

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

JOSÉ EDSON DE LIMA TORRES

REGENERAÇÃO NATURAL DO COMPONENTE ARBUSTIVO-ARBÓREO E
ATRIBUTOS DO SOLO EM ÁREAS COM DIFERENTES ALTITUDES NO
SEMIÁRIDO

RECIFE

2018

JOSÉ EDSON DE LIMA TORRES

REGENERAÇÃO NATURAL DO COMPONENTE ARBUSTIVO-ARBÓREO E
ATRIBUTOS DO SOLO EM ÁREAS COM DIFERENTES ALTITUDES NO
SEMIÁRIDO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciências Florestais.

Orientador:

Prof. Dr. Luiz Carlos Marangon

Co-orientadores:

Prof^a. Dr^a. Ana Lícia Patriota Feliciano

Prof. Dr. Fernando José Freire

RECIFE

2018

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

T693r Torres, José Edson de Lima
Regeneração natural do componente arbustivo-arbóreo e atributos do solo em áreas com diferentes altitudes no Semiárido pernambucano / José Edson de Lima Torres. – Recife, 2018.
107 f.: il.

Orientador(a): Luiz Carlos Marangon.
Coorientador(a): Ana Lícia Patriota Feliciano, Fernando José Freire.

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

Inclui referências e apêndices.

1. Florestas - Conservação 2. Florestas sustentáveis 3. Solos florestais 4. Solos - Análise 5. Ecótonos 6. Biodiversidade florestal
I. Marangon, Luiz Carlos, orient. II. Feliciano, Ana Lícia Patriota, coorient. III. Freire, Fernando José, coorient. IV. Título

CDD 664

JOSÉ EDSON DE LIMA TORRES

**REGENERAÇÃO NATURAL DO COMPONENTE ARBUSTIVO-ARBÓREO E
ATRIBUTOS DO SOLO EM ÁREAS COM DIFERENTES ALTITUDES NO
SEMIÁRIDO**

Aprovado em 30/07/2018

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Carlos Frederico Lins e Silva Brandão
Centro de Ciências Agrárias, UFAL.

Prof. Dr^a. Dilosa Carvalho de Alencar Barbosa
Centro Ciência Biológicas UFPE.

Prof^a Dr^a. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire
Departamento de Agronomia, UFRPE.

Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira
Departamento de Ciência Florestal, UFRPE.

Orientador:

Prof. Dr. Luiz Carlos Marangon
Departamento de Ciência Florestal, UFRPE.

RECIFE

2018

Dedico esta tese a meus pais, Maria José Pereira de Lima e Salvador Rodriguez Torres Júnior, que sempre acreditaram em mim. Amo-vos!

AGRADECIMENTOS

Deus, em sua infinita bondade, em silêncio ou com linguagem própria, nos ensina sermos fortes, nos ampara e encoraja a seguirmos em frente, mesmo quando tudo parece não estar saindo como desejamos. Disso, só nos resta agradecer e reconhecer o quanto somos frágeis diante de Sua plenitude, diante do mundo, das grandezas da vida e do simples e complexo ato de amar.

Começo agradecendo a Universidade Federal Rural de Pernambuco (*Ruralinda*), enquanto instituição, me proporcionou as maiores conquistas da vida, oportunizando vivenciar o ensino, pesquisa e extensão e me acolhendo em toda minha trajetória acadêmica.

Da Rural, meu carinho aos que fazem essa instituição crescer a cada dia com a união de esforços dos alunos, professores e técnicos. Agradecimento especial ao Departamento de Ciência Florestal, em nome dos professores e colegas que compartilharam momentos de aprendizado e de conquistas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais pela oportunidade de ingresso no mestrado e doutorado. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro.

Ao professor orientador Luiz Carlos Marangon, que sempre se dispôs a ajudar e orientar, sendo paciente, compreensivo e acima de tudo, depositando confiança e credulidade no nosso trabalho. Também aos co-orientadores Ana Lícia Patriota Feliciano e Fernando José Freire, meus agradecimentos.

Ao PROMASSA, em nome do prof. Fernando, que nos possibilitou engajamento nesse projeto e viabilizando toda logística e custeio para implantação da pesquisa.

À Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina, pelas análises do solo e a prof^a Betânia, que nos disponibilizou o laboratório de fertilidade do solo para análises complementares.

À equipe Chapadão (Wedson, Clarissa, Jéssica e Nailson) pela união, cumplicidade e esforços intermináveis de campo. “Põe mais uma na conta!”

Aos amigos Pedro Sena e Jefrejan Rezende que dedicaram seu tempo para me ajudarem nas análises dos dados.

Ao Ipa de Araripina, em nome de José Tavares, pela acolhida, confiança e disposição em ajudar.

A todos os proprietários das áreas de estudo, que confiaram e ajudaram, não só a nós, enquanto estudantes, mas a promover a pesquisa científica no Brasil.

À Marinho da APNE, amigo que não mediu esforços em nos ajudar na escolha das áreas e facilitando vínculo e contato com instituições na região.

Agradecimento mais que especial ao grande amigo/irmão, Wedson Batista dos Santos, que jamais negou ajuda e que divido inteiramente os méritos dessa pesquisa em todas suas etapas teórica e prática. Obrigado pela paciência e compreensão, Deus conserve seu coração forte e bondoso, estamos juntos meu amigo.

Aos amigos “terapeutas”, “psicólogos” e “espirituais”, verdadeiros anjos que foram essenciais para me manterem forte nessa fase final e tão conflitante. Paulo, Débora e Cândida, obrigado pelos choros, abraços e toda demonstração de amor.

A meus pais, que são as pessoas mais importantes da minha vida e deles são extraídas as forças e inspirações para continuar a batalha de cada dia. Aos irmãos, tias, avó, sobrinhos, primos, madrinha e todos aqueles que são parte essencial em minha vida, onde com eles são vivenciados momentos de apoio, carinho e afeto.

E por fim, a todos que não tiveram seus nomes citados aqui, mas não menos importantes, agradeço!

“O período de maior ganho em conhecimento e experiência é o período mais difícil da vida de alguém.”

Dalai Lama

RESUMO

Entender o que impulsiona essa heterogeneidade em uma microescala na fisionomia florestal é fundamental para prever como as florestas responderão às mudanças ambientais globais, bem como desenvolver estratégias de conservação e manejo que maximizem os benefícios da biodiversidade. O objetivo dessa pesquisa foi caracterizar o estrato regenerante de comunidades arbutivas-arbóreas, associando as condições ambientais a níveis de solo e gradiente topográfico. Considerando a região do Araripe como uma paisagem estratificada em três ambientes: Baixada (altitudes ≤ 600 m), Encosta ($600 > a \leq 750$ m) e Chapada altitudes acima de 750 m. Para cada ambiente foram amostradas nove áreas (B1, B2, B3, E1, E2, E3, C1, C2 e C3) com 20 parcelas de 5 x 10 m para mensuração da regeneração natural. Foram feitas análises dos atributos químicos do solo das nove áreas e a análise canônica para discriminar quais as variáveis mais contribuíram para a variância das espécies, e que porcentagem desta variância é explicada pelas variáveis ambientais. Na florística das nove áreas foram inventariados 4.974 indivíduos regenerantes, desses, 1.433 na Baixada, 1.303 na Encosta e 2.217 na Chapada, estes pertencentes a 131 espécies botânicas. As áreas estratificadas nos ambientes de Baixada, Encosta e Chapada representam uma variabilidade florística e estrutural de fitofisionomias vegetais características de florestas secas ou sazonalmente secas inseridas no semiárido Pernambucano com alta riqueza de espécies arbustiva-arbórea da regeneração natural dessas comunidades. A região possui uma variabilidade de ambientes com características microclimáticas distintas e que seguem um gradiente de altitude. As áreas de Baixada possuem solos rasos, mais férteis e com tipologias de vegetação xerófila. Nas áreas de Encosta, solos mais arenosos e baixa fertilidade, com vegetação mais arbustiva de pequeno porte e com baixa diversidade e densidade. E por fim, na Chapada, há uma variação microclimática maior, com áreas mais úmidas e variação de vegetação xerófila e de floresta estacional.

Palavras-chave: Solo/vegetação. Gradiente Altitudinal. Florestas Secas. Ecótono.

ABSTRACT

Understanding what drives this heterogeneity on a microscale in the forest physiognomy is critical to predict how forests will respond to global environmental change as well as develop conservation and management strategies that maximize the benefits of biodiversity. The objective of this research was to characterize the regenerating stratum of Shrub-tree communities, associating the environmental conditions to levels of soil and topographic gradient. Considering the region of Araripe as a landscape stratified in three environments: Lower (altitudes ≤ 600 m), Slope ($600 >$ to ≤ 750 m) and Plateau with altitudes above 750 m. For each environment, nine areas (B1, B2, B3, E1, E2, E3, C1, C2 and C3) were sampled with 20 plots of 5 x 10 m for measuring natural regeneration. Analyzes of the soil chemical attributes of the nine areas and the canonical analysis were made to discriminate which variables contributed most to the variance of the species, and what percentage of this variance is explained by the environmental variables. In the floristic of the nine areas, 4,974 regenerating individuals were inventoried, 1,433 in the Lower, 1303 in the Slope and 2,217 in the Plateau, belonging to 131 botanical species. The stratified areas in the environments of Lower, Slope and Plateau represent a floristic and structural variability of vegetal phytophysiognomies characteristic of dry or seasonally dry forests inserted in the semi-arid Pernambucano with high richness of shrub species of the natural regeneration of these communities. The region has a variability of environments with distinct microclimatic characteristics and following an altitude gradient. The areas of Lower have shallow soils, more fertile and with typologies of xerophytic vegetation. In the areas of Slope, more sandy soils and low fertility, with more shrub vegetation of small size and with low diversity and density. And finally, in the Plateau, there is a greater microclimatic variation, with wetter areas and variation of xerophilous vegetation and seasonal forest.

Key-words: Soil / vegetation. Altitudinal gradient. Dry Forests. Ecotone.

LISTA DE FIGURAS – CAPÍTULO I

Figura 1.	Localização das áreas de estudo na região do Araripe, PE	35
Figura 2.	Croqui da distribuição das parcelas por fragmento com detalhe da amostragem da regeneração natural nas áreas com diferentes altitudes na região do Araripe	37
Figura 3.	Número de indivíduos da regeneração natural das nove áreas de estudo na região do Araripe, PE	44
Figura 4.	Diagrama com o número de espécies de ocorrência em três ambientes nas áreas de vegetação natural na região do Araripe, PE	45
Figura 5.	Curva de rarefação com intervalo de 95% de confiança, para nº de espécies amostradas nos três ambientes de região do Araripe, PE. Os marcadores centrais representam o nº real de espécie, e os externos representam os intervalos de confiança	46
Figura 6.	Diagrama com o número de espécies de ocorrência nas três áreas de Baixada na região do Araripe, PE.	54
Figura 7.	Espécies com maior número de indivíduos nas três áreas de Baixada, região do Araripe, PE	55
Figura 8.	Curva de rarefação com intervalo de 95% de confiança, para nº de espécies amostradas nas três áreas de Baixada na região do Araripe, PE. Os marcadores centrais representam o nº real de espécie, e os externos representam os intervalos de confiança.....	56
Figura 9.	Diagrama com o número de espécies de ocorrência nas três áreas da Encosta na região do Araripe, PE.	57
Figura 10.	Espécies com maior número de indivíduos nas três áreas da Encosta, região do Araripe, PE	57
Figura 11.	Curva de rarefação com intervalo de 95% de confiança, para nº de espécies amostradas nas três áreas de Encosta na região do Araripe, PE. Os marcadores centrais representam o nº real de espécie, e os externos representam os intervalos de confiança.....	58
Figura 12.	Diagrama com o número de espécies de ocorrência nas três áreas da Chapada na região do Araripe, PE.	59
Figura 13.	Espécies com maior número de indivíduos nas três áreas da Chapada, região do Araripe, PE	59
Figura 14.	Curva de rarefação com intervalo de 95% de confiança, para nº de espécies amostradas nas três áreas de Chapada na região do Araripe, PE. Os marcadores centrais representam o nº real de espécie, e os externos representam os intervalos de confiança.....	60
Figura 15.	Índice de diversidade de Shannon (H'), Simpson (C) e equabilidade de Pielou (J) nas nove áreas amostrais dos ambientes estudados na região do Araripe, PE.	61
Figura 16.	Dendrograma de dissimilaridade com base na distância euclidiana média segundo o método UPGMA para as nove áreas na região do Araripe, PE.	63
Figura 17.	Esquema ilustrativo dos coeficientes de similaridade de Jaccard (SJ) e Sorensen (SO) entre os ambientes e as áreas na região do Araripe, PE.....	64

Figura 18.	Distribuição espacial pelo método de IGA – Índice de agregação de McGuinness, das espécies da regeneração natural nas nove áreas amostrais na região do Araripe, PE. Onde: AGR – Agregada; ALE – Aleatório; TDA – Tendência de agregação; UNI – Uniforme.....	66
Figura 19.	Percentual de espécies classificadas quanto à síndrome de dispersão nos três ambientes na região do Araripe, PE.	67
Figura 20.	Percentual de espécies classificadas quanto à síndrome de dispersão nas nove áreas estudadas na região do Araripe, PE.....	67
Figura 21.	Espécies com maior densidade no ambiente Baixada, na região do Araripe, PE	71
Figura 22.	Espécies com maior valor de densidade nas três áreas de Baixada, região do Araripe, PE	72
Figura 23.	Espécies com maior densidade no ambiente Encosta, na região do Araripe, PE	74
Figura 24.	Espécies com maior valor densidade nas três áreas de Encosta, região do Araripe, PE	74
Figura 25.	Espécies com maior densidade no ambiente Chapada, na região do Araripe, PE	77
Figura 26.	Espécies com maior valor densidade nas três áreas da Chapada, região do Araripe, PE	78
Figura 27.	Número de indivíduos distribuídos nas três classes de altura da regeneração natural nos respectivos ambientes (A) e áreas (B) na região do Araripe, PE.....	79
Figura 28.	Espécies com maiores índices de Regeneração Natural Total (RNT) referente às classes de altura nos três ambientes (A, B e C), região do Araripe, PE	80
Figura 29.	Espécies com maior RNT nas nove áreas de estudos dos ambientes de Baixada (A, B e C), Encosta (D, E e F) e Chapada (G, H e I), na região do Araripe, PE	82

LISTA DE FIGURAS – CAPÍTULO II

Figura 1.	Diagrama da análise dos componentes principais e projeção dos vetores dos atributos químicos do solo e as áreas nas diferentes altitudes na região do Araripe, PE.....	95
Figura 2.	Dendrograma de dissimilaridade (Distância Euclidiana) pelo método de aglomeração hierárquica de Cluster comparando os atributos químicos do solo entre as áreas de estudo nos ambientes com diferentes altitudes na região do Araripe, PE.....	96
Figura 3.	Diagrama da Análise de Correspondência Canônica e projeção dos vetores dos atributos químicos do solo e as espécies com maior densidade nos ambientes com diferentes altitudes na região do Araripe, PE.....	97

LISTA DE TABELAS – CAPÍTULO I

Tabela 1.	Estratificação dos ambientes e suas respectivas áreas, coordenadas geográficas e tipologia florestal na região do Araripe, PE.....	36
Tabela 2.	Suficiência amostral para número de indivíduos da regeneração natural dos três ambientes estudados na região do Araripe, PE.....	43
Tabela 3.	Florística, síndrome de dispersão (SD) e padrão de distribuição espacial da regeneração natural, em nove áreas na região do Araripe, PE	47
Tabela 4.	Estrutura fitossociológica da regeneração natural ordenadas por maior densidade, nas três áreas amostrais no ambiente Baixada na região do Araripe, PE	69
Tabela 5.	Estrutura fitossociológica da regeneração natural ordenadas por maior densidade, nas três áreas amostrais no ambiente Encosta na região do Araripe, PE	72
Tabela 6.	Estrutura fitossociológica da regeneração natural ordenadas por maior densidade, nas três áreas amostrais no ambiente Chapada na região do Araripe, PE	75

LISTA DE TABELAS – CAPÍTULO II

Tabela 1.	Matriz de Coeficiente de Correlação Linear de Pearson entre as variáveis ambientais/atributos químicos do solo e a regeneração natural (área basal e altura média) das áreas em gradientes topográficos na região do Araripe, PE..	91
Tabela 2.	Teores médios dos atributos químicos do solo, na camada de 0,00-0,20m, por área e ambiente com diferentes altitudes na região do Araripe, PE.....	92
Tabela 3.	Correlação entre cada componente principal, variáveis estruturais da regeneração e os atributos químicos do solo em amostras coletada na camada 0,00-0,20 m nas áreas em diferentes altitudes na região do Araripe, PE.....	94

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
	2.1 REGENERAÇÃO NATURAL	18
	2.2 FATORES AMBIENTAIS QUE INFLUENCIAM NA REGENERAÇÃO DE FLORESTAS	19
	2.3 A TOPOGRAFIA E SUA INFLUENCIA NA FORMAÇÃO DAS FLORESTAS	21
	2.4 RELAÇÃO SOLO-FLORESTA	24
3	REFERÊNCIAS.....	28

CAPÍTULO I

1	INTRODUÇÃO.....	33
2	MATERIAL E MÉTODOS	35
	2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	35
	2.2 ANÁLISE DE DADOS	36
	2.2.1 Suficiência Amostral	36
	2.2.2 Florística e fitossociologia da regeneração natural	37
	2.2.3 Índices de Diversidade e Equabilidade	40
	2.2.4 Índice de Similaridade de Jaccard e Sorensen	40
	2.2.5 Índice de Distribuição Espacial de MacGuinnes (IGA)	41
	2.2.6 Síndrome de dispersão (SD).....	41
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
	3.1 SUFICIÊNCIA AMOSTRAL	43
	3.2 FLORÍSTICA DA REGENERAÇÃO NATURAL NOS TRÊS AMBIENTES	43
	3.1.1 Avaliação da florística regenerante por ambiente	54
	3.1.2 Índices de Diversidade e Equabilidade	60
	3.1.3 Similaridade Florística	62
	3.1.4 Distribuição espacial McGuinnes.....	65
	3.1.5 Síndrome de dispersão	66
	3.2 FITOSSOCIOLOGIA DA REGENERAÇÃO NATURAL	69
	3.2.1 Fitossociologia Baixada	69
	3.2.2 Fitossociologia Encosta.....	72
	3.2.3 Fitossociologia Chapada	75
	3.3 ESTRUTURA DA REGENERAÇÃO NATURAL	78
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
5	REFERÊNCIAS.....	84

CAPÍTULO II

1	INTRODUÇÃO.....	89
----------	------------------------	-----------

2	MATERIAL E MÉTODOS	91
2.1	COLETA E ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO	91
2.2	ANÁLISE DOS DADOS	91
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	93
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100
5	REFERÊNCIAS.....	101
	APÊNDICES	103

1 INTRODUÇÃO GERAL

O processo de expansão urbana e a ocupação e uso do solo em áreas rurais, vem provocando uma substituição desordenada da cobertura vegetal original, dando lugar às formações vegetais secundárias. Tudo isso motivado pela implantação de lavouras, pastagens, reflorestamentos, exploração dos recursos madeireiros, abertura de estradas e acessos, como também pelo surgimento e crescimento de aglomerados urbanos. Nesse contexto, os variados ecossistemas florestais vêm passando por um processo agressivo de exploração dos seus recursos, fazendo com que as áreas de vegetação natural sejam cada vez menores e mais fragmentadas, estando ainda, em sua maior parte, em áreas de domínio privado submetidas a diferentes pressões.

Em um contexto mundial, as áreas florestadas diminuíram cerca de 129 milhões de hectares durante o último quarto de século, e apenas 35% do restante é de floresta primária ou que não sofreu uma recente alteração estrutural, esses padrões de mudança de paisagem, através do uso intensivo da terra e supressão e fragmentação da vegetação, são indicativos de mudanças nos processos ecológicos que operam ao longo do gradiente sucessional (ABBAS et al., 2016).

No entanto, mesmo dentro de paisagens menos antropizadas, a estrutura, composição e função das florestas podem variar drasticamente em escalas espaciais muito pequenas (JOHN et al., 2007; RUSSO et al., 2008; WERNER; HOMEIER, 2015), muitas vezes confrontados com o grau de variação observada em amplos gradientes ambientais ou biogeográficos (QUESADA et al. 2012; SULLIVAN et al. 2017). Entender o que impulsiona essa heterogeneidade em uma microescala na fisionomia florestal é fundamental para prever como as florestas responderão às mudanças ambientais globais, bem como desenvolver estratégias de conservação e manejo que maximizem os benefícios da biodiversidade (JUCKER et al., 2018).

As consequências mais trágicas no processo da fragmentação de habitats dão-se, não associadas a um evento em particular, mas sim ligadas a um conjunto de fatores que ampliam ameaças as árvores e sua perpetuação em ecossistemas florestais bastante fragmentados (TABARELLI et al., 2004). Consequente aos efeitos da dinâmica dos diferentes usos da terra e sua instabilidade, muitas regiões estão experimentando aumentos na regeneração de florestas secundárias, impulsionadas pela exploração dos recursos naturais e abandono da agropecuária intensiva em solos de baixa fertilidade (MARÍN-SPIOTTA; SHARMA, 2013).

Segundo Myers et al. (2000), quando uma área perde uma grande proporção de seu habitat original e, especialmente, quando o habitat remanescente é severamente fragmentado, ele tenderá a perder algumas de suas espécies e provocar um desequilíbrio ecológico naquele ecossistema.

A regeneração natural é parte desse complexo biológico ativo das florestas naturais que formam, desenvolvem e mantêm as fitofisionomias (MARANGON et al., 2008), visto isso, estudos envolvendo a regeneração nesse processo devem ser implementados nas diversas formações florestais, em função da necessidade de informações básicas destes ecossistemas, permitindo que sejam feitas várias inferências sobre estrutura vegetacional, interações entre a vegetação e os parâmetros ambientais envolventes nestes sistemas. Avaliações que mostrem mudanças na estrutura da regeneração como diminuição na densidade e riqueza do estoque de novos indivíduos, podem ser consideradas indicadores da degradação da floresta (ALVES; METZGER, 2006).

Informações consistentes sobre a cobertura vegetal, e mais especificamente sobre a cobertura florestal, e sua dinâmica são essenciais para elaboração de estratégia aplicadas ao manejo e proteção dos ecossistemas florestais além de respaldar cientificamente às decisões relacionadas as políticas públicas de conservação ambiental (BEUCHLE et al., 2015). A conservação efetiva da flora remanescente exige o fim da tendência persistente do processo de fragmentação florestal (HOFMEISTER et al. 2013), e os estudos voltados a sua análise estrutural nos diferentes estratos é de grande relevância para sua manutenção.

No Brasil alguns ecossistemas possuem esforços maiores na elaboração de pesquisas e trabalhos científicos relacionados à biodiversidade. No bioma da Caatinga, por exemplo, é muito menor do que o conhecimento já acumulado em ecossistemas úmidos como a Amazônia e a Mata Atlântica. Tais descobertas reforçam a noção de que Florestas Tropicais Sazonalmente Secas possuem esforços científicos mais baixos e, por causa disso, muitas biotas pendentes permanecem cientificamente desconsideradas ou pouco compreendidas (SANTOS et al., 2011).

Para tanto o objetivo dessa pesquisa é caracterizar o estrato regenerante de comunidades arbutivas-arbóreas, associando as condições ambientais a níveis de solo e variação altitudinal. Assim, este trabalho, possibilitará aumentar a base de dados da regeneração natural de áreas de Florestas Tropicais Secas inseridas na microrregião do Araripe, colaborando para trabalhos futuros de ecologia e manejo florestal. Ampliando o conhecimento em relação às diferenças existentes na estrutura e diversidade da regeneração.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 REGENERAÇÃO NATURAL

A regeneração natural nada mais é que a interação de processos naturais de restabelecimento do ecossistema florestal, sendo parte de um ciclo de crescimento da floresta e referindo-se às fases iniciais de seu estabelecimento e desenvolvimento (GAMA et al., 2002). O estudo qualitativo e quantitativo da regeneração natural permite conhecer os indivíduos jovens da floresta e sua distribuição na comunidade vegetal, fornecendo dados que permitam previsões sobre o comportamento e o desenvolvimento da floresta no futuro (GARCIA et al., 2011).

