (2013) Relação entre vegetação e pedofomas na Matado do Paraíso, município de Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore* 37: 441-450

Martins S V, Silva N R S, Souza A L, Neto J A A M, (2003) Distribuição de espécies arbóreas em u gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. *Scientia Forestalis* 64 : 172-181

Melo A S, Hepp L U (2008) Ferramentas Estatísticas para análise de dados provenientes de biomonitoramento. *Oecol. Bras* 12: 463 – 486.

Mendes M R A, Munhoz C B R, Silva Junior M C, Castro A J F (2012) Relação entre a vegetação e as propriedades do solo em áreas de campo limpo úmido no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil. *Rodriguésia* 63:971-984

Oliveira P T B, Trovão D M B M, Carvalho E C D, Souza B C, Ferreira L M R (2009) Florística e fitossociologia de quatro remanescentes vegetacionais em áreas de serra no cariri paraibano. *Revista Caatinga* 22: 169-178

Olsen S L, Klanderud K (2014) Biotic interactions limit species richness in an alpine plant community, especially under experimental warming. *123:71–78*. doi: 10.1111/j.1600-0706.2013.00336

Paciência M L B (2008) Diversidade de pteridófitas em gradientes de altitude na Mata Atlântica do Estado do Paraná. Dissertação (Instituto de Biociências) Universidade de São Paulo

Peel M C, Finlayson B L, McMahon T A (2007) Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Australia, Hydrology and Earth System Sciences*.11: 1633–1644

Rahbek C, Nogués-Bravo D, Araújo M B, Romdal T (2005) Scale effects and human impact on the elevational species richness gradients. *Nature* 453:216 -220

Ribeiro E M S, Rodríguez V A, Santos B A, Tabarelli M, Leal I R (2015) Chronic anthropogenic disturbance drives the biological impoverishment of the Brazilian Caatinga vegetation. *Journal of Applied Ecology* doi: 10.1111/1365-2664.12420

Ricklefs R E, (2015) Intrinsic dynamics of the regional community. *Ecology Letters* doi: 10.1111/ele.12431

Rodrigues L A, Carvalho D A, Oliveira Filho A T, Curi N (2006) Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. *Revista Árvore*, 31:25-35

Rodrigues P M S, Martins S V, Neri A V, Nunes R F, Magnago F S (2013) Riqueza e estrutura do componente arbóreo e características edáficas de um gradiente de floresta ciliar em Minas Gerais, Brasil. *Revista Árvore* 37:1011-1023

Salas - Morales S H, Meave J A (2012) Elevational patterns in the vascular flora of a highly diverse region in southern Mexico. *Plant Ecol* 213:1209-1220. doi 10.1007/s11258-012-0077-6

Salvador J T, Carvalho T C, Lucchesi L A C (2011) Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. *Rev. Acad. Ciênc. Agrár. Ambient* 9:27-32

Sanchez M, Pedroni F, Eisenlohr P V, Oliveira Filho A T (2013) Changes in tree community composition and structure of Atlantic rain forest on a slope of the Serra do Mar range, southeastern Brazil, from near sea level to 1000 m of altitude. *Flora* doi.org/10.1016/j.flora.2013.03.002

Santana J A S, Souto J S (2006) Diversidade e estrutura fitossociológica da Caatinga na estação ecológica do Seridó – RN. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 6:232-242

Shepherd, G. J. *Fitopac 2.0: (2008) Manual de usuário*. Campinas, Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas

Schaefer C E G R, Amaral E F, Mendonça B A F, Oliveira H, Lani J L, Costa L M, Fernandes Filho E I (2008) Soil and vegetation carbon stocks in Brazilian Western Amazonia: relationships and ecological implications for natural landscapes. *Environ Monit Assess* 140:279–289. doi 10.1007/s10661-007-9866-0

Silva F K G, Lopes S F, Lopez L C S, Melo J I M,NC Trovão D M B M (2014) Patterns of species richness and conservation in the Caatinga along elevational gradients in a semiarid ecosystem. *Journal of Arid Environments* 110:47-52. doi:10.1016

Souza P B, Lelis J J, Schaefer C E G R, Souza A L, Meira Neto J A A (2012) Distribution of tree species in a geomorphological and pedological gradient of submontane semideciduous seasonal forest in the Vicinity of Rio Doce state Park, Minas Gerais. *Revista Árvore* 36:707-718

Ter Braak C J F (1986) Canonical correspondence analysis a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.

Ter Braak C J F, Verdonschot P F M (1995) Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences*. 57:255-289

Tilman D (2004) Niche tradeoffs, neutrality, and community structure: A stochastic theory of resource competition, invasion, and community assembly. *PNAS* 101: 10854-10861. doi/10.1073/pnas.040345810

Van Der Putten W, Bardgett R D, Bever J D, Bezemer T M, Casper B B, Tadashi F, Kardol P, Klironomos J N, Schweitzer J A, Suding K N, Voorde T F J, Wardle D A (2013) Plant–soil feedbacks: the past, the present and future challenges. *Journal of Ecology* 101:265–276 doi: 10.1111/1365-2745.12054

Velloso, A.L., Sampaio, E.V.S.B., Pareyn, F.G.C., 2002. Ecorregiões Propostas Para o Bioma Caatinga. Associação Plantas do Nordeste/Instituto de Conservação Ambiental/The Nature Conservancy do Brasil, Recife

Verberk W C E P, van der Velde G, Esselink H (2010) Explaining abundance-occupancy relationships in specialists and generalists: a case study on aquatic macroinvertebrates in standing waters. *Journal of Animal Ecology*. 79:589-601doi:10.1111/j.1365-2656.2010.01660.x

Viani R A G, Rodrigues R R, Dawson T E, Lambers H, Oliveira R S (2014) Soil pH accounts for differences in species distribution and leaf nutrient concentrations of Brazilian woodland savannah and seasonally dry forest species, *Plant and Soil*, 16: 64-74

Zar, J H (1999) *Biostatistical Analysis*. (3^a ed) Estados Unidos