Segundo Grubb (1977) o termo “nicho de regeneração”, indica as necessidades ambientais favoráveis para uma espécie ter sucesso em sua perpetuação na comunidade, onde um indivíduo maduro é substituído por um novo indivíduo da nova geração. O que acontece em muitas comunidades e que as diferenças de nicho entre espécies coexistentes podem se manifestar somente durante os primeiros estágios de desenvolvimento.

A limitação no recrutamento nas fases iniciais do ciclo de vida das plantas é um dos mecanismos mais importantes que controlam a regeneração natural em florestas. Estando estes associados, muitas vezes, ao baixo número de sementes produzidas e/ou dispersas dentro do ecossistema, ou mesmo a processos pós-dispersão afetando o sucesso do estabelecimento de plântulas (GRUBB, 1977; SUMMERBELL, 1991; DUNCAN; CHAPMAN 1999; ALVES; METZGER, 2006). Para os autores o desenvolvimento dessas ocorre basicamente devido a mudanças nas taxas de germinação, competição, herbivoria e estresse hídrico e microclimático, que alteram a sobrevivência e o crescimento das plântulas.

A avaliação do potencial regenerante deve descrever a estrutura e os processos envolvidos na manutenção da comunidade, portanto, identificar as espécies, os padrões de distribuição e grupos funcionais que compõem a regeneração natural é de importância singular para definição de estratégias ligadas a conservação desses ambientes e a previsão de cenários de mudanças estruturais nas comunidades, associados a influência de variáveis em diferentes escalas (LEYSER et al., 2012). Nesta perspectiva, conhecer a composição e a estrutura florística do componente regenerante e a posterior comparação com a estrutura da comunidade adulta pode trazer respostas instantâneas sobre a dinâmica florestal. Além disso, padrões espaciais de plantas em comunidades naturais carregam informações sobre os processos que operaram no passado e que formam o modelo no qual os processos terão lugar no futuro (LAW et al., 2009).

Em paisagens muito fragmentadas com pequenas manchas florestais e com alto grau de intervenção humana a regeneração natural sofre, significativamente, em seus processos dinâmicos e estruturais. Uma maneira alternativa de inferir sobre o potencial das florestas secundárias como repositórios de biodiversidade, seus fatores condicionantes e implicações práticas para o uso e manejo do solo consiste em identificar as relações ecológicas entre os fragmentos que compõem a paisagem (TABARELLI et al., 2012).

Dessa forma, a regeneração natural de florestas secundárias é um processo complexo e altamente condicionado as variáveis ambientais, numa escala macro ligadas ao contexto da paisagem (conectividade, forma do fragmento e matriz) e aos fatores climáticos e sua sazonalidade; numa escala micro, atreladas as condições ambientais do fragmento e seus recursos, tais como, características e propriedades do solo, banco de sementes, grau e frequência dos distúrbios naturais e antropogênicos.

2.2 FATORES AMBIENTAIS QUE INFLUENCIAM NA REGENERAÇÃO DE FLORESTAS

A regeneração de florestas secundárias é influenciada por muitos fatores, incluindo a fontes de sementes, diminuição da incidência de luz e disponibilidade de água. Embora seja necessária muita pesquisa adicional sobre a interação de fatores que impulsionam a mudança nas comunidades regenerantes. Estudos com foco na abundância e composição de diferentes formas de vida lenhosas podem ser particularmente úteis para entender e prever a dinâmica de sucessão em florestas e outros sistemas hiperdiversos (CAPERS, et al. 2005).

Dessa forma, avaliações sobre a regeneração de florestas secundárias mostram que as espécies arbóreas, em particular, se acumulam a taxas relativamente rápidas. Existem muitos fatores que influenciam a recuperação da composição das espécies. Para florestas úmidas tropicais, estudos sugerem que a falta de nutrientes do solo, usos anteriores da terra, frequentemente impede a recuperação da floresta. Por outro lado, o grande número de espécies que aparecem durante a regeneração de florestas indica que as oportunidades de estabelecimento de espécies são elevadas. Assim, o padrão de mudanças na diversidade de espécies de árvores nas florestas secundárias é mal compreendido (CECCON, et al., 2002).

As florestas secundárias que são jovens e que acumulam rapidamente novas espécies são mais propensas a divergir na composição ao longo do tempo se estão no contexto de uma paisagem fragmentada e com fluxo gênico intenso (CAPERS, et al. 2005). As manchas de floresta são elementos que compõem mosaicos das paisagens modificadas por humanos e, portanto, constituem uma oportunidade que precisa ser incorporada em planos de

conservação que considerem explicitamente suas condições de sucessão e os fatores que influenciam no seu desenvolvimento (TABARELLI et al., 2012). É provável que as sementes provenientes de manchas florestais próximas encontradas na matriz possam contribuir para a recuperação rápida das comunidades regenerativas (MAZA-VILLALOBOS et al., 2011).

O processo de dinâmica sucessional e regeneração de uma floresta secundária envolvem etapas múltiplas, incluindo produção de sementes, dispersão de sementes, germinação, emergência e estabelecimento de plântulas e sobrevivência (PRICE et al., 2001; KROSCHEL et al., 2016). Essas etapas estão ligadas a fatores e condições estocásticas que afetam o desenvolvimento e manutenção dos indivíduos que compõe a comunidade florestal, para entender melhor como as florestas se regeneram, faz-se necessário uma compreensão concomitante dessas variáveis de forma interligada e correspondente.

De fato, as variáveis climáticas geralmente consideradas para o crescimento da árvore (luz, temperatura, precipitação) são geralmente os fatores mais críticos que afetam a sobrevivência das plântulas durante o estabelecimento. O exemplo mais óbvio é a maior temperatura que aumenta as taxas de respiração e transpiração, reduzindo a disponibilidade de água nas camadas superficiais da serapilheira e do solo. Os efeitos da mudança climática em outros aspectos da regeneração podem ser mais sutis, por exemplo, a disponibilidade de fontes de alimentos preferenciais para a ocorrência de mamíferos pode ser alterada, levando a mudanças na pressão de pastejo exercida sobre as árvores restantes (PRICE et al., 2001).

A fonte de propágulos e sua dispersão são condições essenciais para sucesso da regeneração de florestas. A dispersão depende da fecundidade da árvore adulta, presença de vetores de dispersão (animal, vento, água), fenologia e do tipo de semente (KROSCHEL et al., 2016). É provável, ainda que a diminuição da densidade das plântulas resulte, pelo menos em parte, da queda dos níveis de luz nas florestas secundárias e essa densidade aumenta de novo, de forma sucessiva, à medida que a complexidade estrutural e a heterogeneidade aumentem com a ocorrência de grandes clareiras (CAPERS, et al. 2005).

A compreensão de como, a que ritmo e até que ponto a regeneração de florestas naturais ocorrem em áreas com diferentes históricos de uso e conseqüentemente abandonadas permanece insipiente (CHAZDON et al., 2007; MAZA-VILLALOBOS et al., 2011) e essa falta de conhecimento pode limitar a capacidade de conservar, restaurar e manejar esses ecossistemas. As florestas secundárias são, portanto, extremamente importantes para a conservação da biodiversidade, à proteção das bacias hidrográficas, o controle climático e os serviços ecossistêmicos que prestam (ABBAS et al., 2016).

Em síntese, para Maza-Villalobos et al. (2011) os processos de regeneração dependem de ganhos e perdas de indivíduos e espécies. Os ganhos dependem da disponibilidade de propágulos, condições locais e recursos que afetam o estabelecimento, a sobrevivência e o crescimento das plantas. As perdas são devidas à mortalidade e à redução da biomassa causada por condições adversas, recursos limitados e danos por inimigos naturais.

2.3 A TOPOGRAFIA E SUA INFLUENCIA NA FORMAÇÃO DAS FLORESTAS

As relações entre a distribuição espacial da vegetação variação topográfica é considerado de temática de grande interesse atual no meio científico (JONES et al., 2008). A topografia vem sendo reconhecida como um importante controle ambiental, em escala local, de muitas fitofisionomias em todo o mundo, em florestas tropicais sazonalmente secas, na Índia (PULLA et al., 2016); em áreas de Caatinga (BISPO et a., 2010; MENINO et al., 2012), Floresta Decídua e Carrasco, no nordeste do Brasil (ARAÚJO et al., 2011); Em floresta tropicais secas, no México (SANAPHRE-VILLANUEVA et al., 2017). Na maioria dos trabalhos as principais variáveis topográficas avaliadas são, elevação, inclinação, convexidade e aspecto. Atrelado a essa importância, os aspectos topográficos influenciam nas propriedades e características biogeoquímicas do solo (PULLA et al., 2016), na umidade e microclima local e na incidência solar nas áreas declivosas compõe as principais relações feitas com a comunidade vegetal.

Segundo Arruda et al. (2015) estudos ecológicos no Brasil demonstraram que as comunidades de plantas geralmente variam de acordo com as formas de relevo e os atributos do solo. Esses estudos mostram setores topográficos com características distintas do solo, com solos empobrecidos em nutrientes em maiores elevações e forte influência do solo nas comunidades de plantas. Particularmente, a região semiárida do Brasil consiste em uma grande variedade de paisagens, solos e formas de vegetação, com inter-relações complexas e que muitas vezes não são bem conhecidas por falta de estudos específicos.

Segundo Chang et al. (2013) o solo e a topografia estão parcialmente correlacionados, mas cada um pode oferecer informações adicionais relevantes para o crescimento da planta. Portanto, entender os mecanismos dos diferentes nichos e recursos dos diversos ecossistemas florestais está atrelado à compreensão da correlação dos fatores ambientais e dinâmica espacial da variação composicional de espécies da comunidade florestal. A importância de uma variação ambiental na formação da estrutura da comunidade em florestas tropicais, inclui avaliar dados de recursos do solo que segundo Baldeck et al.

(2013) quando comparada com as variáveis topográficas tende a duplicar a compreensão dos parâmetros estruturais e de distribuição espacial na maioria das espécies nos ambientes estudados.

Abordar os diferentes aspectos da paisagem e entender cada variável ambiental e seus efeitos causais ou não na composição das espécies requer uma análise multivariada dos recursos da paisagem e condições climáticas adjacentes. Todavia, a topografia oferece uma interpretação particionada do contexto ambiental, e que talvez mal seja modificada pela vegetação, no caso das variáveis do solo, a direção da relação causal não é tão direta interferindo muito mais no ecossistema florestal (CHANG et al., 2013).

Uma meta-análise realizada por Baldeck et al. (2013) em diversas regiões biogeográficas pelo mundo e que variam na fertilidade do solo e no regime de precipitação, de forma contínua a seca e estacionalmente seca foi possível concluir que a proporção de variação composicional da comunidade explicada pelo meio ambiente aumentou muito com a adição de variáveis de recursos do solo ao conjunto de variáveis ambientais em relação às variáveis topográficas analisadas de forma isolada. Todavia, mesmo ambas as variáveis sejam preditoras do comportamento dos ecossistemas florestais, nem o efeito do solo nem o efeito da topografia são inteiramente aninhados um no outro, indicando que tanto os recursos do solo como a topografia têm efeitos importantes, porém independentes na estrutura da comunidade em uma grande variedade de comunidades de florestas tropicais.

Lan et al. (2011) avaliando a distribuição de 13 espécies dominantes em uma floresta tropical estacional na China, encontramos uma forte evidência de controle topográfico do padrão de distribuição das espécies arbóreas. Entre as variáveis topográficas estudadas, a convexidade e a elevação foram os dois fatores mais importantes que contribuem para os padrões de distribuição de espécies arbóreas no fragmento. Com isso, eles afirmam que tanto a convexidade como a elevação podem estar negativamente associados à umidade do solo. Assim, a umidade do solo pode ser a variável ambiental mais importante que afeta a distribuição das espécies, afetando as propriedades químicas e físicas dos solos.

O comportamento das populações atribuídas as variáveis ambientais vem sendo discutido amplamente em muitos trabalhos (BUCKE et al., 2007; RODRIGUES et al., 2007; CHANG et al., 2013; ARAÚJO et al., 2011; MENINO et al., 2012; PUNCHI-MANAGE et al., 2013), Para Sanaphre-Villanueva et al. (2017) no que diz respeito ao domínio das espécies em um ambiente a homogeneidade funcional na paisagem não impede que outros fatores atuem nesse processo, considerando algumas estratégias ecológicas são mais abundantes em certas partes da paisagem, quando consideradas individualmente, a maioria

das abundâncias das espécies não são significativamente diferentes entre as idades sucessivas ou as posições topográficas. Portanto acredita-se que existam múltiplas maneiras de associar um comportamento generalista de uma espécie e que as condições ambientais, em todo o gradiente sucessional e topográfico, não são suficientemente diferentes em comparação com o intervalo de condições nas quais as espécies generalistas podem persistir e tornar-se abundantes. No entanto, não pode-se descartar a possibilidade de que os fatores mais influentes que afetem a filtragem de espécies não correspondem aos gradientes ambientais espaciais. A variação temporal de recursos e condições ambientais poderia ter um papel mais importante na determinação da reprodução e recrutamento da planta, o que poderia resultar na coexistência de estratégias funcionais distintivas independentemente da idade sucessional ou posição topográfica.

Ainda assim, os mecanismos subjacentes a esses gradientes são muitas vezes difíceis de distinguir porque vários processos que operam em escalas múltiplas podem reagir a variação geográfica na diversidade. Por exemplo, declínios na diversidade com elevação e latitude podem resultar de processos de estruturação de comunidades deterministas a escalas locais. Alternativamente, a variação espacial na diversidade local poderia depender de processos que operam em escalas maiores (por exemplo, especiação, extinção e dispersão biogeográfica), que se reduzem a afetar a diversidade das comunidades locais (KRAFT et al., 2011).

No tangente a estratégias e comportamento das espécies, Méndez-Alonzo et al. (2013) afirmam que no com relação à posição topográfica, as espécies de árvores decíduas com alta densidade de madeira e árvores de armazenamento de água com baixa densidade de madeira são predominantemente distribuídas em florestas secas de terras altas (altitudes elevadas), enquanto as espécies sempre verdes com densidade de madeira alta ou baixa tendem dominar os locais de terras mais úmidas e baixas altitudes.

Dessa forma, pode-se afirmar que a topografia não é uma variável ambiental direta, como a luz ou a temperatura, mas um *proxy* que representa a umidade do solo e condições microclimáticas dos ambientes que possuem um conjunto de variáveis geomorfométricas que forma as paisagens florestais (CÁCERES et al., 2012).

Em ambientes que sofrem com grandes períodos secos, a topografia pode mitigar os efeitos da seca sobre a vegetação ao longo do gradiente altitudinal de uma colina através da redistribuição da umidade do solo e atmosfera. Com a seca prevista para aumentar esses sistemas, as diferentes respostas das espécies tolerantes a seca, além dos efeitos topográficos,

a filtragem ambiental pode levar a mudanças complexas na composição das espécies ao longo do gradiente de altitude (HAWTHORNE; MINIA, 2017).

Segundo Hawthorne; Minia, (2017) a topografia pode mitigar ou intensificar os efeitos da seca sobre a vegetação através de uma variedade de processos. A variação espacial na umidade do solo aumenta ao longo do gradiente topográfico numa colina durante os períodos secos, particularmente nas camadas superiores do solo. Essa variação também depende do tempo até a precipitação. Uma complexidade de processos ecossistêmicos em posições descendentes pode ser afetada por essa variação espacial na umidade do solo, incluindo a transpiração, crescimento de árvores, e a respiração do solo. Compreender a interação da topografia, a umidade do solo e a dinâmica da vegetação são importantes para identificar espécies e comunidades vulneráveis e os impactos resultantes nos serviços do ecossistema.

2.4 RELAÇÃO SOLO-FLORESTA

As paisagens tropicais são cada vez mais dominadas por mosaicos de florestas em vários estágios de regeneração, e é importante entender como as propriedades do ecossistema como biomassa aérea variam através desses mosaicos. Becknell et al. (2012) defendem a hipótese de que a precipitação é o fator mais importante que explica a variação global da biomassa nas florestas tropicais sazonalmente secas.

Muitas vezes é difícil separar claramente as funções do solo em processos químicos, físicos e biológicos, devido à dinâmica natural e interativa desses processos. A ausência de avaliações abrangentes da resiliência das propriedades do solo dificulta nossa capacidade de projetar práticas sustentáveis de manejo do solo. Além disso, não sabemos se a vegetação e as propriedades do solo seguem padrões semelhantes de resistência e recuperação da mudança de uso da terra, o que é altamente relevante porque a resistência ou recuperação da vegetação é frequentemente associada a recuperação e a capacidade de resiliência do solo (AYALA-OROZCO et al., 2017).

Para definir a qualidade do solo é necessário entender os processos que incluem capacidade de retenção de água, sequestro de carbono, produtividade vegetal, remediação de resíduos e outras funções, ou pode ser definida de forma mais restrita. Embora os princípios fundamentais da Ciência do Solo sejam abrangentes a solos sob todos os tipos de vegetação, natural ou cultivada. Diferenças como abundância e diversidade da cobertura vegetal, ausência de práticas de manejo ou diferentes intensidades de aplicação destas, entre outras características, permitem identificar especificidades no ambiente edáfico. Ignorar influências

tão pertinentes pode representar uma limitação ao avanço da ciência, uma vez que não é possível dissociar-se o futuro dos diferentes solos do planeta do seu uso presente, especialmente aqueles que passam pela ação antrópica (ROVEDDER et al., 2013).

Características como histórico de uso e ocupação do solo, grau de perturbação, banco e chuva de sementes, proximidades com fragmentos florestais são fatores que definem o poder de resiliência de solos florestais em estágio de sucessão. Em florestas secas o papel da riqueza de espécies e das adaptações das mesmas para lidar com os processos de recuperação parecem ser particularmente relevantes. As propriedades do solo e as características das plantas estão fortemente relacionadas ao longo da sucessão das florestas secas e sazonalmente secas, mas também são altamente dependentes do contexto ambiental e de gestão (BECKNELL; POWERS, 2014).

A qualidade do solo inclui uma medida da capacidade do solo para produzir biomassa vegetal, manter a saúde e produção animal, reciclar nutrientes, armazenar carbono, remediar os resíduos animais e humanos e regular as transformações energéticas. Os efeitos das plantas sobre as propriedades do solo geram heterogeneidade em padrões e processos biogeoquímicos em múltiplas escalas espaciais, desde a copa da árvore até a paisagem. Os mecanismos subjacentes aos efeitos das plantas sobre a química do solo são bem conhecidos: as plantas absorvem água e nutrientes minerais através de suas raízes e devolvem a matéria orgânica ao solo através da serrapilheira, raízes e exsudados radiculares (WARING et al., 2015). Entender como as espécies de plantas influenciam o ciclismo de nutrientes é importante em uma variedade de contextos, desde elucidar os efeitos das espécies sobre a fertilidade do solo, até subsidiar informações aos manejadores dos recursos florestais sobre as possíveis consequências do ecossistema da seleção de espécies (HOBBIE, 2015).

Quando as plantas afetam fortemente a ciclagem de nutrientes abaixo de suas copas, o balanço de nutrientes em escala ecossistêmica são fortemente influenciados pela abundância relativa e tamanho das espécies de plantas. Além disso, em ambientes que possuem diversidade de solos espacialmente heterogêneos, a dinâmica fonte-coletor nas diversas manchas de solos ricos e/ou pobres em recursos pode aumentar a produtividade em escala de paisagem (WARING et al., 2015).

A manutenção de propágulos nos bancos de sementes do solo, de muitas espécies com diferentes características funcionais em áreas sucessionais pode ser um fator adicional que contribui para a resiliência de modo geral (AYALA-OROZCO et al., 2017). Ou seja, manter a diversidade funcional em um ambiente em estágio de regeneração pode aumentar a variabilidade das propriedades do ambiente, e uma especialização moderada dos recursos,

favorecendo a resiliência ecossistêmica. Os insumos de recursos derivados de plantas nas florestas tropicais são diversos e distribuídos de forma irregular, devido à alta diversidade filogenética, funcional e estrutural das espécies de plantas (BECKLUND et al., 2016).

Nesse contexto, as florestas possuem um papel cíclico e eficiente para manutenção e qualidade dos solos. Isso está associado a deposição e decomposição de serrapilheira no solo que possui um papel abrangente e relevante no mecanismo de ciclagem de nutrientes. Para desvendar os parâmetros conceituais dessa dinâmica solo-planta, fazendo-se necessário analisar os efeitos de cada espécie através de seus traços, dos indivíduos distintos da mesma espécie e mesmo das partes distintas do mesmo indivíduo que podem ter impactos contrastantes nos processos ecossistêmicos (FRESCHET et al., 2013).

Por outro lado, é provável que a maioria das plantas tenha desenvolvido estratégias consistentes de aquisição de recursos e defesa em seus órgãos distintos para lidar melhor com as condições ambientais dinâmicas (por exemplo, disponibilidade de recursos e os distúrbios antrópicos e naturais) no decorrer de sua história evolutiva (FRESCHET et al., 2013).

As espécies de plantas que utilizam nutrientes limitantes de forma mais eficiente devem ter uma vantagem competitiva. Assim, à medida que a fertilidade do solo aumenta, as concentrações de nutrientes nos tecidos devem aumentar porque as espécies usam os nutrientes de forma menos eficiente e outros recursos tornam-se limitantes (HOBBIE, 2015).

A matéria orgânica presente no solo desempenha um papel em quase todas as funções do solo. Além disso, muitas propriedades químicas influenciam diretamente os processos microbiológicos, por exemplo, através do fornecimento de nutrientes e carbono, e estes processos, juntamente com os processos físico-químicos do solo, determinam a capacidade dos solos de conter o movimento e a disponibilidade de água. Em contrapartida, A diversidade da comunidade microbiana que habitam o solo e seus variados táxons presentes na serapilheira favorecem o enriquecimento nutricional e biológico do ecossistema (WARING et al., 2015; BECKLUND et al., 2016) Portanto, estudos anteriores mostraram que a melhora das propriedades físicas do solo está fortemente relacionada ao teor de matéria orgânica do solo (LI, et al., 2012).

O aumento no volume de macroporos do solo, por exemplo, implicam aumentos na condutividade hidráulica e na capacidade de retenção de água, que promovem a infiltração efetiva da precipitação, a aeração de camadas mais profundas do solo e, portanto, o crescimento das raízes e o desenvolvimento da vegetação e diversidade de micro-habitats (LI, et al., 2012).

Existem fortes evidências de que as distribuições das características funcionais das plantas e da diversidade são impulsionadas pela variação edáfica e/ou pelo estado sucessional da floresta (BECKNELL; POWERS, 2014). Consequentemente, as estruturas de efeito de resposta baseadas em características funcionais das plantas têm o potencial de prever as respostas dos ecossistemas às mudanças ambientais e as consequências disso para os processos do ecossistema através das interações solo-plantas (FRESCHET et al., 2013).

3 REFERÊNCIAS

- ABBAS, S.; NICHOL, J. E.; FISCHER, G. A. A 70-year perspective on tropical forest regeneration. **Science of the Total Environment**. v. 544, p. 544–552, 2016.
- ALVES, L. F.; METZGER, J. P. A regeneração florestal em áreas de floresta secundária na Reserva Floresta do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotropica**, Campinas-SP, v. 6, n. 2, p. 1-26, 2006.
- ARAÚJO, F. S. et al. Floristics and life-forms along a topographic gradient, central-western Ceará, Brazil. **Rodriguésia**, v. 62n. 2, p. 341-366, 2011.
- ARRUDA, D. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; CORRÊA, G. R.; RODRIGUES, P. M. S.; DUQUE-BRASIL, R.; FERREIRA-JR, W. G.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Landforms and soil attributes determine the vegetation structure in the Brazilian semiarid. **Folia Geobot**, v. 50, p. 175–184, 2015.
- AYALA-OROZCO, B. et al. Resilience of soil properties to land-use change in a tropical dry forest ecosystem. **Land degradation & development**. 2017.
- BALDECK, C. A. et al. Soil resources and topography shape local tree community structure in tropical forests. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 280, 20122532, 2013.
- BEUCHLE, R.; SHIMABUKURO, Y. E.; SELIGER, R.; EVA, H. D.; SANO, E.; ACHARD, F. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, v. 58, p. 116-127, 2015.
- BECKNELL, J. M.; KISSING, K. L.; POWERS, J. S. Aboveground biomass in mature and secondary seasonally dry tropical forests: a literature review and global synthesis. **Forest Ecology and Management**. v. 276, p. 88–95, 2012. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.03.033.
- BECKNELL, J. M.; POWERS, J. S. Stand age and soils as drivers of plant functional traits and aboveground biomass in secondary tropical dry forest. **Canadian Journal of Forest Research**. v. 44, p. 604–613, 2014. DOI: 10.1139/cjfr-2013-0331.
- BECKLUND, K.; POWERS, J. S.; KINKEL, L. Tree species effects on pathogen-suppressive capacities of soil bacteria across two tropical dry forests in Costa Rica. **Oecologia**. v. 182, p.789–802, 2016. DOI: 10.1007/s00442-016-3702-6.
- BISPO, P. C.; VALERIANO, M. M.; KUPLICH, T. M. Relação da vegetação de caatinga com a condição geomorfométrica local. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 523–530, 2010.
- BUDKE, J. C.; JARENKOW, J. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Relationships between tree component structure, topography and soils of a riverside forest, Rio Botucaraí, Southern Brazil. **Plant Ecology**. v. 189, n. 2, p. 187-200, 2007.
- CÁCERES, M. et al. The variation of tree beta diversity across a global network of forest plots. **Global Ecology and Biogeography**, v. 21, p. 1191–1202, 2012.

- CAPERS, R. S.; CHAZDON, R. L.; BRENES, A. R.; ALVARADO, B. V. Successional dynamics of woody seedling communities in wet tropical secondary forests. **Journal of Ecology**. v. 93, p. 1071–1084, 2005.
- CHAZDON, R. L.; LETCHER, S. G.; BREUGEL, M. V.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BONGERS, F.; FINEGAN, B. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**. v. 362, p. 273–289, 2007.
- CECCON, E.; OLMSTED, I.; VÁZQUEZ-YANES, C.; CAMPO-ALVES, J. Vegetation and soil properties in two tropical dry forests of differing regeneration status in Yucatan. **Agrociencia**. v. 36, n. 5, p. 621-631, 2002.
- CHANG, L. W.; ZELENY, D.; LI, C. F.; CHIU, S T.; HSIEH, C. F. Better environmental data may reverse conclusions about niche- and dispersal-based processes in community assembly. **Ecology**, v. 94, n. 10, p. 2145–2151, 2013.
- DUNCAN, R. S.; CHAPMAN, C. A. Seed dispersal and potential forest succession in abandoned agriculture in tropical Africa. **Ecological Applications**, Ithaca, NY, v. 9, n. 3, p. 908-1008, 1999.
- FRESCHET, G. T. et al. Linking litter decomposition of above-and below-ground organs to plant–soil feedbacks worldwide. *Journal of Ecology*, v. 101, p. 943–952, 2013. DOI: 10.1111/1365-2745.12092
- GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTES-GAMA, M. M. Composição florística e estrutura da regeneração natural de floresta secundária de Várzea Baixa no Estuário Amazônico. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 5, p. 559-566, 2002.
- GRUBB, P.J. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. **Biological Review**, Malden-MA, USA. v. 52, p. 107-145, 1977.
- HAWTHORNE, S.; MINIA, C. F. Topography may mitigate drought effects on vegetation along a hillslope gradient. **Ecohydrology**, e1825, 2017.
- HOBBIE, S. E. Plant species effects on nutrient cycling: revisiting litter feedbacks. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, n. 6, 2015.
- HOFMEISTER, J.; HOSEK, J.; BRABEC, M.; HÉDL, R.; MODRÝ, M. Strong influence of long-distance edge effect on herb-layer vegetation in forest fragments in an agricultural landscape. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**. v. 15, n. 6, p. 293-303, 2013.
- JOHN, R.; DALLING, J. W.; HARMS, K. E.; Yavitt, J. B.; STALLARD, R. F.; MIRABELLO, M. et al. Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species. **Proceedings of the National Academy Sciences**, v. 104, n. 3, p. 864–869, 2007.
- JONES, M. M.; TUOMISTO, H.; BORCARD, D.; LEGENDRE, P.; CLARK, D. B.; OLIVAS, P. C. Explaining variation in tropical plant community composition: influence of environmental and spatial data quality. **Oecologia**, v. 155, p. 593–604, 2008.
- JUCKER, T.; BONGALOV, B.; BURSLEM, D. F. R. P.; NILUS, R.; DALPONTE, M.; LEWIS, S. L.; PHILLIPS, O. L.; QIE, L.; COOMES, D. A. Topography shapes the structure,

- composition and function of tropical forest landscapes. **Ecology Letters**, v. 21, n. 7, p. 989-1000, 2018.
- KRAFT et al. Disentangling the Drivers of β Diversity Along Latitudinal and Elevational Gradients. **Science**, v. 333, p. 1755-1758, 2011.
- KROSCHEL, W. A.; KING, S. L.; KEIM, R. F. Tree Regeneration by Seed in Bottomland Hardwood Forests: A Review. **Southeastern Naturalist**, v. 15, n. 9, p. 42-60, 2016.
- LAN, G.; HU, Y.; CAO, M.; ZHU, H. Topography related spatial distribution of dominant tree species in a tropical seasonal rain forest in China. **Forest Ecology and Management**, v. 262, p. 1507–1513, 2011.
- LEYSER, G. ZANIN, E. M.; BUDKE, J. C.; MELO, M. A.; HENKE-OLIVEIRA, C. Regeneração de espécies arbóreas e relações com componente adulto em uma floresta estacional no vale do rio Uruguai, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte-MG, v. 26, n. 1, p. 74-83, 2012.
- LI, W.; YAN, M.; QINGFENG, Z.; ZHIKAUN, J. Effects of Vegetation Restoration on Soil Physical Properties in the Wind–Water Erosion Region of the Northern Loess Plateau of China. **Clean – Soil, Air, Water**, v. 40, n. 1, p. 7–15, 2012. DOI: 10.1002/clen.201100367
- MARANGON, L. C.; SOARES, J. J.; FELICIANO, A. L. P.; BRANDÃO, C. F. L. S. Regeneração natural em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 1, p. 183-191, 2008.
- MARÍN-SPIOTTA, E.; SHARMA, S. Effects of land use changes on the dynamics of selected soil properties in northeast Wellega, Ethiopia. **Global Ecology and Biogeography**, v. 22, p. 105–117, 2013.
- MÉNDEZ-ALONZO, R.; PINEDA-GARCÍA, F.; PAZ, H.; ROSELL, J. A.; OLSON, M. E. Leaf phenology is associated with soil water availability and xylem traits in a tropical dry forest. **Trees**, v. 27, p. 745–754, 2013.
- MAZA-VILLALOBOS, S.; BALVANERA, P.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Early Regeneration of Tropical Dry Forest from Abandoned Pastures: Contrasting Chronosequence and Dynamic Approaches. **Biotropica**, v. 43, n.6. p. 666–675, 2011.
- MENINO, G. C. O.; NUNES, Y. R. F.; SANTOS, R. M.; FERNANDES, G. W.; FERNANDES, L. A. Environmental heterogeneity and natural regeneration in riparian vegetation of the brazilian semi-arid region. **Edinburgh Journal Of Botany**, v. 69, n. 1, p. 29–51, 2012.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. B. A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.
- PULLA, S.; RIOTTE, J.; SURESH, H. S.; DATTARAJA, H. S.; SUKUMAR, R. Controls of Soil Spatial Variability in a Dry Tropical Forest. **Plos One**, v. 11, n. 4, p. 01-20, 2016.
- PUNCHI-MANAGE, R.; GETZIN, S.; WIEGAND, T.; KANAGARAJ, R.; GUNATILLEKE, C. V. S.; GUNATILLEKE, I. A. U. N.; WIEGAND, K.; HUTH, A. Effects of topography on structuring local species assemblages in a Sri Lankan mixed dipterocarp forest. **Journal of Ecology**, v. 101, p. 149–160, 2013.

- PRICE, D. T. ZIMMERMANN, N. E.; MEER, P. J. V. D.; LEXER, M. J.; LEADLEY, P. et al. Regeneration in gap models: Priority issues for studying forest responses to climate change. **Climate Change**. v. 51, p. 475–508, 2001.
- QUESADA, C. A.; PHILLIPS, O. L.; SCHWARZ, M.; CZIMCZIK, C. I.; BAKER, T. R.; PATIÑO, S. et al. Basin-wide variations in Amazon forest structure and function are mediated by both soils and climate. **Biogeosciences**, v. 9, p. 2203–2246, 2012. doi:10.5194/bg-9-2203-2012
- RODRIGUES, L. A.; CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CURI, N. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, v.31, n.1, p. 25-35, 2007.
- ROVEDDER, A. P. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; Dalmolin, R. S. D.; Reichert, J. M.; Schenato, R. B. Compreensão e aplicabilidade do conceito de solo florestal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 517-528, 2013.
- RUSSO, S. E.; BROWN, P.; TAN, S.; DAVIES, S. J. Interspecific demographic trade-offs and soil-related habitat associations of tree species along resource gradients. **Journal Ecology**, v. 96, p. 192–203, 2008. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2007.01330.x
- SANAPHRE-VILLANUEVA, L.; DUPUY, J. M.; ANDRADE, J. L.; REYES-GARCÍA, C.; JACKSON, O. C.; PAZ, H. Patterns of plant functional variation and specialization along secondary succession and topography in a tropical dry forest. **Environmental Research Letter**, v.12, 055004, 2017.
- SANTOS, J. C.; LEAL, I. R.; ALMEIDA-COSTEZ, J. S.; FERNANDES, G. W.; TABARELLI, M. Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. **Tropical Conservation Science**, v. 4, n. 3, p. 276-286, 2011.
- SULLIVAN, M. J. P.; TALBOT, J.; LEWIS, S. L.; PHILLIPS, O. L.; QIE, L.; BEGNE, S. K. et al. Diversity and carbon storage across the tropical forest biome. **Science Reports**, v. 7, 39102, 2017. DOI: 10.1038/srep39102
- SUMMERBELL G. Regeneration of complex notophyll vine forest (humid subtropical rainforest) in eastern Australia - a review. **Cunninghamia**. v. 2, n. 3, p. 391-410, 1991.
- TABARELLI, M.; SANTOS, B. A.; ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; MELO, F. P. L. Secondary forests as biodiversity repositories in human-modified landscapes: insights from the Neotropics. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém-PA, v. 7, n. 3, p. 319-328, 2012.
- TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C.; GASCON, C. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 13, n. 7, p. 1419-1425, 2004.
- WARING, B. G et al. Pervasive and strong effects of plants on soil chemistry: a meta-analysis of individual plant ‘Zinke’ effects. **Proc. R. Soc. B** v. 282, 2015.
- WERNER, F. A.; HOMEIER, J. Is tropical montane forest heterogeneity promoted by a resource-driven feedback cycle? Evidence from nutrient relations, herbivory and litter decomposition along a topographical gradient. **Functional Ecology**, v. 29, p. 430–440, 2015.

CAPÍTULO I

ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO ARBUSTIVA-ARBÓREA REGENERANTE EM ÁREAS COM DIFERENTES ALTITUDES NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

1 INTRODUÇÃO

A demanda por recurso lenheiro em áreas distantes das calcinadoras, não só alerta para o potencial explorador e insustentável da produção de gesso, por meio do uso de lenha ilegal, como também, revela que a demanda energética, por lenha, está acima da capacidade produtiva da Caatinga. Isso certamente colabora com o fato desse bioma ser o terceiro mais ameaçado e modificado pelo homem, atrás apenas da Mata Atlântica e Cerrado (CASTELLETTI, 2003).

A microrregião do Araripe, situada no extremo oeste de pernambuco, é composta pelos municípios de Araripina, Bodocó, Exu, Granito, Ipubi, Moreilândia, Ouricuri, Santa Cruz, Santa Filomena e Trindade. Desses, apenas Araripina, Bodocó, Ouricuri, Ipubi e Trindade formam o arranjo produtivo local (APL) do Polo Gesseiro do Araripe, com área aproximada de 7.075 km² (IBGE, 2005).

A principal atividade econômica da região é caracterizada pela exploração da gipsita no Polo Gesseiro do Araripe. A economia baseia-se, ainda, em culturas de subsistência nas áreas de sequeiro, na pecuária extensiva, na agricultura, na apicultura, e na exploração dos recursos florestais como matriz energética (MMA, 2007).

De acordo com informações da Associação Nacional dos Fabricantes e Comerciantes de Gesso e seus Derivados (ASSOGESSO) existem, atualmente no Polo Gesseiro do Araripe 174 calcinadoras de gipsita, sendo 165 operando a base de biomassa florestal e nove a base de combustíveis fósseis, óleo derivado de petróleo e coque. Essas indústrias, juntas, consomem em média 54.390 m³ de lenha por mês, segundo informações da ASSOGESSO e do SINDUSGESSO 2013 (GADELHA, 2014).

Como a exploração florestal, de modo geral, vem ocorrendo de forma irracional, sem atender a qualquer regime de manejo, cresce a preocupação com o uso indiscriminado das florestas, que poderá gerar, como consequência, o aparecimento de grandes áreas degradadas (OLIVEIRA et al., 2006). O manejo seletivo pode ser uma alternativa racional e mais apropriada para exploração de lenha em áreas de Caatinga, visto a variabilidade de material combustível de sua biomassa florestal.

A exploração de áreas naturais sem aplicação de técnicas de manejo de base sustentável e sem conhecimento da dinâmica da regeneração e resiliência das diferentes fisionomias da Caatinga, tende a provocar a escassez do recurso natural, caso medidas não sejam tomadas para minorar a extração de madeira, e repensar em fontes alternativas e renováveis de energia dentro dos setores industriais da região.

Segundo Alves Júnior et al. (2013), muitos trabalhos de levantamentos fitossociológicos e florísticos vem sendo realizados em áreas de Caatinga nos últimos anos, colaborando com informações sobre o número de indivíduos por hectare, a área basal ocupada e riqueza florística. Existe, no entanto, uma escassez de estudos sobre regeneração natural na vegetação Caatinga em Pernambuco. Tais conhecimentos são essenciais para a elaboração e aplicação correta dos planos de manejo sustentável e das práticas silviculturais permitindo uma exploração racional dessa vegetação.

Para Dalmaso et al. (2013), o padrão de distribuição espacial apresentado pelos indivíduos de uma espécie vegetal é consequência de interações entre vários fatores bióticos e abióticos complexos, fazendo-se necessárias e importantes incentivos a estudos que busquem entender os processos ecológicos.

Dessa forma, deduz-se que a dinâmica da regeneração natural em comunidades vegetais está diretamente relacionada a um conjunto complexo de fatores bióticos e abióticos que acontecem de forma aleatória, ligados ao contexto da paisagem e do histórico e frequência das perturbações naturais e antropogênicas que conduzem à capacidade de regeneração dos ambientes naturais.

Integrar e compreender todo esse mecanismo de perturbação e a capacidade de resiliência das comunidades vegetais torna-se um desafio incansável para a ciência. Para isso, é preciso confrontar todas as variáveis que conduzem ao surgimento das florestas secundárias e que fatores influenciam na estruturação das comunidades florestais.

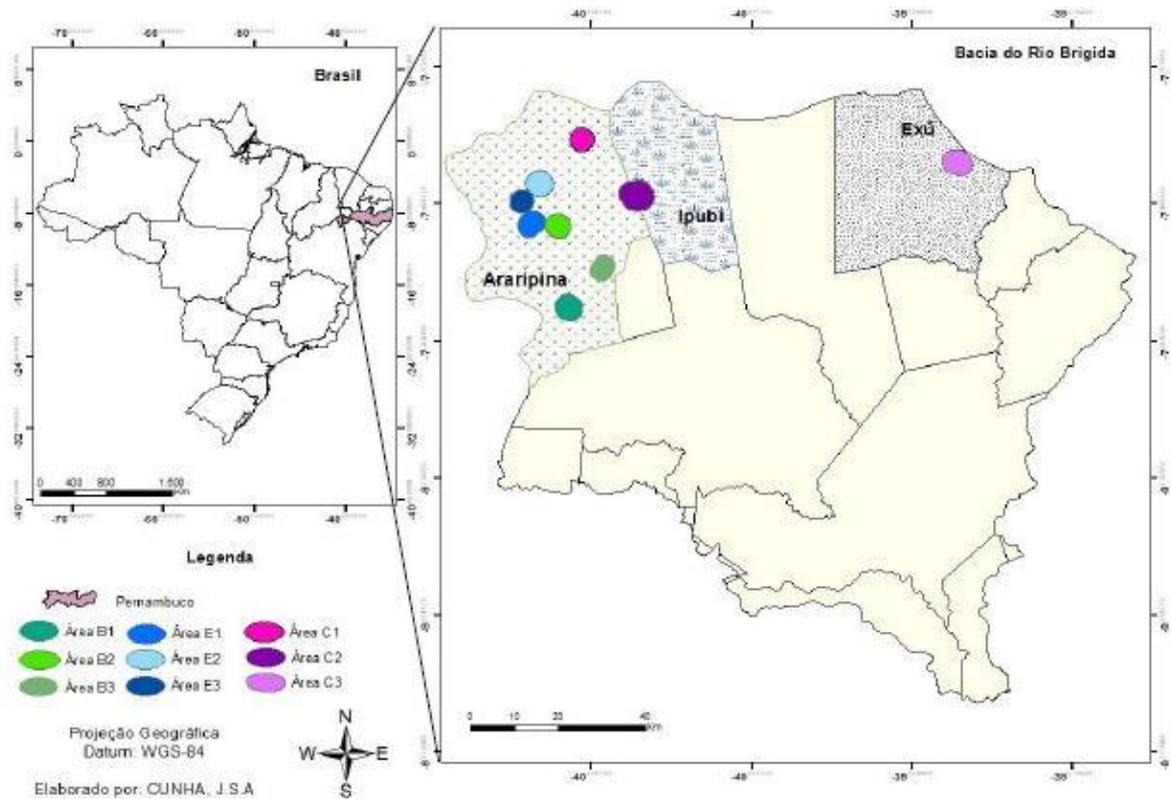
Para tanto, o objetivo dessa pesquisa é caracterizar o estrato regenerante de comunidades arbutivas-arbóreas, associando as condições ambientais à propriedade do solo e variação topográfico, na perspectiva de entender a estrutura da comunidade futura em áreas inseridas na microrregião do Araripe.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Polo Gesseiro do Araripe localiza-se na microrregião de Araripina, Sertão do Araripe, oeste do estado de Pernambuco (Figura 1), com altitudes que variam entre 400 e 1000 m. O clima local é o BSh' segundo a classificação de Köppen (1948), clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude ou clima semiárido quente (ALVARES et al., 2013). Com precipitações baixas e irregulares em toda região, a estação seca se prolonga por 7 a 10 meses, com a estação chuvosa atrasada para o outono. A semiaridez é acentuada na parte mais baixa, onde os totais anuais precipitados variam entre 400 e 500 mm. Na região norte, o que corresponde a Chapada do Araripe, as precipitações aumentam, atingindo médias entre 700 e 800 mm. A temperatura média varia entre 24° e 26° C e o mês mais frio atinge temperatura de 18° C (LOPES, 2005).

Figura 1. Localização das áreas de estudo na região do Araripe, PE



Fonte: Cunha (2017)

O Manual Técnico da Vegetação Brasileira, proposto pelo IBGE (2012), classifica a formação vegetal da Caatinga como Savana Estépica. Dentro dessa formação existem algumas variações, que estão diretamente ligadas a gradientes de altitudes. O Sertão do

Araripe pernambucano, por exemplo, faz parte de três ecorregiões: complexo Ibiapa-Araripe, depressão sertaneja meridional e depressão sertaneja setentrional, apresentando três fisionomias florestais distintas.

Na região do Araripe são relatadas nove classes de solo de acordo com o Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco: Neossolos Flúvicos, Cambissolos Háplicos, Latossolos Amarelos, Luvisolos Crômicos, Argissolos Amarelos, Argissolos Solódicos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Neossolos litólicos e Vertissolos (EMBRAPA, 2004).

A cena amostral deste trabalho foi montada considerando a região do Araripe como uma paisagem estratificada em três ambientes, onde as principais variações são características de altitude, precipitação e temperatura. O primeiro ambiente/estrato, denominado de Baixada com altitudes de até 600 m, o segundo ambiente, as áreas intermediárias ou de transição, chamadas de Encosta com altitude entre 600 a 750 m e o terceiro ambiente, áreas de Chapada com altitudes acima de 750 m (Figura 1).

Tabela 1. Estratificação dos ambientes e suas respectivas áreas, coordenadas geográficas e tipologia florestal na região do Araripe, PE

Ambientes	Áreas	Área (ha)	Altitude (m)	Coordenadas	Tipologia florestal
BAIXADA	B1	100	540	7°46'58.28"S; 40°27'13.73"O	Caatinga Arbustiva-Arbórea
	B2	25	605	7°36'19.62"S; 40°28'53.67"O	Caatinga Arbórea
	B3	20	546	7°42'02.67"S; 40°23'15.11"O	Caatinga Arbustiva-Arbórea
ENCOSTA	E1	50	681	7°36'19.69"S; 40°32'15.60"O	Transição Caatinga-Cerrado
	E2	100	664	7°31'09.16"S; 40°30'54.01"O	Transição Caatinga-Cerrado
	E3	20	700	7°33'23.78"S; 40°33'15.75"O	Transição Caatinga-Cerrado
CHAPADA	C1	20	847	7°25'36.28"S; 40°25'44.71"O	Carrasco
	C2	386	801	7°32'54.81"S; 40°18'15.98"O	Transição Carrasco-Floresta Estacional
	C3	70	951	7°28'14.16"S; 39°39'38.15"O	Floresta Estacional

2.2 ANÁLISE DE DADOS

2.2.1 Suficiência Amostral

Para comprovar que as amostras foram representativas dos ambientes estudados, a um nível de 5% de probabilidade, realizou-se o cálculo do erro amostral (Ea%) que comparado com o erro adotado de 20%.

A fórmula utilizada foi descrita por Soares (2011).

$$Ea\% = \pm \frac{S\bar{Y}.t}{\bar{Y}} \times 100$$

Em que:

S_y : erro padrão da média;

t: valor tabelado da distribuição t de *Student* (α 5%, n-1 gl);

Y: média do número de árvores por parcela.

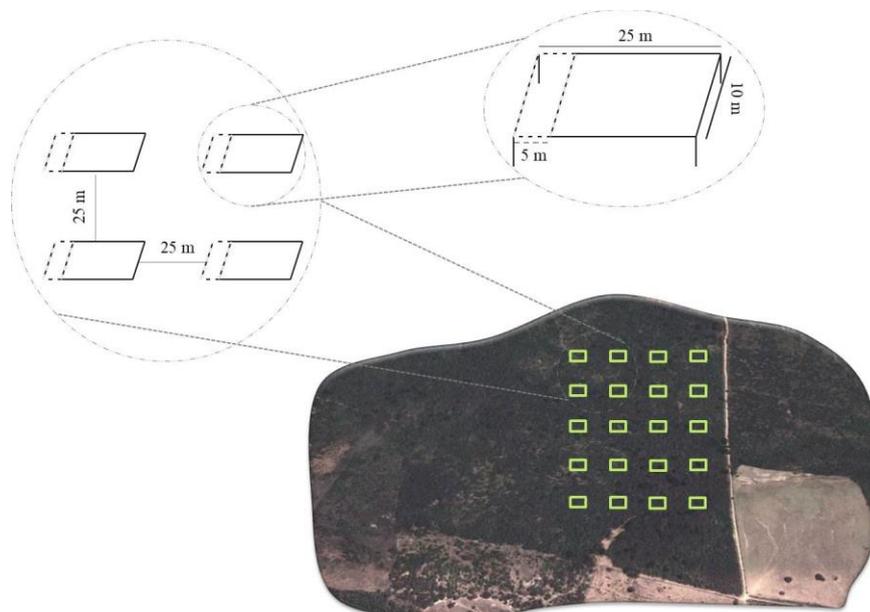
2.2.2 Florística e fitossociologia da regeneração natural

Para estudo da vegetação foram escolhidos nove fragmentos florestais em bom estado de conservação em propriedades particulares inseridas nos três ambientes (Baixada, Encosta e Chapada). O método descrito para as amostragens da vegetação aplicada nos nove fragmentos são parte de um projeto paralelo que aborda a análise do estrato adulto vegetal.

Utilizando sistema de amostragem sistemático, foram lançadas 20 parcelas de 10 x 25 m (250 m² cada), utilizadas na abordagem de indivíduos com nível de inclusão igual ou maior a 10 cm de circunferência à altura do peito (CAP_{1,30 m}).

Para o estudo da regeneração natural, foram lançadas 20 subparcelas de 10 x 5 m (50 m² cada), no interior das parcelas de 250 m² (Figura 2), para cada fragmento estudado. Dentro das subparcelas, foram mensuradas as circunferências à altura da base (CAB_{0,30 m}) dos indivíduos cujo nível de inclusão tenha sido igual ou maior que 1,0 metro de altura ou menor que 10,0 cm de CAP também foram estimadas as respectivas alturas dos indivíduos com fita métrica ou auxílio de módulos de tesouras de alta poda. Todos os indivíduos mensurados receberam placas de alumínio (5 x 5 cm) com uma numeração progressiva e fixadas com arrame.

Figura 2. Croqui da distribuição das parcelas por fragmento com detalhe da amostragem da regeneração natural nas áreas com diferentes altitudes na região do Araripe



Os indivíduos amostrados no levantamento florístico da regeneração natural tiveram o material botânico coletado em número de cinco amostras, para exemplares férteis e três amostras para os estéreis. Esse material foi coletado, devidamente herborizado e identificado por comparação com exsicatas no Herbário Sérgio Tavares (HST) do Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DCFL/UFRPE), e enviado para especialistas.

A identificação taxonômica adotada foi a do sistema de classificação de APG IV (*Angiosperm Phylogeny Group* 2016) e a correção da grafia e as autorias dos nomes científicos das espécies foram feitas através dos sites *Missouri Botanical Garden* (<http://www.mobot.org>) e o *Tropicos* (<http://www.tropicos.com>).

Após o levantamento florístico, elaborou-se uma lista contendo famílias, gêneros e espécies de todos os indivíduos amostrados de cada ambiente estudado (Baixada, Encosta e Chapada).

Foram calculados os seguintes parâmetros fitossociológicos: Densidade Absoluta (DArn) e Relativa (DRrn) da regeneração natural; Frequência Absoluta (FArn) e Relativa (FRrn) da regeneração natural; Dominância Absoluta (DoArn) e Relativa (DoRrn) da regeneração natural; e Regeneração Natural Total (RNT) por classe de altura, conforme revisado por Souza e Soares (2013), com o auxílio do software Microsoft EXCEL.

As estimativas foram calculadas de acordo com as seguintes expressões:

2.2.2.1 Densidades Absoluta (DArn) e Relativa (DRrn) da Regeneração Natural (LAMPRECHT, 1964):

$$DArn_i = \frac{n_i}{U_{t.a}} ; \quad DRrn_i = \frac{DArn_i}{DTrn} .100$$

Em que:

DArn = densidade absoluta da regeneração natural da i-ésima espécie;

DRrn = densidade relativa regeneração natural da i-ésima espécie;

n_i = número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie da regeneração natural;

a = área, em hectare, da subunidade de amostra da regeneração natural;

U_T = número total de subunidades.

2.2.2.2 Frequências Absoluta (FArn) e Relativa (FRrn) da Regeneração Natural (FINOL, 1971; LAMPRECHT, 1964):

$$FArn_i = \frac{U_i}{U_T} \cdot 100; \quad FRrn_i = \frac{FArn_i}{\sum FArn_i} \cdot 100$$

Em que:

FArn = frequência absoluta da regeneração natural da i-ésima espécie;

FRrn = frequência relativa regeneração natural da i-ésima espécie;

U_i = número de subunidades em que a i-ésima espécie foi amostrada;

U_T = número total de subunidades da regeneração natural.

2.2.2.3 Dominâncias Absoluta (DoArn) e Relativa (DoRrn) da Regeneração Natural:

$$DoArn_i = \frac{Grn_i}{U_T \cdot a}; \quad DoRrn_i = \frac{Grn_i}{\sum Grn_i} \cdot 100$$

Em que:

DoArn = dominância absoluta da regeneração natural da i-ésima espécie, em $m^2 \cdot ha^{-1}$;

DoRrn = dominância relativa (%) regeneração natural da i-ésima espécie;

a = área, em hectare, da subunidade de amostra da regeneração natural;

U_T = número total de subunidades;

Grn = área basal da regeneração natural da i-ésima espécie, em m^2 .

2.2.2.4 Classes de tamanho da regeneração natural (MARANGON et al., 2008):

Para este estudo foram utilizadas três classes de tamanho da regeneração natural, as quais:

- Classe I (CI): indivíduos com (H) $1,0 \leq H \leq 2,0$ m;
- Classe II (CII): indivíduos com (H) $2,0 < H \leq 3,0$ m;
- Classe III (CIII): indivíduos com (H) $> 3,0$ m e CAP menor que 10,0 cm.

2.2.2.4.1 Regeneração Natural Total (RNT):

$$RNT_i = \frac{DR_i + FR_i}{2}$$

2.2.3 Índices de Diversidade e Equabilidade

Foram realizadas estimativas dos índices de diversidade de Shannon (H') (MÜELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974), Simpson (C) e Equabilidade (J) pelo índice Pielou (1975):

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \cdot \ln \frac{n_i}{N}; \quad C = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}; \quad J = \frac{H'}{H'_{\text{máx}}}$$

Em que:

N = número total de indivíduos amostrados na comunidade;

n_i = número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie;

H' = índice de diversidade Shannon da comunidade;

C = índice de dominância de Simpson da comunidade;

J = índice de equabilidade de Pielou da comunidade;

$H'_{\text{máx}}$ = é o valor máximo teórico que é dado por $\ln(S)$;

S = número total de espécies amostradas.

2.2.4 Índice de Similaridade de Jaccard e Sorensen

Para quantificar a similaridade entre as comunidades vegetais avaliadas nos três ambientes foram utilizados os índices de Jaccard (SJ_{ij}) e Sorensen (SO_{ij}). Esses índices permitem a avaliação da similaridade florística entre áreas amostradas ou tipos fisionômicos e são obtidos pelas seguintes fórmulas (BROWER; ZAR, 1984; MAGURRAN, 1988):

$$SJ_{ij} = \frac{c}{a+b-c} \quad \text{e} \quad SO_{ij} = \frac{2c}{a+b}$$

Em que:

SJ_{ij} = Índice de similaridade de Jaccard;

SO_{ij} = Índice de similaridade de Sorensen;

a = número de espécies da comunidade A;

b = número de espécies da comunidade B;

c = número de espécies comuns nas comunidades A e B.

2.2.5 Índice de Distribuição Espacial de MacGuinnes (IGA)

O índice agregação de McGuinnes (1934) foi utilizado para verificar o padrão de distribuição espacial das espécies nas nove áreas correspondentes aos três ambientes. Para realização dos cálculos foi adotadas as seguintes expressões:

$$IGA_i = \frac{D_i}{d_i}$$

$$\text{Sendo: } D_i = \frac{n_i}{u_t}; d_i = \ln(1 - f_i); \text{ e } f_i = \frac{u_i}{u_t}$$

Em que:

IGA_i = "Índice de MacGuinnes" para a i-ésima espécie;

D_i = densidade observada da i-ésima espécie;

d_i = densidade esperada da i-ésima espécie;

f_i = frequência absoluta da i-ésima espécie;

ln = logaritmo neperiano;

n_i = número de indivíduos da i-ésima espécie;

u_i = número de unidades amostrais em que a i-ésima espécie ocorre;

u_t = número total de unidades amostrais.

A classificação do padrão obedece à seguinte escala: $IGA_i < 1$: distribuição uniforme; $IGA_i = 1$: distribuição aleatória; $1 < IGA_i \leq 2$: tendência ao agrupamento; $IGA_i > 2$: distribuição agregada.

2.2.6 Síndrome de dispersão (SD)

Para determinação das síndromes de dispersão foi adotado a classificação proposta por van der Pijl (1982), que sintetiza o sistema em três grupos, anemocoria (ANE), autocoria (AUT) e zoocoria (ZOO). As espécies identificadas em nível específico e nível de gênero foram classificadas com auxílio de literatura especializada, teses e dissertações e trabalhos publicados em periódicos e calculadas as proporções para espécies e indivíduos.

Além disso, as espécies que foram coletadas o material botânico fértil com fruto foram avaliadas de acordo com a descrição de van der Pijl (1982) para os diferentes grupos: anemocóricas, apresentam estruturas que facilitam a dispersão pelo vento, como alas, plumas ou pelos; autocóricas, com mecanismos próprios para o lançamento dos diásporos, como liberação por gravidade e deiscência explosiva; e zoocóricas, com características relacionadas à dispersão por animais, em geral seus diásporos são carnosos, como bagas e drupas, ou suas sementes apresentam apêndices carnosos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 SUFICIÊNCIA AMOSTRAL

Em relação ao número de indivíduos, pode-se afirmar, estatisticamente, com confiança de 95% de probabilidade que, para os parâmetros analisados a amostragem foi representativa para as comunidades nos três ambientes estudados o erro de amostragem ficou abaixo de 20% (Tabela 2).

Tabela 2. Suficiência amostral para número de indivíduos da regeneração natural dos três ambientes estudados na região do Araripe, PE

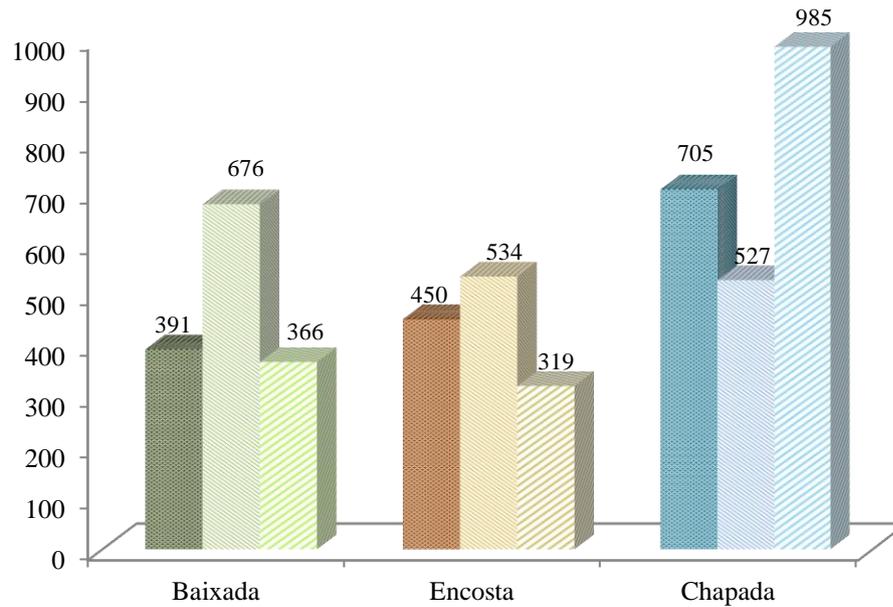
PARÂMETROS	Nº DE INDIVÍDUOS		
	Baixada	Encosta	Chapada
Área total (ha)	0,3	0,3	0,3
Nº de parcelas	60	60	60
Nº total de indivíduos	1433	1303	2217
Média (\bar{y})	23,88	21,71	36,95
Valor de t tabelado	2,00	2,00	2,00
Desvio padrão	15,00	11,00	17,58
Variância da média	1,90	1,39	2,22
Erro padrão da média (%)	5,70	4,72	13,65
Erro de amostragem (%)	15,90	12,84	12,05
Erro admissível %	20	20	20
Coefficiente de variação (%)	62,80	50,68	47,58
IC para média (95%)	$20,08 \leq \bar{y} \leq 27,68$	$18,93 \leq \bar{y} \leq 21,72$	$32,50 \leq \bar{y} \leq 41,40$

3.2 FLORÍSTICA DA REGENERAÇÃO NATURAL NOS TRÊS AMBIENTES

Na florística da regeneração natural das nove áreas amostradas nos três ambientes foram inventariados 4.974 indivíduos regenerantes, desses, 1.433 na Baixada, 1.303 na Encosta e 2.217 na Chapada. As áreas que apresentaram maior número de indivíduos na amostragem foram a C3, C1 e B2, como expressos na Figura 3.

Em nível de espécies, foram amostradas 131 espécies distintas, considerando as nove áreas, destas 109 espécies foram identificadas em herbário, sendo 91 em nível de espécie, 10 em nível de gênero e oito só foram identificadas em nível de família (Tabela 3). As demais estão como indeterminadas, não puderam ser identificadas por falta de material botânico fértil e/ou até mesmo pela caducifolia e sua consequente ausência de folhas de algumas espécies e o baixo número de indivíduos nas áreas amostradas.

Figura 3. Número de indivíduos da regeneração natural das nove áreas de estudo na região do Araripe, PE



Avaliando todos ambientes e considerando as espécies identificadas pelo menos em nível de família, as que apresentaram maiores riquezas de espécies foram: Fabaceae (26), Myrtaceae (11), Euphorbiaceae (10), Rutaceae (8), Salicaceae (5) e Anacardiaceae (4) que representam 51% das espécies amostradas nas nove áreas estudadas.

Nos três ambientes avaliados, percebe-se que entre as famílias com maior riqueza de espécies, a Fabaceae apresentou alta representatividade em todas as áreas avaliadas. As famílias Euphorbiaceae e Anacardiaceae, por sua vez, têm maior representação de espécies nas áreas de Baixada e Encosta com tipologias florestais predominantemente secas. Em contrapartida a Rutaceae e Salicaceae se destacam nas áreas de Chapada com maiores altitudes e vegetação transitória entre Carrasco e Semidecidual.

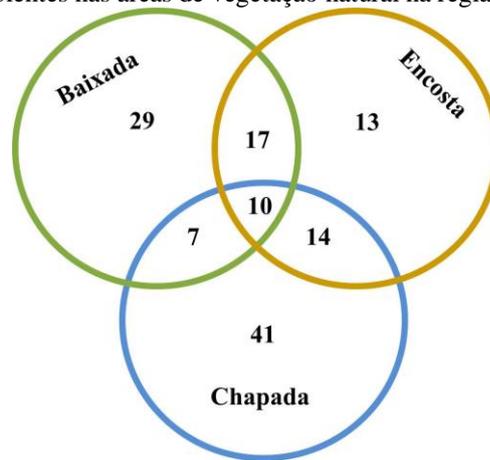
A Figura 4 apresenta o número de espécies que ocorreram em cada ambiente estudado mostrando de forma conjunta, as espécies comuns a eles, as exclusivas de cada um deles e as que ocorreram simultaneamente nos três ambientes.

Entre as espécies que foram encontradas simultaneamente nos três ambientes estudados, em pelo menos uma área de cada ambiente destacam-se as com alta frequência e número de indivíduos, que são, *Annona leptopetala*, *Bauhinia subclavata*, *Combretum glaucocarpum* e *Guapira opposita*, *Piptadenia viridiflora*. A *Handroanthus impetiginosus*, *Psidium brownianum* e *Senna splendida*, embora com baixo número de indivíduos, apresentam ocorrência nos três ambientes (Tabela 3).

A *G. opposita* por sua vez, foi a única espécie que apresentou indivíduos a área C3 no município de Exú. Esta espécie apresenta uma ampla distribuição geográfica neotropical

considerada uma *Supertramp* (espécie com alta dispersão entre diferentes habitats, onde para nenhum dos quais é particularmente especializada) (NASCIMENTO et al., 2010). Estas observações são importantes para tomada de decisões na escolha de grupo de espécies para recuperações de áreas degradadas nas diferentes tipologias florestais abordadas neste trabalho e nas diferentes condições de altitudes da região semiárida do nordeste brasileiro.

Figura 4. Diagrama com o número de espécies de ocorrência em três ambientes nas áreas de vegetação natural na região do Araripe, PE

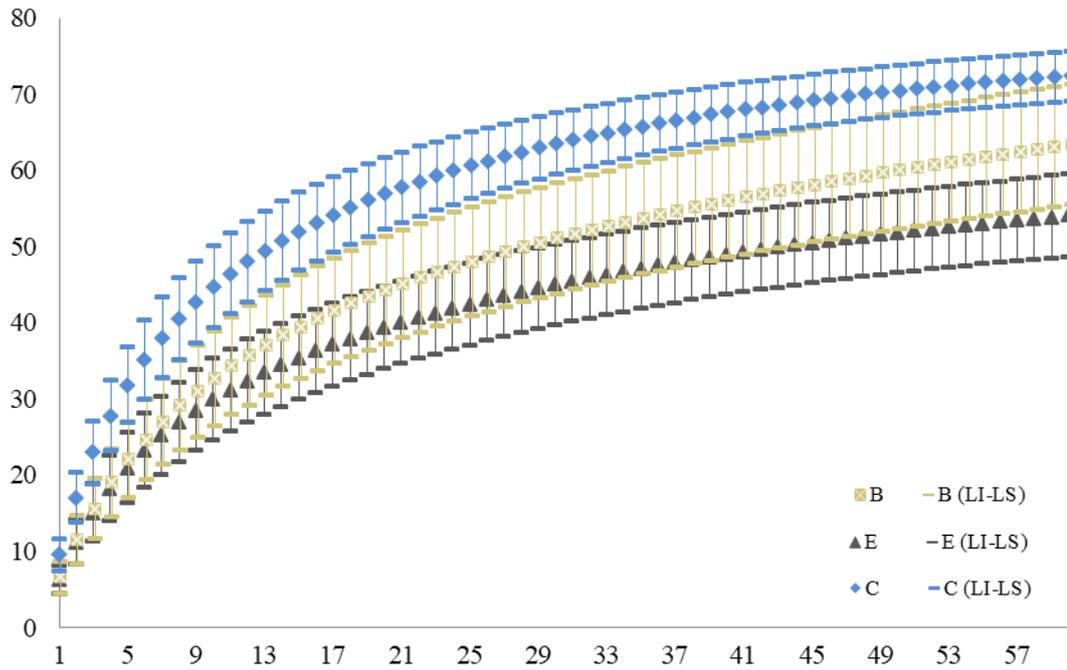


Na Baixada, foram encontradas 63 espécies, com variação estimada, para o limite inferior e superior, entre 55 e 71 espécies, respectivamente. Tal variabilidade na amplitude do intervalo de confiança pode ser explicada pela área B3 que apresenta uma baixa riqueza florística (B1 = 37, B2 = 44 e B3 = 19 espécies) e entre as demais áreas de Baixada é a que está em estágio inicial de regeneração e com histórico de exploração. Nestas condições, o ambiente tende a ser povoada por um grupo pequeno de espécies que possuem característica colonizadoras, a exemplo do gênero *Croton*.

A riqueza florística nas três áreas de Encosta foi de 54 espécies com variação estimada, para o limite inferior e superior, entre 49 e 59 espécies, respectivamente. Comparando com as áreas de Baixada observa-se que houve uma menor amplitude de variação. Nas áreas de Chapada também obteve-se uma baixa estimativa de variação no número de espécies.

Analisando a riqueza de espécies encontradas nos três ambientes com intervalo de 95% de confiança tem-se que nas áreas da Baixada há uma estimativa de amplitude de variação que sobrepõe a riqueza das áreas de Encosta e Chapada. Já as áreas da Chapada, comparadas com a da Encosta, possuem uma elevada riqueza de espécies estimadas, valores não atingíveis pelas áreas de Encosta (Figura 5).

Figura 5. Curva de rarefação com intervalo de 95% de confiança, para nº de espécies amostradas nos três ambientes de região do Araripe, PE. Os marcadores centrais representam o nº real de espécie, e os externos representam os intervalos de confiança



Em que: B = Baixada; E = Encosta; C = Chapada; LI = limite inferior e LS = limite superior.

Tabela 3. Florística, síndrome de dispersão (SD) e padrão de distribuição espacial da regeneração natural, em nove áreas na região do Araripe, PE

Família/Espécie	Nome Popular	Tipologia	Ambiente			Ni Total	SD	IGAi McGuinnes								
			Baixada	Encosta	Chapada			B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3
Anacardiaceae			14	2	1	17										
<i>Anacardium</i> sp.	cajuí	6			1	1	ZOO									ALE
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira	1; 2	6			6	ANE	UNI	UNI	TDA						
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	baraúna	1; 3	7	2		9	ANE			AGR		UNI				
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	umbuzeiro	1	1			1	ZOO			ALE						
Annonaceae			56	19	96	171										
<i>Annona leptopetala</i> (R.E. Fr.) H. Rainer	bananinha	1; 2; 3; 4; 5	56	18	24	98	ZOO	AGR	AGR	UNI	TDA	AGR	ALE	TDA	TDA	
Annonaceae 1	-	3		1		1	SC						ALE			
<i>Xylopia laevigata</i> (Mart.) R.E. Fr.	cundurú 2	6			72	72	ZOO									TDA
Apocynaceae			101	3		104										
<i>Aspidosperma cuspa</i> (Kunth) S.F. Blake ex Pittier	pereiro branco	2	79			79	ANE		AGR							
<i>Aspidosperma multiflorum</i> A. DC.	piquiá	3		2		2	ANE				ALE		ALE			
<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart.	pereiro preto	1; 2; 3	22	1		23	ANE	TDA	TDA				ALE			
Araliaceae			16			16										
<i>Aralia warmingiana</i> (Marchal) J. Wen	Cajaramaçu	2	16			16	ZOO		AGR							
Bignoniaceae			9	9	4	22										
<i>Godmania dardanoi</i> (J.C. Gomes) A.H. Gentry	taipó	3		2		2	ANE					UNI				
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	pau d'arco	2; 3; 5	9	3	2	14	ANE		TDA		UNI					UNI
<i>Jacaranda jasminoides</i> (Thunb.) Sandwith	chifre de carneiro	3; 5; 6		4	2	6	ANE				ALE	TDA	ALE		ALE	ALE
Boraginaceae			1	16	1	18										
<i>Cordia bicolor</i> A. DC.	gargajau	4			1	1	ZOO									ALE
<i>Cordia rufescens</i> A. DC.	grão de galo	3		11		11	ZOO				ALE	AGR				
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	frei-jorge	2; 3	1	5		6	ZOO		ALE		TDA					
Cannabaceae				1		1										
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	juá-mirim	3		1		1	ZOO				ALE					
Capparaceae			13	78		91										
<i>Colicodendron yco</i> (Mart.) Mart.	icó	1; 3	1	21		22	ZOO			ALE	AGR	TDA	TODA			

Tabela 3, continuação.

Família/Espécie	Nome Popular	Tipologia	Ambiente			Ni Total	SD	IGAi McGuinnes								
			Baixada	Encosta	Chapada			B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J. Presl	feijão-bravo	1; 2; 3	12	57		69	ZOO	UNI	ALE	AGR	UNI	TDA	TODA			
Caricaceae			13			13										
<i>Jacaratia corumbensis</i> Kuntze	mamãozinho	1; 2	13			13	ZOO	AGR	TDA							
Celastraceae					12	12										
<i>Maytenus distichophylla</i> Mart. ex Reissek	bom nome	6			12	12	ZOO									TDA
Combretaceae			30	117	3	150										
<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	sipaúba	2; 3; 4; 5	2	117	3	122	ANE		TDA		AGR	AGR	AGR	TDA	ALE	
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	mufumbo	1	28			28	ANE			AGR						
Erythroxylaceae			25	44	75	144										
<i>Erythroxylum barbatum</i> O.E. Schulz	caúbi	4; 5; 6			10	10	ZOO							TDA	UNI	TDA
<i>Erythroxylum caatingae</i> Plowman	rasga gibão	2; 3; 4; 5	25	33	53	111	ZOO		AGR		AGR	AGR		TDA	AGR	
<i>Erythroxylum</i> sp.	guabiraba	3; 4		11	12	23	ZOO					TDA	AGR	AGR		
Euphorbiaceae			547	276	206	1029										
<i>Cnidoscolus bahianus</i> (Ule) Pax & K. Hoffm.	faveleiro	1	6			6	AUT	TDA								
<i>Croton limae</i> A.P.S. Gomes, M.F. Sales & P.E.	marmeleiro branco	3; 4; 5		112	204	316	AUT				AGR		AGR	AGR	AGR	
Berry																
<i>Croton rhamnifolioides</i> Pax & K. Hoffm.	quebra-faca	1; 2; 3	98	6		104	AUT	AGR	AGR				TDA			
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	marmeleiro preto	1; 2; 3	417	116		533	AUT	AGR	AGR	AGR	AGR	ALE				
<i>Croton</i> sp.	ni marmeleiro	3		7		7	AUT				AGR					
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	pinhão-bravo	1; 2	16			16	AUT	UNI	UNI	TDA						
<i>Manihot carthagenensis</i> (Jacq.) Müll. Arg.	maniçoba	1; 2	5			5	AUT	ALE	UNI							
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	-	5			2	2	AUT									UNI
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	burra-leiteira	1; 2	5			5	AUT	ALE	TDA							
<i>Sebastiania brevifolia</i> (Müll.Arg.) Müll.Arg.	-	3		35		35	AUT						AGR			
Fabaceae			240	571	158	969										
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm.	imburana de cheiro	1; 2	12			12	ANE	UNI	TDA							
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	angico de caroço	1; 2; 3	18	3		21	AUT	ALE	TDA	TDA	UNI					

Continua...

Tabela 3, continuação.

Família/Espécie	Nome Popular	Tipologia	Ambiente			Ni Total	SD	IGAi McGuinnes									
			Baixada	Encosta	Chapada			B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3	
<i>Bauhinia acuruana</i> Moric.	mororó da serra	3; 5		24	14	38	AUT					AGR	TDA		AGR		
<i>Bauhinia subclavata</i> Benth.	mororó	1; 2; 3; 4; 5	15	54	28	97	AUT	UNI	TDA	UNI		AGR	TDA	UNI	AGR		
<i>Chloroleucon foliolosum</i> (Benth.) G.P. Lewis	arapiraca	1; 2; 3	4	3		7	ZOO	UNI	ALE			UNI					
<i>Copaifera coriacea</i> Mart.	pau d'óleo	6			7	7	ZOO									TDA	
<i>Dalbergia cearensis</i> Ducke	violeto do sertão	3		63		63	ANE				AGR	TDA					
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	violeto da serra	3; 5		8	12	20	ANE					UNI	TDA		AGR		
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	mulungu	1	2			2	AUT	TDA									
<i>Libidibia férrea</i> var. <i>ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz	jucá	2; 3	1	4		5	AUT		ALE			TDA					
<i>Mimosa</i> sp.	-	1; 3	3	5		8	AUT	TDA				TDA					
<i>Parapiptadenia zehntneri</i> (Harms) M.P. Lima & H.C. Lima	angico branco	1; 2	106			106	ANE	AGR	AGR								
<i>Parkia platycephala</i> Benth.	visgueiro	6			2	2	ZOO									TDA	
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	rama de boi	3		35		35	AUT					AGR	AGR				
<i>Piptadenia viridiflora</i> (Kunth) Benth.	jurema branca	1; 2; 3; 4	20	70	5	95	AUT	ALE	AGR	ALE	AGR	AGR		TDA			
<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R. W. Jobson	tipé	3; 5		20	1	21	AUT						TDA		ALE		
<i>Poeppigia procera</i> C. Presl	sucupira	5			12	12	ZOO								TDA		
<i>Poincianella gardneriana</i> (Benth.) L.P. Queiroz	catingueira	1; 2; 3	49			49	AUT	TDA	TDA	TDA							
<i>Senegalia bahiensis</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	rama de boi	1; 2	4			4	AUT	ALE	UNI								
<i>Senegalia langsdorffii</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	jiquiri	1; 3; 5	1	73	13	87	AUT	ALE				AGR	AGR		UNI		
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton	espinheiro preto	3; 5		150	33	183	AUT					TDA	AGR		AGR		
<i>Senegalia</i> sp.	espinheiro	3		3		3	AUT						AGR				
<i>Senna cearensis</i> Afr. Fern.	canafístula de bode	1; 4; 5	2		5	7	AUT			UNI				TDA	ALE		
<i>Senna splendida</i> (Vogel) H.S. Irwin & Barneby	canafístula de São João	1; 3; 4	3	11	2	16	AUT	UNI		ALE	ALE	AGR	ALE	UNI			
<i>Stryphnodendron</i> sp.	angelim	5; 6			5	5	AUT								UNI	UNI	
<i>Swartzia pylonema</i> Harms	jacarandá/banheira	3; 4; 5; 6		45	19	64	ZOO						AGR		AGR	ALE	ALE

Continua...

Tabela 3, continuação.

Família/Espécie	Nome Popular	Tipologia	Ambiente			Ni Total	SD	IGAi McGuinnes									
			Baixada	Encosta	Chapada			B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3	
Hypericaceae					4	4											
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	murici lacre	6			4	4	ZOO										TDA
Lauraceae					287	287											
<i>Ocotea duckei</i> Vattimo-Gil	louro de cheiro	6			118	118	ZOO										AGR
<i>Ocotea nitida</i> (Meisn.) Rohwer	louro branco	6			140	140	ZOO										AGR
<i>Ocotea</i> sp.	louro	6			29	29	ZOO										AGR
Malpighiaceae				6	34	40											
<i>Byrsonima vacciniifolia</i> A. Juss.	murici	3; 5; 6		6	34	40	ZOO							TDA		AGR	AGR
Malvaceae			16	3		19											
<i>Helicteres baruensis</i> Jacq.	guaxumbo	2; 3	1	3		4	AUT		ALE					TDA			
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A. St.-Hil., Juss. & Cambess.) A. Robyns	embiratanha	1; 2	15			15	ANE	ALE	TDA								
Melastomataceae					73	73											
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Steud.	candieiro	6			73	73	ZOO										AGR
Meliaceae					81	81											
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	maria preta	5			73	73	ZOO										AGR
<i>Trichilia emarginata</i> (Turcz.) C. DC.	batinga branca	5; 6			8	8	ZOO										AGR ALE
Myrtaceae			113	108	276	497											
<i>Campomanesia</i> sp.	casculo	1; 2	61			61	ZOO	AGR	ALE								
<i>Eugenia flavescens</i> DC.	murta 3	3; 4; 5		2	6	8	ZOO							TDA	TDA	ALE	
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	pimentinha do sertão	3; 4; 5; 6		102	11	113	ZOO				AGR	TDA			ALE	AGR	ALE
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	madeira branca	6			68	68	ZOO										TDA
Myrtaceae 1	batinga/murta	2; 3	12	1		13	SC		TDA			ALE					
Myrtaceae 2	goiabinha C3	6			159	159	SC										AGR
Myrtaceae 3	-	1; 3	24	1		25	SC			ALE	ALE						
Myrtaceae 4	canela de velho	4; 5			11	11	SC								TDA	AGR	
Myrtaceae 5	murta 2	3; 4		1	2	3	SC							ALE	TDA		

Continua...

Tabela 3, continuação.

Família/Espécie	Nome Popular	Tipologia	Ambiente			Ni Total	SD	IGAi McGuinnes									
			Baixada	Encosta	Chapada			B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3	
Myrtaceae 6	murta 4	5			2	2	SC										TDA
<i>Psidium brownianum</i> DC.	goiabinha brava	2; 3; 5	16	1	17	34	ZOO		AGR			ALE					TDA
Nyctaginaceae			73	17	136	226											
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	pau piranha	1; 2; 3; 4; 5; 6	73	17	136	226	ZOO	UNI	AGR			UNI	UNI	TDA	TDA	TDA	TDA
Ochnaceae					54	54											
<i>Ouratea parviflora</i> Engl.	casculo	6			54	54	ZOO										TDA
Proteaceae					5	5											
<i>Roupala montana</i> Aubl.	congonha	6			5	5	ANE										AGR
Rhamnaceae					36	36											
<i>Colubrina cordifolia</i> Reissek	joão vermelho	4; 6			36	36	SC									AGR	TDA
Rubiaceae			57		53	110											
<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K. Schum.	quina-quina	2; 4	56		2	58	ANE		AGR							UNI	
Rubiaceae 1	-	5			51	51	SC										AGR
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K. Schum.	araçá	1	1			1	ZOO	ALE									
Rutaceae			5	18	397	420											
<i>Balfourodendron molle</i> (Miq.) Pirani	batinga	2; 5	1		15	16	SC		ALE								TDA
<i>Metrodorea mollis</i> Taub.	cundurú	4; 5			106	106	SC									AGR	AGR
<i>Pilocarpus spicatus</i> subsp. <i>aracatensis</i> Kaastra	pimentinha da Serra	3; 4; 5		17	241	258	ZOO					TDA			AGR	AGR	
<i>Zanthoxylum gardneri</i> Engl.	laranjinha	2; 4; 5	3		9	12	ZOO		TDA							TDA	UNI
<i>Zanthoxylum hamadryadicum</i> Pirani	laranjinha da serra	2; 4	1		4	5	ZOO		ALE							UNI	
<i>Zanthoxylum monogynum</i> A. St.-Hil.	laranjinha acúleo	5			4	4	ZOO										TDA
<i>Zanthoxylum petiolare</i> A. St.-Hil. & Tul.	laranjinha	3; 4; 6		1	16	17	ZOO					ALE			UNI		TDA
<i>Zanthoxylum</i> sp.	laranjinha	6			2	2	ZOO										UNI
Salicaceae			40		86	126											
<i>Casearia commersoniana</i> Cambess.	café-bravo	6			42	42	ZOO										TDA
<i>Casearia grandiflora</i> Cambess.	sombrião	6			28	28	ZOO										UNI

Continua...

Tabela 3, continuação.

Família/Espécie	Nome Popular	Tipologia	Ambiente			Ni Total	SD	IGAi McGuinnes									
			Baixada	Encosta	Chapada			B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3	
<i>Casearia silvestris</i> Sw.	-	1; 2; 4	22		1	23	ZOO	ALE	AGR						ALE		
<i>Casearia</i> sp.	murta bala de revólver	5			10	10	ZOO										TDA
<i>Xylosma prockia</i> (Turcz.) Turcz.	pau amarelo	1; 2; 5	18		5	23	ZOO	UNI	AGR	UNI							TDA
Sapindaceae			22		52	74											
<i>Allophylus quercifolius</i> Radlk.	casculo da serra	1; 2	22			22	ZOO	ALE	AGR	AGR							
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	pitomba brava	6			52	52	ZOO										AGR
Simaroubaceae					4	4											
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	praíba	6			4	4	ZOO										TDA
Solanaceae			7			7											
Solanaceae 1	-	2	7			7	SC		AGR								
Ximeniaceae					1	1											
<i>Ximenia americana</i> L.	ameixa	6			1	1	ZOO										ALE
Indeterminadas			35	15	82	132											
Indeterminada 1	amargoso	6			3	3	SC										TDA
Indeterminada 2	casculo folha fina	6			59	59	SC										TDA
Indeterminada 3	casculo	4			4	4	SC								TDA		
Indeterminada 4	catinga branca	2	10			10	SC		TDA								
Indeterminada 5	mosqueteira	6			10	10	SC										AGR
Indeterminada 6	-	5			1	1	SC										ALE
Indeterminada 7	-	1; 3	1	2		3	SC	ALE							TDA		
Indeterminada 8	-	3		1		1	SC								ALE		
Indeterminada 9	-	5	1			1	SC	ALE									
Indeterminada 10	-	5			3	3	SC										UNI
Indeterminada 11	-	2	1			1	SC		ALE								
Indeterminada 12	-	2	2			2	SC		UNI								
Indeterminada 13	-	2	1			1	SC		ALE								

Continua...

Tabela 3, continuação.

Família/Espécie	Nome Popular	Tipologia	Ambiente			Ni Total	SD	IGAi McGuinnes									
			Baixada	Encosta	Chapada			B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3	
Indeterminada 14	-	2	4			4	SC	TDA									
Indeterminada 15	-	2	1			1	SC	ALE									
Indeterminada 16	-	1; 3	1	3		4	SC	ALE	UNI								
Indeterminada 17	-	3		5		5	SC	TDA									
Indeterminada 18	-	1	9			9	SC	AGR									
Indeterminada 19	-	1	2			2	SC	UNI									
Indeterminada 20	-	3		2		2	SC	UNI									
Indeterminada 21	-	1; 3	2	2		4	SC	TDA	UNI								
Indeterminada 22	-	4			2	2	SC	UNI									
TOTAL			1433	1303	2217	4953											

Em que: Ni = Número de indivíduos; Zoo – Zoocórica; Ane – Anemocórica; Aut – Autocórica; SC – Sem Caracterização; IGA – Índice de agregação de McGuinnes; AGR – agregada; ALE – aleatória; TDA – Tendência de agregação; UNI – Uniforme; Tipologia: 1. Caatinga Arbustiva-Arbórea; 2. Caatinga Arbórea; 3. Transição Caatinga-Cerrado; 4. Carrasco; 5. Transição Carrasco-Floresta Estacional e 6. Floresta Estacional.

3.1.1 Avaliação da florística regenerante por ambiente

3.1.1.1 Baixada

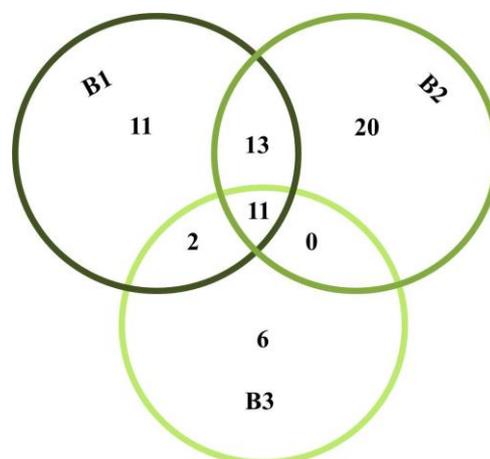
Nestas áreas foram encontradas 63 espécies, destas, 50 foram identificadas em herbário, sendo 46 a nível taxonômico de espécie, duas em nível de gênero e duas em nível de família, as demais estão como indeterminadas.

As famílias que apresentaram maiores riquezas de espécies foram: Fabaceae (14), Euphorbiaceae (6), Myrtaceae (4) Anacardiaceae e Rutaceae (3, cada) que representam 47,6% das espécies amostradas nas três áreas estudadas neste ambiente. Alguns trabalhos realizados em diferentes fitofisionomias de Caatinga, numa abordagem da regeneração natural de comunidades naturais encontram a Fabaceae e Euphorbiaceae como as famílias com maior riqueza de espécies (ALVES JÚNIOR et al. 2013; FABRICANTE; ANDRANDE, 2007; PEREIRA et al., 2001). Estes trabalhos estão situados em áreas que possuem altitude que variam de 270 a 590 m.

O número de espécies que ocorreram em cada área deste ambiente está expresso na Figura 6, nota-se, portanto, que na área B3 há uma riqueza florística baixa comparado com as demais áreas, um total de 19 espécies. A B2 apresenta em sua riqueza de 20 espécies exclusivamente desta área. No total, 11 espécies ocorreram simultaneamente nas três áreas da Baixada. *Croton blanchetianus*, *Annona leptopetala*, *Poincianella gardneriana*, *Allophylus quercifolius*, *Piptadenia viridiflora*, *Anadenanthera colubrina*, *Xylosma prockia*, *Jatropha molissima*, *Bauhinia subclavata*, *Cynophalla flexuosa* e *Myracrodruon urundeuva*.

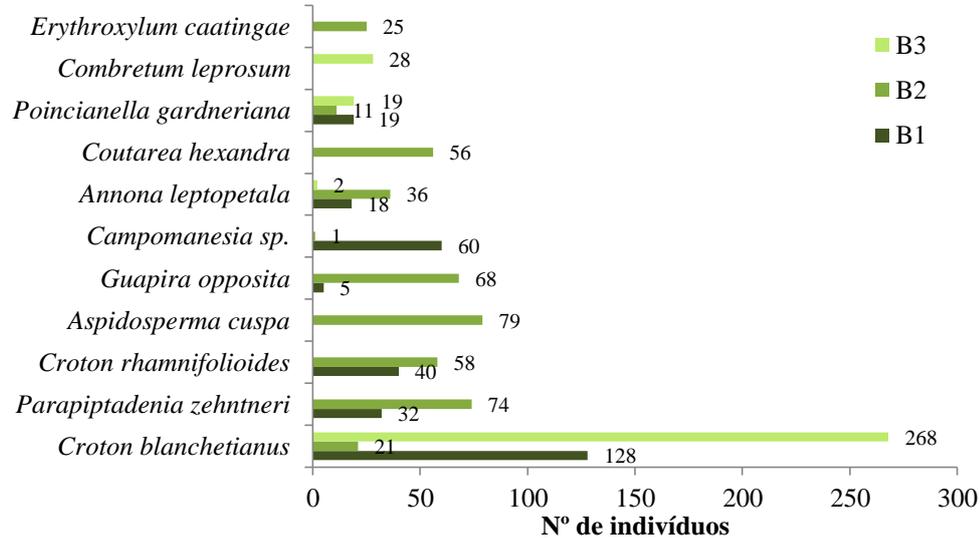
Tais espécies, portanto, devem ser tomadas como possíveis indicadoras de composição de planos de recuperação de áreas com fitofisionomias de Caatingas Arbustiva-Arbórea e que estejam em condições de altitudinais de até 600 metros.

Figura 6. Diagrama com o número de espécies de ocorrência nas três áreas de Baixada na região do Araripe, PE.



As espécies que apresentaram maior número de indivíduos nas áreas de Baixada foram 11 espécies que representam 73,1% dos indivíduos amostrados neste ambiente (Figura 7).

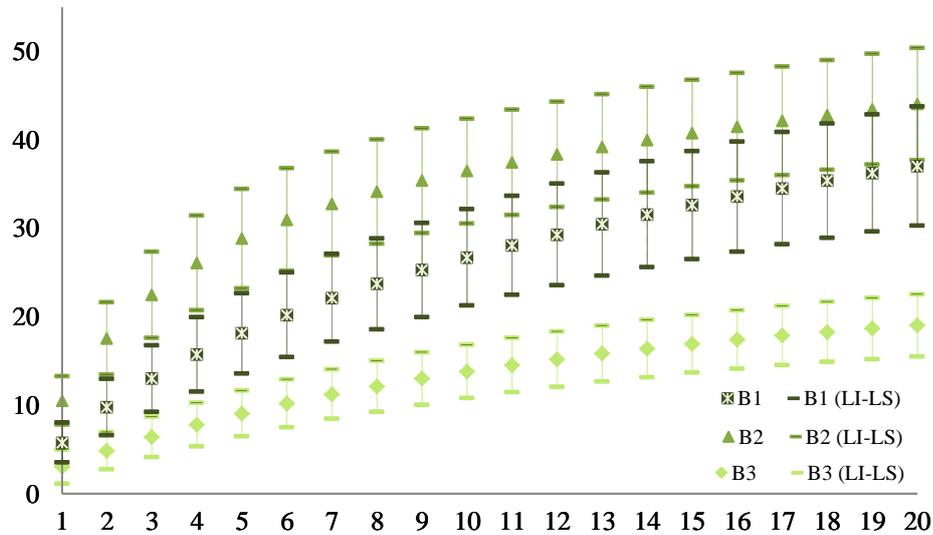
Figura 7. Espécies com maior número de indivíduos nas três áreas de Baixada, região do Araripe, PE



O *Croton blanchetianus* apresenta valores muito distintos das demais espécies, com total de 417 indivíduos nas três áreas da Baixada e representa sozinho 29% da regeneração, em seguida *Parapiptadenia zehntneri* com 7,4% (106 ind.) e *Croton rhamnifolioides* com 6,8% (98 ind.). Estas espécies, principalmente da família Euphorbiaceae possuem características de organismos colonizadores de ambientes em regeneração e de estágio inicial de sucessão ecológica apresentando ótimo potencial para recuperação de áreas degradadas de Caatingas arbustivas e arbóreas.

Avaliando a riqueza de espécies encontradas nas três áreas através do intervalo de 95% de confiança observa-se que na B3 apresenta níveis de riqueza baixos em comparação com as demais áreas. E mesmo a B2 atingindo uma alta diversidade florística, B1 tem estimativas de obter uma semelhança no número de espécies (Figura 8).

Figura 8. Curva de rarefação com intervalo de 95% de confiança, para nº de espécies amostradas nas três áreas de Baixada na região do Araripe, PE. Os marcadores centrais representam o nº real de espécie, e os externos representam os intervalos de confiança.



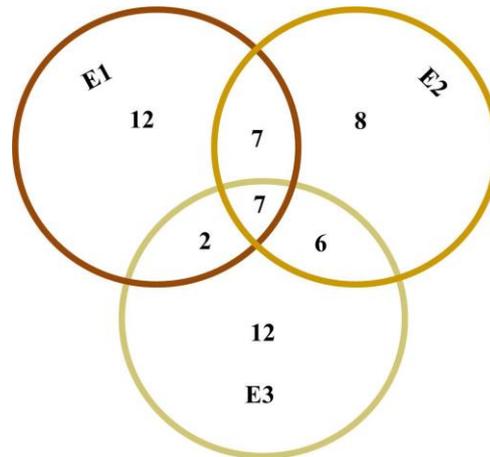
3.1.1.2 Encosta

Nas três áreas da Encosta foram encontradas 54 espécies, das quais, 47 identificadas, sendo 39 em nível de espécie, cinco em nível de gênero e três em nível de família, as demais não foram identificadas ficando como indeterminadas.

As famílias que apresentaram maiores riquezas de espécies foram: Fabaceae (16), Myrtaceae (6) Euphorbiaceae (5), Bignoniaceae e Erythroxylaceae (3, cada) que representam 61,1% das espécies amostradas nas três áreas estudadas neste ambiente.

O número de espécies que ocorreram em cada área deste ambiente está expresso na Figura 9. As três áreas de Encosta apresentam praticamente o mesmo número de espécies cada, sendo E1 (29), E2 (28) e E3 (27). No total, sete espécies ocorreram simultaneamente nos três ambientes, *Annona leptopetala*, *Colicodendron yco*, *Combretum glaucocarpum*, *Cynophalla flexuosa*, *Guapira opposita*, *Jacaranda jasminoides* e *Senna splendida*.

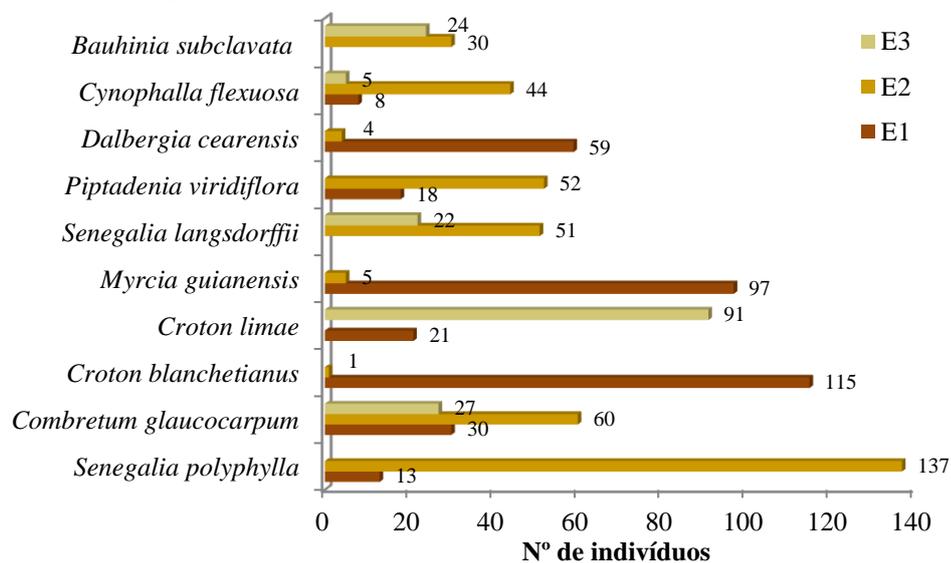
Figura 9. Diagrama com o número de espécies de ocorrência nas três áreas da Encosta na região do Araripe, PE.



Do total de 1.303 indivíduos amostrados na Encosta, as espécies que apresentaram maior número de indivíduos estão listados na Figura 10, são 10 espécies que nas áreas da Encosta representam 70,1% da regeneração deste ambiente.

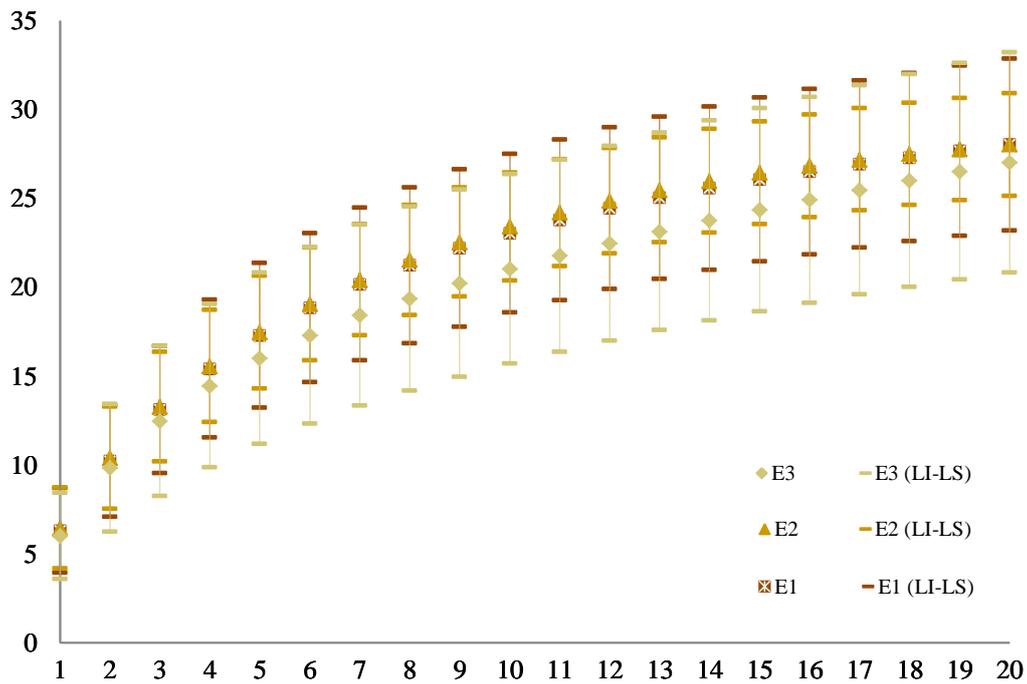
As espécies *Senegalia polyphylla* (150 ind.), *Combretum glaucocarpum* (117 ind.), *Croton blanchetianus* (116 ind.), *C. limae* (112 ind.) e *Myrcia guianensis* (102 ind.) representam aproximadamente 46% do total de indivíduos da regeneração na Encosta.

Figura 10. Espécies com maior número de indivíduos nas três áreas da Encosta, região do Araripe, PE



A suficiência amostral florística mostra com intervalo de confiança de 95% que nas três áreas amostradas há uma semelhança nas estimativas de número de espécies para E1, E2 e E3 não havendo diferenças significativas entre elas (Figura 11).

Figura 11. Curva de rarefação com intervalo de 95% de confiança, para nº de espécies amostradas nas três áreas de Encosta na região do Araripe, PE. Os marcadores centrais representam o nº real de espécie, e os externos representam os intervalos de confiança.



Onde: E1, 2 e 3 = Encosta; LI = Limite inferior e LS = Limite superior.

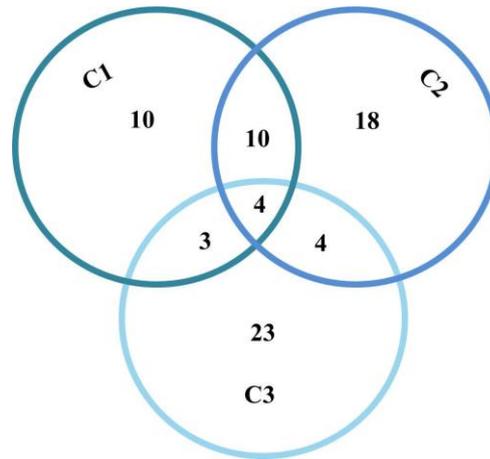
3.1.1.3 Chapada

Nas três áreas da Chapada foram encontradas 72 espécies, sendo 53 identificadas em nível de espécie, sete em nível de gênero e cinco em nível de família, as demais estão como indeterminadas (Tabela 3).

As famílias que apresentaram maiores riquezas de espécies foram: Fabaceae (14), Myrtaceae (8), Rutaceae (8), Salicaceae (5) Erythroxylaceae e Lauraceae (3 cada) que representam 57% das espécies amostradas nas três áreas estudadas neste ambiente.

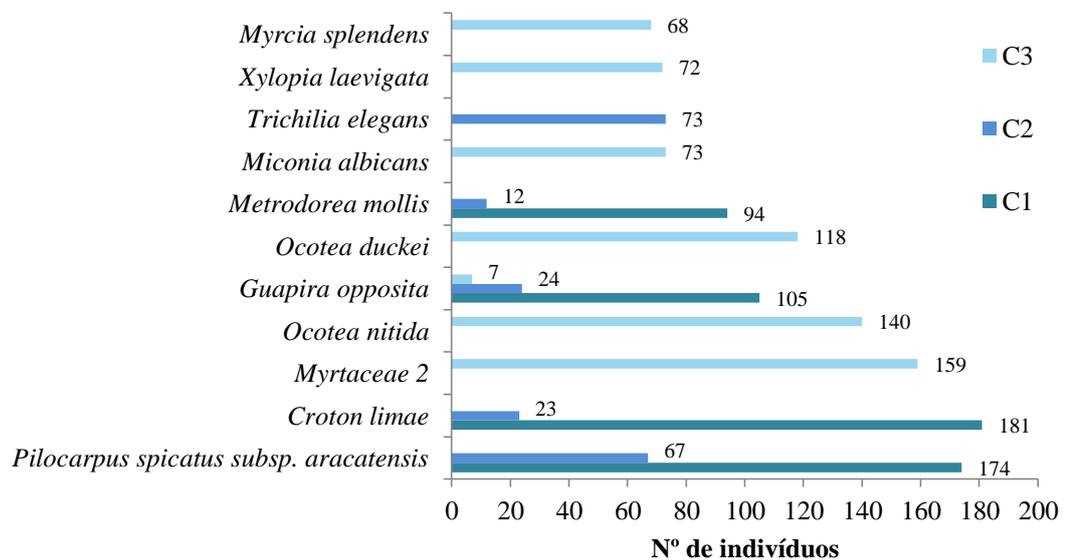
O número de espécies que ocorreram em cada área deste ambiente está expresso na Figura 12. As áreas C2 e C3 obtiveram a maior riqueza de espécies (36 e 34, respectivamente) sendo C3 a que teve o maior número de espécies exclusivas daquela área, 23 espécies. No total, seis espécies ocorreram simultaneamente nos três ambientes, *Guapira opposita*, *Swartzia psilonema*, *Myrcia guianensis* e *Erythroxylum barbatum*.

Figura 12. Diagrama com o número de espécies de ocorrência nas três áreas da Chapada na região do Araripe, PE.



Do total de 2.217 indivíduos amostrados na Chapada, as espécies que apresentaram maior número de indivíduos estão listados na Figura 13, são 11 espécies que nas áreas da Chapada representam cerca de 63% da regeneração deste ambiente. Das espécies com maior número de indivíduos neste ambiente, cinco são de ocorrência exclusiva da área C3 mostrando o quanto essa área apresenta fitofisionomia distinta das demais áreas de Chapada com florística e estrutura de vegetação úmida.

Figura 13. Espécies com maior número de indivíduos nas três áreas da Chapada, região do Araripe, PE

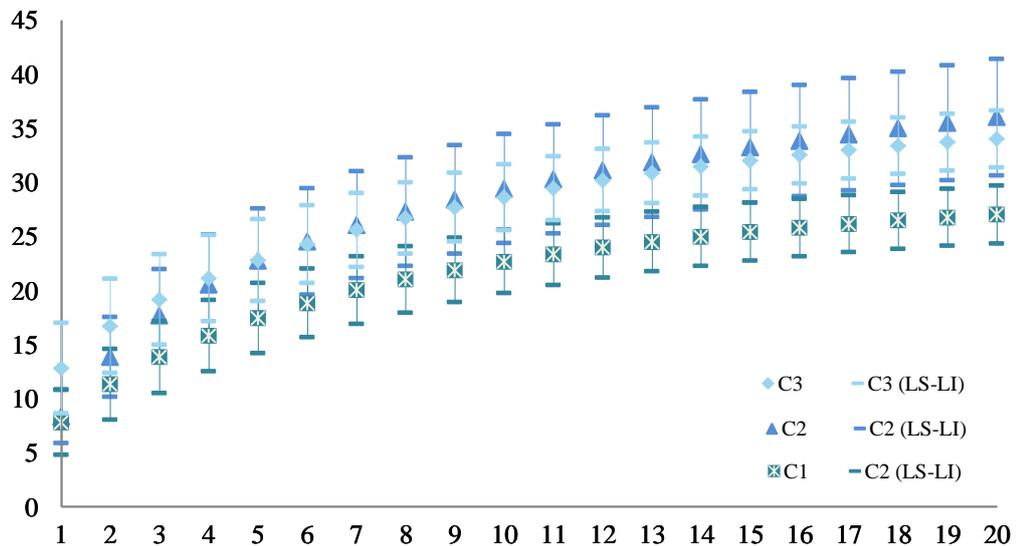


As espécies *Pilocarpus spicatus* subsp. *aracatensis* (241 ind.), *Croton limae* (204 ind.), Myrtaceae 2 (159 ind.), *Ocotea nitida* (140 ind.) e *Guapira opposita* (136 ind.) representam aproximadamente 40% do total de indivíduos da regeneração na Chapada.

Avaliando a riqueza de espécies encontradas nas três áreas através do intervalo de 95% de confiança observa-se que C1 apresenta menor riqueza e baixa variação na estimativa de espécies em comparação com as demais áreas. Dessa forma, em termos de riqueza florística a $C2 > C3 > C1$ (Figura 14).

As áreas de Carrasco (C1), apresentam vegetação tipicamente arbustiva com espécies de ciclo curto e com características colonizadoras, isso pode explicar o número menos de espécies em relação às outras áreas com altitudes acima de 750 m. Além disso, áreas com maiores condições microclimáticas, maiores índices pluviométricos, possuem uma diversidade maior de espécies devido a uma condição mais favoráveis a manutenção dos ecossistemas e fauna dispersora de sementes.

Figura 14. Curva de rarefação com intervalor de 95% de confiança, para nº de espécies amostradas nas três áreas de Chapada na região do Araripe, PE. Os marcadores centrais representam o nº real de espécie, e os externos representam os intervalos de confiança.



Onde: C1, 2 e 3 = Chapada; LI = Limite inferior e LS = Limite superior.

3.1.2 Índices de Diversidade e Equabilidade

A riqueza e uniformidade são parâmetros importantes para expressar a diversidade de espécies em um determinado ecossistema. Onde, a riqueza refere-se ao número máximo de espécies ocorridas e a uniformidade está relacionada ao grau de dominância de cada espécie em uma área. Há vários índices de quantificação da diversidade de um ecossistema, que possibilitam a comparação entre fitofisionomias distintas (SOUZA; SOARES, 2013). O índice de diversidade de Shannon (H') é uma medida quantitativa simplificada, considerada a mais apropriada para se calcular a diversidade de habitats (BROWER; ZAR, 1984). O

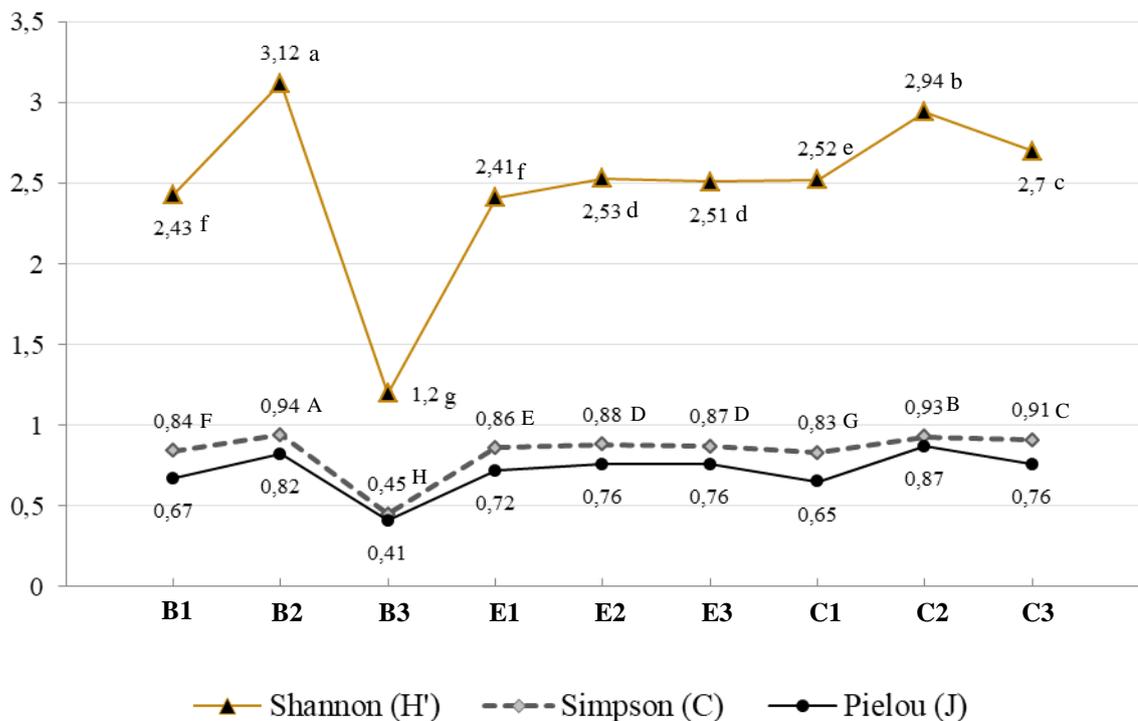
índice de dominância de Simpson (C) varia de 0 a 1, valores estimados próximos de 1 indicam uma comunidade com alta diversidade.

Todavia para Mantovani et al. (2005) os índices de diversidade devem ser tomados apenas como estimativas, principalmente pela variabilidade de metodologias empregadas nos inventários florestais.

Comparando os índices de diversidade de Shannon e Simpson das nove áreas de estudo da Baixada, Encosta e Chapada através do teste t Student, pode-se verificar que para ambos os índices a área B2 (44 esp.) obteve o maior valor estimado de $H' = 3,12$ (nats.ind⁻¹) e $C = 0,94$. A B3, por sua vez, foi a comunidade com menor valor estimado de $H' = 1,20$ (nats.ind⁻¹) e $C = 0,45$ com. As áreas E2 e E3 não apresentaram diferença significativa no valor de H' e C estimados, o mesmo aconteceu com a diversidade das áreas B1 e E1, mas apenas para a diversidade de Shannon (Figura 15).

Algumas considerações podem ser atribuídas a baixa diversidade da área B3, entre elas, o nível de perturbação a que foi submetido (exploração florestal, corte raso), solo raso, pedregoso e semiaridez acentuada, como citado por Fabrincate; Andrade (2007), associando tais características à predominância de poucos táxons generalistas na comunidade.

Figura 15. Índice de diversidade de Shannon (H'), Simpson (C) e equabilidade de Pielou (J) nas nove áreas amostrais dos ambientes estudados na região do Araripe, PE.



De um modo geral, as áreas de Baixada apresentam uma disparidade de valores de diversidade quando comparadas entre si, muitas vezes associadas a fitofisionomias de

Caatinga arbustiva-arbórea e Caatinga arbórea. As áreas de Encosta apresentam pouca ou nenhuma diferença entre si, em termos de diversidade florística. Na Chapada, as áreas possuem valores altos de diversidade, principalmente quando em áreas mais úmidas.

Ferraz et al. (1998) associam um aumento na riqueza de espécies a medida que vai aumentando as cotas de altitudes, essa relação progressiva sugere que às condições ambientais e microclimáticas, como maiores taxas de precipitação, umidade relativa e menores temperaturas, ocasionadas, principalmente, pelas maiores altitudes associadas a uma maior fertilidade dos solos são responsáveis pelo maior variabilidade de táxons nas comunidades.

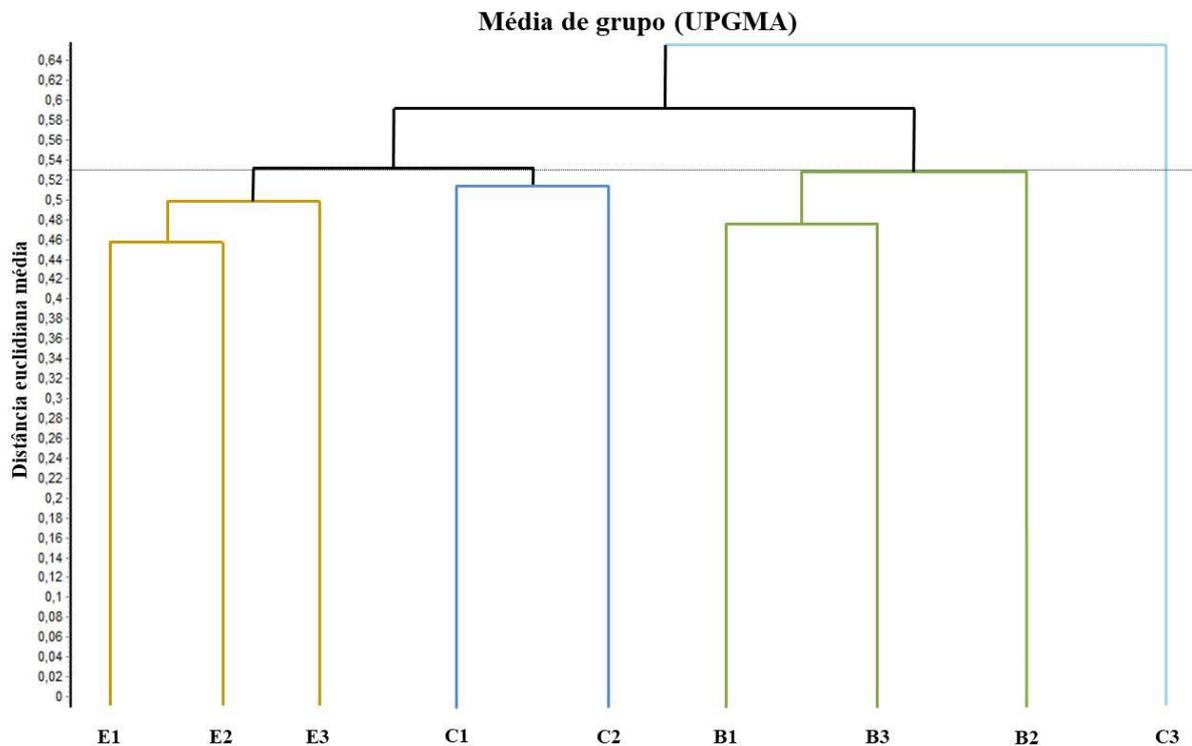
Corroborando com a hipótese, Chen et al. (2013), afirmam que a heterogeneidade vegetal, distribuição espacial e produção de biomassa são fatores endógenos à comunidade que podem ser consideradas resultantes da integração de todas as condições ambientais, incluindo clima, solo, topografia e distúrbios e, portanto, são teoricamente fatores mais importantes a serem considerados na escala espacial.

3.1.3 Similaridade Florística

O coeficiente de correlação cofenética (ccc) mede o grau de ajuste da matriz de dissimilaridade e a matriz resultante. Para os dados florísticos dos três ambientes avaliados foi obtido um $ccc > 0,7$ para o método de média de grupo UPGMA/distância euclidiana média, sendo assim, indicando-se o mais adequado para os dados avaliados.

Tomando o corte em 53%, o dendrograma de dissimilaridade mostra que as nove áreas estudadas formam três grupos distintos, corroborando, em partes, com a hipótese da estratificação dos ambientes com base no gradiente altitudinal, Baixada, Encosta e Chapada. Onde, apenas na Chapada uma área (C3) não apresenta semelhança comparadas com as áreas deste ambiente, C1 e C2. Nas áreas de Encosta, a E1 e E2 formam um subgrupo com semelhança mais fortes, em comparação com a E3. Na Baixada, por sua vez, há um subgrupo formado pelas áreas B1 e B3 (Figura 16).

Figura 16. Dendrograma de dissimilaridade com base na distância euclidiana média segundo o método UPGMA para as nove áreas na região do Araripe, PE.



A área B2, por sua vez, apresenta variações estruturais e de diversidade mais elevadas que as demais áreas de Baixada. Essa diferença pode estar relacionada a características da paisagem e principalmente disponibilidade de água no solo, visto que segundo relato de moradores próximos à área de estudo referida fica próximo ao reservatório hídrico que abastece a cidade de Araripina.

Observa-se ainda que existe um grupo formado pelas áreas de Encosta (E1, E2 e E3) e estas apresentam uma dissimilaridade menor comparadas com as duas primeiras áreas da Chapada, (C1 e C2).

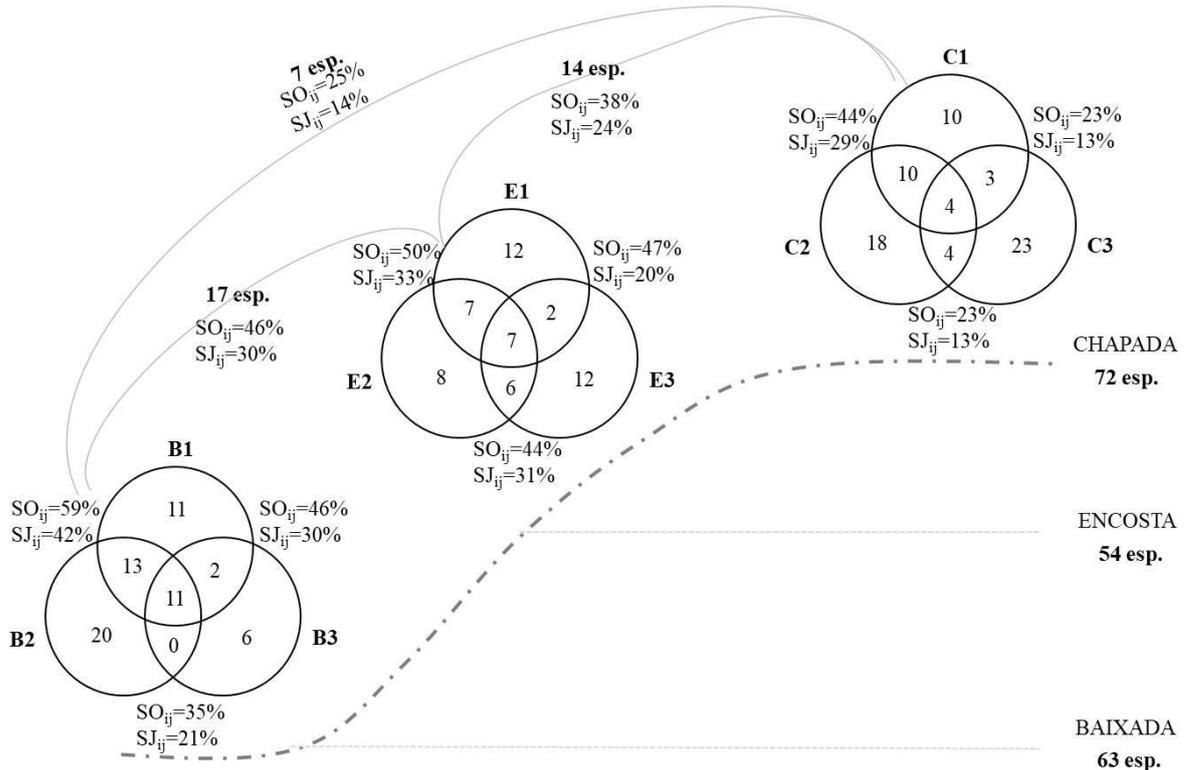
Na C3, a tipologia florestal, características microclimáticas e estado de conservação do fragmento são os principais parâmetros que justificam a resposta à dissimilaridade florística das demais áreas estudadas.

Para análise da similaridade florística foram utilizados os coeficientes de Jaccard (SJ) e Sorensen (SO), naturalmente os valores do coeficiente de SO apresentam um percentual maior nas estimativas, pois o método atribui um peso maior para as espécies que ocorrem simultaneamente em ambas as comunidades avaliadas.

Assim, em termos florísticos com base no coeficiente de SO, a Baixada apresenta 46% de similaridade florística comparada com a Encosta, representada por 17 espécies que

ocorreram simultaneamente nos dois ambientes (Figura 17). *Anadenanthera colubrina* (18 e 3 ind.), *Aspidosperma pyriforme* (22 e 1 ind.), *Chloroleucon foliolosum* (4 e 3 ind.), *Colicodendro yco* (1 e 21 ind.), *Cordia trichotoma* (1 e 5 ind.), *Croton rhamnifolioides* (98 e 6 ind.), *C. blanchetianus* (417 e 116 ind.), *Cynophalla feluosa* (12 e 57 ind.), *Helicteres baruensis* (1 e 3 ind.), *Libidibia ferrea* (1 e 4 ind.), *Mimosa* sp. (3 e 5 ind.), *Schinopsis brasiliensis* (7 e 2 ind.), Myrtaceae 1 e 3 e três indeterminadas.

Figura 17. Esquema ilustrativo dos coeficientes de similaridade de Jaccard (SJ) e Sorensen (SO) entre os ambientes e as áreas na região do Araripe, PE.



Entre a Encosta e a Chapada o SO = 38% com 14 espécies comuns aos ambientes (Figura 17): *Bauhinia acuruana* (24 e 14 ind.), *Byrsonima vacciniifolia* (6 e 34 ind.), *Croton limae* (112 e 204 ind.), *Dalbergia frutescens* (8 e 12 ind.), *Pilocarpus spicatus* subsp. *aracatensis* (17 e 241 ind.), *Erythroxylum* sp. (11 e 12 ind.), *Eugenia flavescens* (2 e 6 ind.), *Jacaranda jasminoides* (4 e 2 ind.), *Myrcia guianensis* (102 e 11 ind.), Myrtaceae 5 (1 e 2 ind.), *Pityrocarpa moniliformis* (20 e 1 ind.), *Senegalia poluphylla* (150 e 33 ind.), *Swartzia psilonema* (45 e 19 ind.) e *Zanthoxylum petiolare* (1 e 16 ind.).

Para comparação entre a Baixada e a Chapada, apenas sete espécies foram comuns aos dois ambientes, em similaridade SO = 25% (Figura 17). *Balfourodendro molle* (1 e 15 ind.), *Casearia silvestres* (22 e 1 ind.), *Coutarea hexandra* (56 e 2 ind.), *Senna cearenses* (2

e 5 ind.), *Xylosma prockia* (18 e 5 ind.), *Zanthoxylum gardneri* (3 e 9 ind.) e *Z. hamadryadicum* (1 e 4 ind.).

Entre áreas, o maior índice de similaridade encontrado foi nas áreas B1-B2, cerca de $SO = 59\%$, com 24 espécies comuns às áreas. Comparando C1-C3 e C2-C3 ambas comparações apresentaram $SO = 23\%$, referente ao índice de SO mais baixo na comparação entre áreas. Portanto, supõe-se que, a tipologia florestal e altitude, associados à fatores edáficos e de clima, são responsáveis pela composição de espécies dos fragmentos estudados.

3.1.4 Distribuição espacial McGuinness

O padrão de distribuição espacial de uma espécie refere-se à forma com que os indivíduos de uma população estão apresentados na comunidade. Dessa forma, foram estimados o grau de agregação das espécies nas nove áreas amostrais do diferentes ambientes estudados.

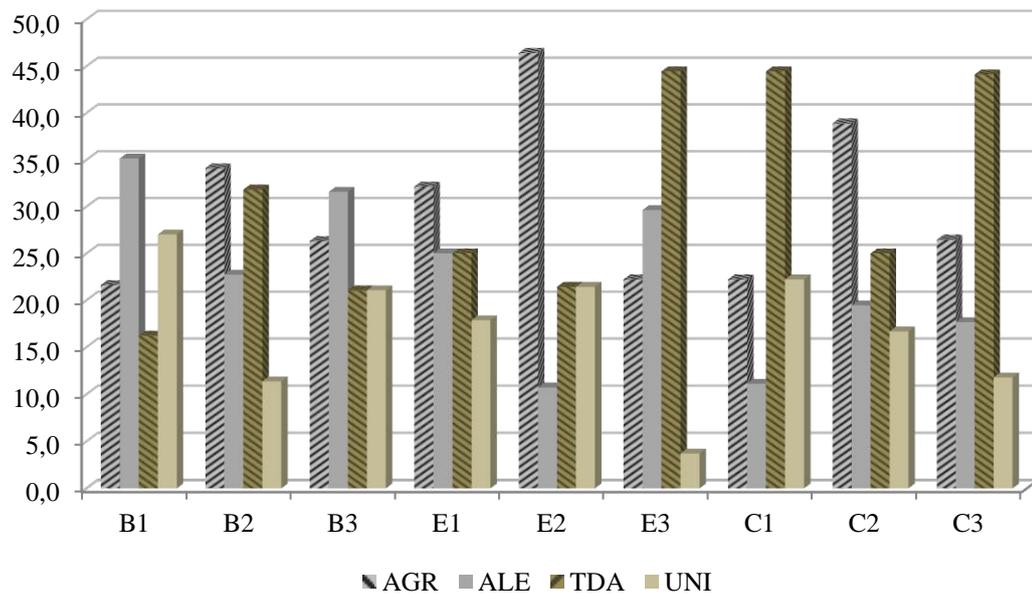
De um modo geral, a maioria das populações apresenta um padrão de distribuição agregado ou com tendência de agregação, são elas B2 ($AGR = 34\%$; $TDA = 32\%$); B3 ($AGR = 26\%$; $TDA = 21\%$); E1 ($AGR = 32\%$; $TDA = 25\%$); E2 ($AGR = 46\%$; $TDA = 21\%$); E3 ($AGR = 22\%$; $TDA = 44\%$); C1 ($AGR = 22\%$; $TDA = 44\%$); C2 ($AGR = 38\%$; $TDA = 25\%$) e C3 ($AGR = 26\%$; $TDA = 44\%$) (Figura 18).

A área B1 a maioria das espécies apresentaram um padrão de distribuição $ALE = 35\%$ e $UNI = 27\%$. Esse resultado pode ser explicado pelo elevado número de espécies com baixo número de indivíduos o que para o método IGA configura uma uniformidade na distribuição.

Em nível de população, algumas espécies alteram o padrão de distribuição de acordo com o ambiente e o número de indivíduos amostrados na área. *Annona leptopetala*, a exemplo disso, possui em um padrão de distribuição agregado ou com tendência de agregação na maioria das áreas de ocorrência (B1, B2, E1, E2, C1 e C2), nas áreas B3 e E3 o padrão de distribuição apresentado por essa espécie é UNI e ALE , respectivamente (Tabela 3).

As espécies do gênero *Croton* spp. em praticamente todas as áreas que ocorrem possuíam distribuição agregada ou com tendência de agregação.

Figura 18. Distribuição espacial pelo método de IGA – Índice de agregação de McGuinnes, das espécies da regeneração natural nas nove áreas amostrais na região do Araripe, PE. Onde: AGR – Agregada; ALE – Aleatório; TDA – Tendência de agregação; UNI – Uniforme



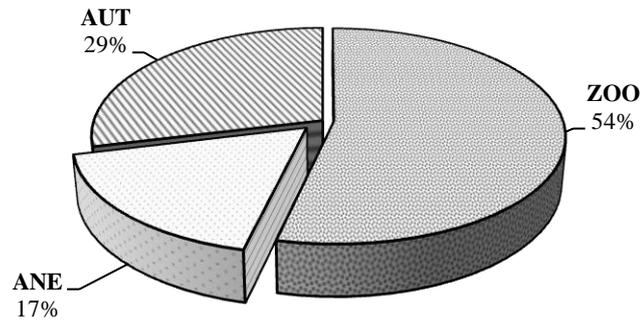
Para Ricklefs (2011) um habitat, favorável ou não a uma determinada espécie, pode influenciar na distribuição de uma população, mas outros fatores, incluindo barreiras à dispersão, também influenciam. Segundo Gruba et al. (2015) nos ecossistemas florestais naturais, a composição da espécie tende a seguir certos gradientes de clima, tipos de solo e disponibilidade de água do solo. Por sua vez, a dispersão e as interações bióticas são susceptíveis de produzir estrutura espacial mais evidente em escalas relativamente menores, enquanto que a variação topográfica pode produzir estrutura em diferentes escalas dependendo da geomorfologia subjacente (LAN et al., 2011).

Em muitos casos, os gradientes ambientais dominam os padrões espaciais em ambientes florestais, mas as análises de padrões espaciais mais amplamente utilizadas assumem que os processos espaciais subjacentes dos padrões espaciais analisados são estacionários (BUCKLEY et al., 2016).

3.1.5 Síndrome de dispersão

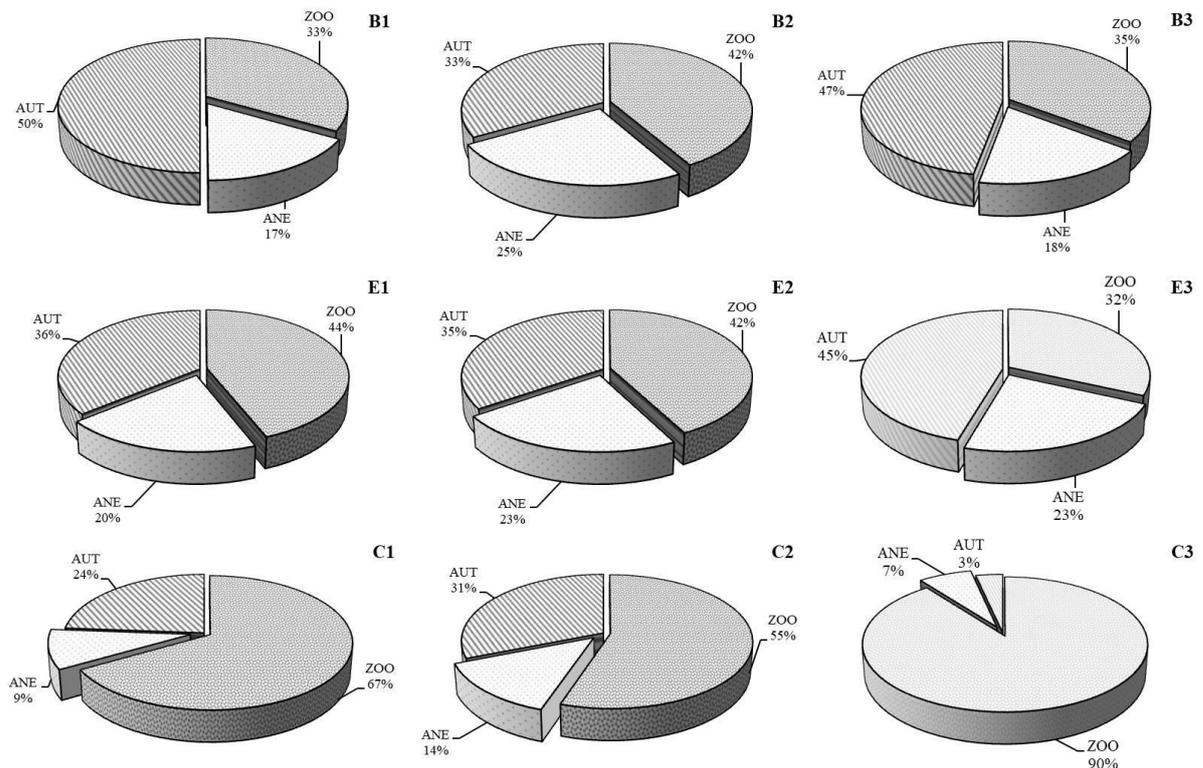
Nas nove áreas amostradas foram encontradas 131 espécies, destas 90 foram identificadas em nível específico e 11 em nível de gênero e foram classificadas quanto à síndrome de dispersão. Avaliando os três ambientes de forma unificada, 52 espécies apresentam síndrome de dispersão zoocórica, 28 autocórica e 17 anemocórica (Figura 19).

Figura 19. Percentual de espécies classificadas quanto à síndrome de dispersão nos três ambientes na região do Araripe, PE.



Ao tratar cada área separadamente, tem-se que nas três áreas de Baixada há uma predominância de espécies autocóricas (15, 12 e 8 spp.) para B1, B2 e B3, respectivamente. Em seguida, as espécies zoocóricas em maior número, principalmente na B2, apresentando os seguintes valores (10, 15 e 6 spp.) e as anemocóricas com 5, 9 e 3 espécies para as respectivas áreas (Figura 20-B1 a B3).

Figura 20. Percentual de espécies classificadas quanto à síndrome de dispersão nas nove áreas estudadas na região do Araripe, PE.



Na Encosta, as espécies zoocóricas apresentaram maior riqueza de espécies, em média 40% para as três áreas, E1, E2 e E3 (11, 11 e 7 spp., respectivamente), todavia, as que têm síndrome autocórica também possuem um percentual médio elevado, cerca de 39%, com

(9, 9 e 10 spp.) para as respectivas áreas. As anemocóricas tiveram média de 21% das espécies encontradas nas áreas de Encosta (Figura 20-E1 a E3).

As três áreas da Chapada, C1, C2 E C3, apresentam um predomínio de espécies com síndrome de dispersão zoocórica, chegando a 90% na C3, uma área de mata de altitude que possui características de vegetação de Cerradão.

Os resultados encontrados aqui sugerem uma variação expressiva quanto ao modo de dispersão, onde nas áreas de Baixada e Encosta possuem uma predominância de espécies com sistema de dispersão realizado por mecanismos abióticos, em sua maioria autocoria. Nas áreas da Chapada, há um predomínio de espécies zoocórias, ou seja, áreas mais úmidas, algumas com estratos florestais bem definidos, como as áreas C2 e C3 evidenciam a existência de agentes dispersores bióticos, isso associado a maior disponibilidade de água para plantas durante o ano, necessária para a produção, germinação e estabelecimento de frutos carnosos nestes ambientes.

Alguns estudos realizados dentro dos limites da Área de Proteção Ambiental – Chapada do Araripe, como o de Silva et al. (2015) e Costa et al. (2004) encontraram predominância de espécies zoocóricas em seus estudos. Gomes; Quirino (2016) num estudo em uma área de Caatinga no Cariri paraibano encontraram uma relação entre as espécies, onde ZOO > ANE > AUT, estes resultados com anemocoria maior que autocoria pode ter acontecido pela abordagem do trabalho com a inclusão de espécies herbáceas e trepadeiras na amostragem.

Em áreas de floresta tropical sazonalmente secas e floresta estacional semidecidual, avaliando a regeneração natural de áreas que sofreram queima da vegetação em no mínimo 14 anos, Costa et al. (2017) também encontraram em seus estudos a predominância de espécies do tipo zoocóricas, nas três áreas avaliadas no nordeste do estado do Espírito Santo.

Algumas pesquisas também têm apontado para as diferentes tendências na predominância dos modos de dispersão em áreas de florestas secas e úmidas no Brasil e no mundo (COSTA et al., 2017; KROSCHEL et al., 2016; VARGAS et al., 2012; DU et al., 2009; SILVA; RODAL, 2009; NOGUCHI et al., 2009 , COSTA et al., 2004, ROCHA et al. 2004, GRIZ; MACHADO, 2001). Possivelmente, a grande variação nos padrões de dispersão está associada a características morfológicas intrínsecas aos diásporos, a variações ambientais como diferenças relevo, topografia e clima e ainda a características de conservação, grau de perturbação ambiental das florestas que acarretaria numa maior ou menor ocorrência de agentes dispersores zoocóricos. Todavia, a complexidade da definição dos padrões de dispersão e os agentes atuantes nessa dinâmica autoecológica das populações

vegetais não compõe o objetivo deste trabalho, fazendo-se necessárias maiores elucidações e experimentações que possam comprovar tais hipóteses (ver Howe, 2016).

Em síntese, para Maza-Villalobos et al. (2011) os processos de regeneração dependem de ganhos e perdas de indivíduos e espécies. Os ganhos dependem da disponibilidade de propágulos, condições locais e recursos que afetam o estabelecimento, a sobrevivência e o crescimento das plantas. As perdas são devidas à mortalidade e à redução da biomassa causada por condições adversas, recursos limitados e danos por inimigos naturais.

3.2 FITOSSOCIOLOGIA DA REGENERAÇÃO NATURAL

3.2.1 Fitossociologia Baixada

Nas estimativas da estrutura horizontal do estrato regenerante no ambiente Baixada obteve-se uma densidade de 4.777 ind.ha⁻¹, com uma dominância absoluta estimada em aproximadamente 1,95 m².ha⁻¹ (Tabela 4). A dominância, parâmetro relacionado a área basal, em muitas espécies teve um valor elevado, pois a metodologia adotada foi a soma dos diâmetros, levando em consideração o alto número de indivíduos bifurcados nas áreas de estudo.

Tabela 4. Estrutura fitossociológica da regeneração natural ordenadas por maior densidade, nas três áreas amostrais no ambiente Baixada na região do Araripe, PE

Espécie	Nº de ind.			DAB _(0,30m)			DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI
	B1	B2	B3	Máx	Mín	Méd							
<i>Croton blanchetianus</i>	128	21	268	6,7	0,3	1,4	1390	29,10	76,67	11,92	0,5486	28,14	23,05
<i>Parapiptadenia zehntneri</i>	32	74		4,0	0,5	1,5	353	7,40	38,33	5,96	0,0929	4,77	6,04
<i>Croton rhamnifolioides</i>	40	58		4,5	0,5	1,8	327	6,84	20,00	3,11	0,2616	13,42	7,79
<i>Aspidosperma cuspa</i>		79		5,6	0,6	1,9	263	5,51	16,67	2,59	0,1068	5,48	4,53
<i>Guapira opposita</i>	5	68		2,2	0,6	1,2	243	5,09	30,00	4,66	0,0354	1,81	3,86
<i>Campomanesia</i> sp.	60	1		3,5	0,3	0,9	203	4,26	16,67	2,59	0,0465	2,38	3,08
<i>Annona leptopetala</i>	18	36	2	4,0	0,5	1,4	187	3,91	33,33	5,18	0,0628	3,22	4,10
<i>Coutarea hexandra</i>		56		5,1	0,8	2,4	187	3,91	13,33	2,07	0,1073	5,51	3,83
<i>Poincianella gardneriana</i>	19	11	19	5,3	0,6	2,0	163	3,42	38,33	5,96	0,1016	5,21	4,86
<i>Combretum leprosum</i>			28	3,8	1,0	2,0	93	1,95	5,00	0,78	0,0414	2,13	1,62
<i>Erythroxylum caatingae</i>		25		3,2	0,6	1,5	83	1,74	10,00	1,55	0,0192	0,99	1,43
Myrtaceae 3	23		1	1,6	0,3	0,9	80	1,67	11,67	1,81	0,0123	0,63	1,37
<i>Allophylus quercifolius</i>	1	14	7	3,5	0,6	1,9	73	1,54	13,33	2,07	0,0348	1,78	1,80
<i>Aspidosperma pyriformium</i>	4	18		4,5	0,8	1,6	73	1,54	18,33	2,85	0,0216	1,11	1,83
<i>Casearia silvestris</i>	1	21		3,7	0,8	1,6	73	1,54	10,00	1,55	0,0177	0,91	1,33
<i>Piptadenia viridiflora</i>	1	18	1	4,1	0,5	1,4	67	1,40	13,33	2,07	0,0283	1,45	1,64
<i>Anadenanthera colubrina</i>	1	14	3	3,3	0,5	1,5	60	1,26	18,33	2,85	0,0142	0,73	1,61
<i>Xylosma prockia</i>	2	12	4	3,6	0,8	2,0	60	1,26	18,33	2,85	0,0369	1,89	2,00
<i>Aralia warmingiana</i>		16		4,9	1,1	2,7	53	1,12	8,33	1,30	0,0369	1,89	1,44

Continua...

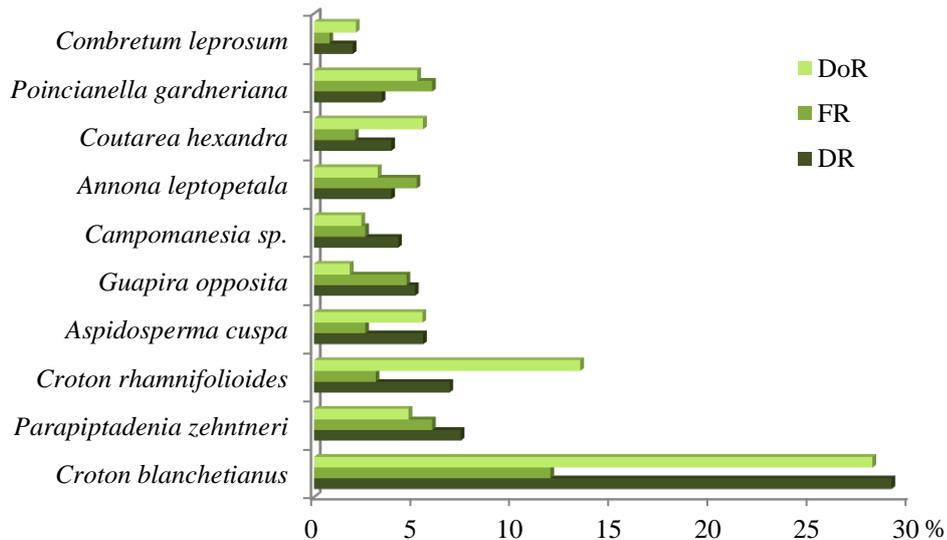
Tabela 4, continuação.

Espécie	Nº de ind.			DAB _(0,30m)			DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI
	B1	B2	B3	Máx	Mín	Méd							
<i>Jatropha mollissima</i>	6	5	5	3,8	0,3	2,5	53	1,12	23,33	3,63	0,0300	1,54	2,09
<i>Psidium brownianum</i>		16		2,5	0,8	1,5	53	1,12	3,33	0,52	0,0143	0,73	0,79
<i>Bauhinia subclavata</i>	3	8	4	3,8	0,8	1,7	50	1,05	21,67	3,37	0,0148	0,76	1,72
<i>Pseudobombax marginatum</i>	1	14		5,7	1,0	2,7	50	1,05	13,33	2,07	0,0358	1,84	1,65
<i>Jacaratia corumbensis</i>	3	10		3,2	0,6	1,7	43	0,91	13,33	2,07	0,0140	0,72	1,23
<i>Amburana cearensis</i>	2	10		3,8	0,6	2,1	40	0,84	13,33	2,07	0,0235	1,20	1,37
Myrtaceae 1		12		2,7	0,6	1,2	40	0,84	10,00	1,55	0,0075	0,39	0,93
<i>Cynophalla flexuosa</i>	2	1	9	3,5	0,8	1,6	40	0,84	8,33	1,30	0,0113	0,58	0,90
Indeterminada 4		10		3,3	0,8	1,7	33	0,70	10,00	1,55	0,0225	1,15	1,14
<i>Handroanthus impetiginosus</i>		9		2,2	0,8	1,3	30	0,63	10,00	1,55	0,0045	0,23	0,81
Indeterminada 18	9			1,6	0,5	0,9	30	0,63	5,00	0,78	0,0034	0,17	0,53
Solanaceae 1		7		4,5	1,1	2,0	23	0,49	1,67	0,26	0,0152	0,78	0,51
<i>Schinopsis brasiliensis</i>			7	3,7	2,8	3,3	23	0,49	3,33	0,52	0,0200	1,02	0,68
<i>Cnidocolus bahianus</i>	6			4,1	2,1	2,8	20	0,42	5,00	0,78	0,0184	0,95	0,71
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	2	2	2	3,8	0,6	1,7	20	0,42	8,33	1,30	0,0066	0,34	0,68
<i>Manihot carthagenensis</i>	1	4		2,4	0,6	1,6	17	0,35	8,33	1,30	0,0036	0,19	0,61
<i>Sapium glandulosum</i>	1	4		2,4	0,6	1,5	17	0,35	6,67	1,04	0,0036	0,18	0,52
<i>Chloroleucon foliolosum</i>	3	1		3,0	2,0	2,3	13	0,28	6,67	1,04	0,0056	0,29	0,53
Indeterminada 14		4		2,7	0,8	1,8	13	0,28	3,33	0,52	0,0089	0,45	0,42
<i>Senegalia bahiensis</i>	1	3		3,5	1,0	2,0	13	0,28	6,67	1,04	0,0107	0,55	0,62
<i>Mimosa</i> sp.3	3			1,8	0,3	0,7	10	0,21	3,33	0,52	0,0033	0,17	0,30
<i>Senna splendida</i>	2		1	3,5	0,8	2,1	10	0,21	5,00	0,78	0,0045	0,23	0,41
<i>Zanthoxylum hamadryadicum</i>		3		3,0	1,4	2,4	10	0,21	3,33	0,52	0,0048	0,25	0,33
<i>Combretum glaucocarpum</i>		2		3,2	1,0	2,1	7	0,14	1,67	0,26	0,0029	0,15	0,18
<i>Erythrina velutina</i>	2			2,4	1,9	2,1	7	0,14	1,67	0,26	0,0024	0,13	0,17
Indeterminada 12		2		1,0	0,6	0,8	7	0,14	3,33	0,52	0,0004	0,02	0,23
Indeterminada 19	2			2,1	0,6	1,4	7	0,14	3,33	0,52	0,0012	0,06	0,24
Indeterminada 21	2			0,6	0,6	0,6	7	0,14	1,67	0,26	0,0002	0,01	0,14
<i>Senna cearensis</i>			2	1,6	1,1	1,3	7	0,14	3,33	0,52	0,0010	0,05	0,24
<i>Balfourodendron molle</i>		1		0,8	0,8	0,8	3	0,07	1,67	0,26	0,0002	0,01	0,11
<i>Colicodendron yco</i>			1	3,8	3,8	3,8	3	0,07	1,67	0,26	0,0038	0,20	0,17
<i>Cordia trichotoma</i>		1		3,8	3,8	3,8	3	0,07	1,67	0,26	0,0038	0,20	0,17
<i>Helicteres baruensis</i>		1		0,8	0,8	0,8	3	0,07	1,67	0,26	0,0002	0,01	0,11
<i>Libidibia ferrea</i>		1		2,7	2,7	2,7	3	0,07	1,67	0,26	0,0019	0,10	0,14
Indeterminada 7	1			0,8	0,8	0,8	3	0,07	1,67	0,26	0,0002	0,01	0,11
Indeterminada 9	1			2,9	2,9	2,9	3	0,07	1,67	0,26	0,0021	0,11	0,15
Indeterminada 11		1		1,6	1,6	1,6	3	0,07	1,67	0,26	0,0007	0,03	0,12
Indeterminada 13		1		0,8	0,6	0,7	3	0,07	1,67	0,26	0,0002	0,01	0,11
Indeterminada 15			1	2,2	1,8	2,0	3	0,07	1,67	0,26	0,0026	0,13	0,15
Indeterminada 16	1			3,2	3,2	3,2	3	0,07	1,67	0,26	0,0027	0,14	0,15
<i>Senegalia langsdorffii</i>	1			2,5	2,5	2,5	3	0,07	1,67	0,26	0,0001	0,01	0,11
<i>Spondias tuberosa</i>			1	0,6	0,6	0,6	3	0,07	1,67	0,26	0,0075	0,39	0,24
<i>Tocoyena formosa</i>	1			1,0	1,0	1,0	3	0,07	1,67	0,26	0,0004	0,02	0,12
<i>Zanthoxylum hamadryadicum</i>		1		1,2	1,2	1,2	3	0,07	1,67	0,26	0,0015	0,08	0,14
TOTAL	391	666	376	-	-	-	4777	100	643,33	100	1,9495	100	100

Em que: DAB_(0,30m) = Diâmetro à altura da base a 30 cm do solo; DA = Densidade absoluta (ind.ha⁻¹); DR = Densidade relativa (%); FA = Frequência absoluta (%); FR = Frequência relativa (%); DoA = Dominância absoluta (m².ha⁻¹); DoR = Dominância relativa (%) e VI = Valor de importância (%).

Considerando o ambiente Baixada como todo, avaliando a estrutura fitossociológica deste, nota-se que o *C. blanchetianus* (marmeleiro preto) foi a espécie que obteve os maiores percentuais nos parâmetros avaliados (Figura 21) representando aproximadamente 28% de dominância e 29% de densidade. O valor elevado da dominância se deve, principalmente, pelo grande número de indivíduos bifurcados dessa espécie e por eles terem sido somados nos cálculos dos parâmetros. Além disso, o marmeleiro preto apresentou uma ocorrência maciça nas três áreas estudadas com total de 421 indivíduos, sendo destes, 272 encontrados na área B3.

Figura 21. Espécies com maior densidade no ambiente Baixada, na região do Araripe, PE



O *C. rhamnifolioides* (quebra-faca), por sua vez, também obteve alto percentual de área basal, cerca de 13%, e sua ocorrência não foi registrada na área B3, embora trata-se de uma espécie com hábito arbustivo e em torceiras com indivíduos bastante bifurcados, portanto, a soma das áreas basais levou a um percentual maior de DoR.

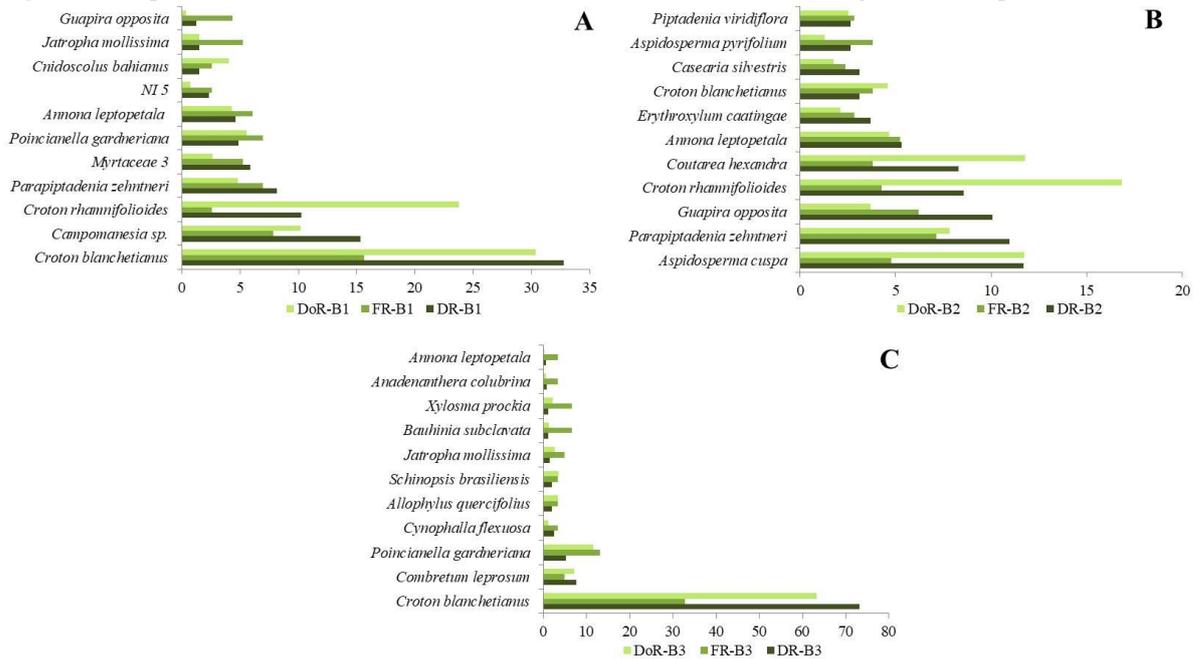
Avaliando as três áreas, separadamente, na B1 as espécies que obtiveram os maiores valores de densidade e dominância foram *C. blanchetianus*, *Campomanesia sp.* e *C. rhamnifolioides*, juntas, as três representaram cerca de 58% da DR e 55% da DoR (Figura 22A).

Na área B2, as espécies *Aspidosperma cuspa*, *Parapiptadenia zehntneri*, *Guapira opposita*, *C. rhamnifolioides* e *Coutarea hexandra*, representam cerca de 50% da DR e 52% da DoR (Figura 22B).

Na terceira área deste ambiente (B3), as espécies *C. blanchetianus*, *Combretum leprosum* e *Poincianella gardneriana*, já representam cerca de 86% de DR e 82% de DoR (Figura 22C). Esta área ainda possui baixa riqueza de espécies, aparenta ser uma área com histórico de uso intensivo, atualmente encontra-se em estado de conservação, com status de

Reserva Legal, e segundo proprietário não há corte de madeira a pelo menos 20 anos. Além disso, é uma área com terrenos com afloramentos rochosos, pedregoso e de solo raso.

Figura 22. Espécies com maior valor de densidade nas três áreas de Baixada, região do Araripe, PE



3.2.2 Fitossociologia Encosta

O estrato regenerante no ambiente de Encosta obteve uma densidade de 4.343 ind.ha⁻¹, com uma dominância absoluta estimada em aproximadamente 1,82 m².ha⁻¹ (Tabela 5).

Tabela 5. Estrutura fitossociológica da regeneração natural ordenadas por maior densidade, nas três áreas amostrais no ambiente Encosta na região do Araripe, PE

ESPÉCIE	Nº de ind.			DAB _(0,30m)			DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI
	E1	E2	E2	Máx	Mín	Méd							
<i>Senegalia polyphylla</i>	13	137		3,34	0,32	1,26	500	11,51	38,33	6,13	0,1156	6,35	8,00
<i>Combretum glaucocarpum</i>	30	60	27	3,82	0,64	1,91	390	8,98	43,33	6,93	0,1609	8,84	8,25
<i>Croton blanchetianus</i>	115	1		4,14	0,64	1,51	387	8,90	28,33	4,53	0,1249	6,86	6,77
<i>Croton limae</i>	21		91	5,73	0,64	1,99	373	8,60	31,67	5,07	0,2067	11,35	8,34
<i>Myrcia guianensis</i>	97	5		3,66	0,80	2,16	340	7,83	33,33	5,33	0,2009	11,03	8,07
<i>Senegalia langsdorffii</i>		51	22	5,09	0,48	1,67	243	5,60	25,00	4,00	0,1202	6,60	5,40
<i>Piptadenia viridiflora</i>	18	52		4,30	0,41	1,94	233	5,37	25,00	4,00	0,0929	5,10	4,83
<i>Dalbergia cearensis</i>	59	4		3,66	0,64	1,55	210	4,83	20,00	3,20	0,0661	3,63	3,89
<i>Cynophalla flexuosa</i>	8	44	5	4,39	0,64	2,13	190	4,37	46,67	7,47	0,0895	4,91	5,58
<i>Bauhinia subclavata</i>		30	24	3,34	0,64	1,90	180	4,14	31,67	5,07	0,0747	4,10	4,44
<i>Swartzia pylonema</i>		45		3,82	0,54	1,55	150	3,45	13,33	2,13	0,0394	2,16	2,58
<i>Piptadenia stipulacea</i>		11	24	3,50	0,48	1,46	117	2,69	18,33	2,93	0,0600	3,30	2,97
<i>Sebastiania brevifolia</i>			35	3,98	0,80	1,94	117	2,69	15,00	2,40	0,0452	2,48	2,52
<i>Erythroxylum caatingae</i>	10	23		3,02	0,80	1,29	110	2,53	13,33	2,13	0,0239	1,31	1,99
<i>Bauhinia acuruana</i>		9	15	7,32	0,80	2,36	80	1,84	16,67	2,67	0,0609	3,35	2,62
<i>Colicodendron yco</i>	12	4	5	3,82	0,76	1,68	70	1,61	20,00	3,20	0,0329	1,80	2,21

Continua...

Tabela 5, continuação.

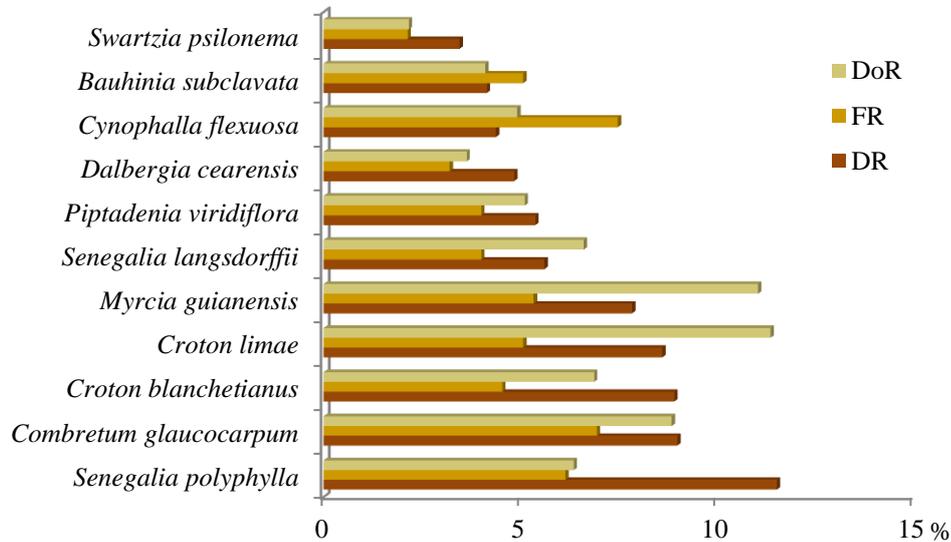
ESPÉCIE	Nº de ind.			DAB _(0,30m)			DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI
	E1	E2	E2	Máx	Mín	Méd							
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>			20	3,69	0,64	1,68	67	1,53	16,67	2,67	0,0191	1,05	1,75
<i>Annona leptopetala</i>	5	12	1	3,66	0,64	1,69	60	1,38	16,67	2,67	0,0164	0,90	1,65
<i>Pilocarpus spicatus</i> subsp. <i>aracatensis</i>	17			4,52	0,64	1,48	57	1,30	11,67	1,87	0,0193	1,06	1,41
<i>Guapira opposita</i>	3	2	12	3,66	0,64	1,78	57	1,30	21,67	3,47	0,0189	1,04	1,94
<i>Cordia rufescens</i>	1	10		3,98	0,80	1,58	37	0,84	6,67	1,07	0,0105	0,58	0,83
<i>Erythroxylum</i> sp.		6	5	6,68	0,95	1,93	37	0,84	8,33	1,33	0,0175	0,96	1,05
<i>Senna splendida</i>	1	9	1	4,36	0,64	2,18	37	0,84	10,00	1,60	0,0184	1,01	1,15
<i>Dalbergia frutescens</i>		3	5	3,57	0,64	1,70	27	0,61	11,67	1,87	0,0110	0,61	1,03
<i>Croton</i> sp.	7			1,27	0,80	1,09	23	0,54	3,33	0,53	0,0025	0,14	0,40
<i>Byrsonima vacciniifolia</i>			6	3,66	0,95	2,25	20	0,46	6,67	1,07	0,0114	0,62	0,72
<i>Croton rhamnifolioides</i>			6	3,18	0,95	2,47	20	0,46	6,67	1,07	0,0129	0,71	0,74
<i>Cordia trichotoma</i>	5			3,34	0,80	1,62	17	0,38	5,00	0,80	0,0068	0,37	0,52
<i>Mimosa</i> sp.3	5			3,12	1,11	2,20	17	0,38	5,00	0,80	0,0229	1,26	0,81
Indeterminada 17	5			2,71	0,64	1,57	17	0,38	6,67	1,07	0,0057	0,31	0,59
<i>Jacaranda jasminoides</i>	1	2	1	2,67	0,80	1,46	13	0,31	5,00	0,80	0,0028	0,15	0,42
<i>Libidibia férrea</i>	4			2,29	1,02	1,38	13	0,31	3,33	0,53	0,0023	0,13	0,32
<i>Anadenanthera colubrina</i>	3			2,39	0,64	1,54	10	0,23	5,00	0,80	0,0023	0,12	0,38
<i>Chloroleucon foliolosum</i>		3		3,18	1,91	2,71	10	0,23	5,00	0,80	0,0192	1,05	0,69
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	3			5,03	1,75	3,59	10	0,23	5,00	0,80	0,0116	0,64	0,56
<i>Helicteres baruensis</i>			3	2,86	0,86	1,69	10	0,23	3,33	0,53	0,0064	0,35	0,37
Indeterminada 16	3			1,27	1,05	1,15	10	0,23	5,00	0,80	0,0010	0,06	0,36
<i>Senegalia</i> sp.		3		3,34	0,89	1,94	10	0,23	1,67	0,27	0,0038	0,21	0,24
<i>Aspidosperma multiflorum</i>	1		1	2,23	1,59	1,91	7	0,15	3,33	0,53	0,0020	0,11	0,26
<i>Eugenia flavescens</i>			2	2,86	1,91	2,39	7	0,15	1,67	0,27	0,0127	0,70	0,37
<i>Godmania dardanoi</i>		2		2,83	1,43	2,13	7	0,15	3,33	0,53	0,0026	0,14	0,28
Indeterminada 7			2	0,95	0,95	0,95	7	0,15	1,67	0,27	0,0005	0,03	0,15
Indeterminada 20		2		3,12	0,95	2,04	7	0,15	3,33	0,53	0,0028	0,15	0,28
Indeterminada 21			2	2,55	1,75	2,15	7	0,15	3,33	0,53	0,0186	1,02	0,57
<i>Schinopsis brasiliensis</i>		2		3,57	2,90	3,23	7	0,15	3,33	0,53	0,0055	0,30	0,33
<i>Aspidosperma pyriforme</i>			1	1,75	1,75	1,75	3	0,08	1,67	0,27	0,0008	0,04	0,13
Myrtaceae 1		1		1,91	1,91	1,91	3	0,08	1,67	0,27	0,0010	0,05	0,13
<i>Celtis iguanaea</i>	1			1,75	1,75	1,75	3	0,08	1,67	0,27	0,0008	0,04	0,13
Myrtaceae 5			1	3,06	3,06	3,06	3	0,08	1,67	0,27	0,0024	0,13	0,16
Myrtaceae 3	1			1,27	1,27	1,27	3	0,08	1,67	0,27	0,0004	0,02	0,12
Indeterminada 8			1	2,39	2,39	2,39	3	0,08	1,67	0,27	0,0053	0,29	0,21
Annonaceae 1			1	3,50	3,50	3,50	3	0,08	1,67	0,27	0,0032	0,18	0,17
<i>Psidium brownianum</i>		1		3,34	3,34	3,34	3	0,08	1,67	0,27	0,0029	0,16	0,17
<i>Zanthoxylum petiolare</i>	1			2,86	2,86	2,86	3	0,08	1,67	0,27	0,0021	0,12	0,15
TOTAL	450	534	319	-	-	-	4343	100	625,00	100	1,8207	100	100

Em que: DAB_(0,30m) = Diâmetro à altura da base a 30 cm do solo; DA = Densidade absoluta (ind.ha⁻¹); DR = Densidade relativa (%); FA = Frequência absoluta (%); FR = Frequência relativa (%); DoA = Dominância absoluta (m².ha⁻¹); DoR = Dominância relativa (%) e VI = Valor de importância (%).

Avaliando a estrutura fitossociológica da Encosta como um todo, tem-se que, *Senegalia polyphylla*, *Combretum glaucocarpum*, *Croton blanchetianus*, *C. limae* e *Myrcia*

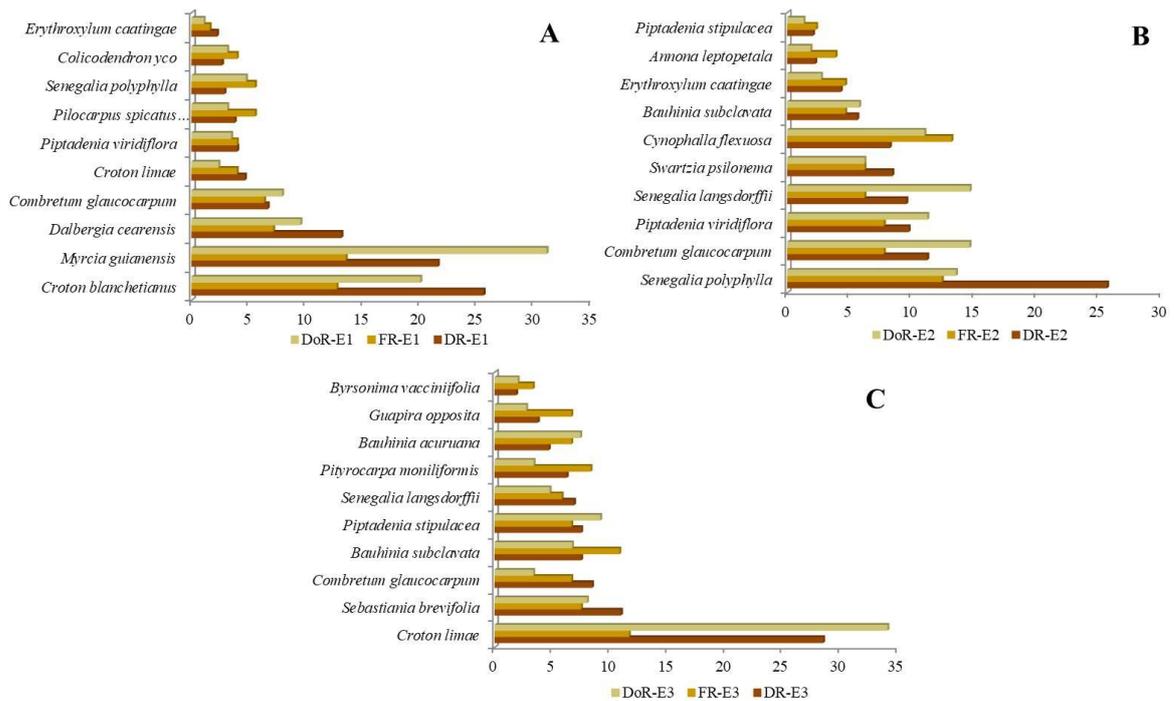
guianensis foram as espécies que apresentaram os maiores percentuais nos parâmetros avaliados (Figura 23). Juntas representam 46% de DR e 44% de DoR.

Figura 23. Espécies com maior densidade no ambiente Encosta, na região do Araripe, PE



O *C. limae* (marmeleiro branco) e *M. guianensis* (pimentinha do sertão) são arbustos lenhosos que naturalmente podem apresentar em suas respectivas populações indivíduos bastante bifurcados em forma de touceira e em consequência dessa característica autoecologia obtiveram valores de dominância elevados chegando a representar 11% cada, para o ambiente, ou seja, considerando as três áreas.

Figura 24. Espécies com maior valor densidade nas três áreas de Encosta, região do Araripe, PE



Na área E1, a *M. guianensis* representa mais de 31% da DoR e obteve uma alta densidade em comparação com as outras áreas da Encosta (Figura 24A).

A *S. polyphylla* (espinheiro preto) foi a espécie que apresentou o maior número de indivíduos na área E2 da Encosta, com percentual de mais de 25% de DR com relação as demais espécies ocorrentes nesta área (Figura 24B). Na E3, a espécie que obteve percentuais elevados de DR e DoR foi a *C. limae* (marmeleiro branco) obtendo 30 e 35%, respectivamente (Figura 24C).

3.2.3 Fitossociologia Chapada

Nas áreas do ambiente Chapada, as estimativas para estrutura horizontal do estrato regenerante obteve uma densidade de 7.390 ind.ha⁻¹, com uma dominância absoluta estimada em aproximadamente 3,18 m².ha⁻¹ (Tabela 6). Esse valor de dominância possui uma estimativa alta em comparação com os demais ambientes, isso se dá, principalmente, pelo soma das áreas basais dos indivíduos com alto grau de bifurcação. As espécies *Pilocarpus spicatus* subsp. *aracatensis* (pimentinha da serra), *Metrodorea mollis* (cundurú 1), *C. limae* e Myrtaceae 2 juntas somam mais de 43,7% de DoR das espécies em todo o ambiente (Figura 25).

Tabela 6. Estrutura fitossociológica da regeneração natural ordenadas por maior densidade, nas três áreas amostrais no ambiente Chapada na região do Araripe, PE

ESPÉCIE	Nº de ind.			DAB _(0,30m)			DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI
	C1	C2	C3	Máx	Mín	Méd							
<i>Pilocarpus spicatus</i> subsp. <i>aracatensis</i>	174	67		5,25	0,38	1,56	803	10,87	45,00	4,66	0,4255	13,37	9,64
<i>Croton limae</i>	181	23		3,95	0,57	1,94	680	9,20	36,67	3,80	0,3388	10,65	7,88
Myrtaceae 2			159	3,88	0,48	1,79	530	7,17	30,00	3,11	0,2666	8,38	6,22
<i>Ocotea nitida</i>			140	3,50	0,64	1,51	467	6,31	31,67	3,28	0,1081	3,40	4,33
<i>Guapira opposita</i>	105	24	7	5,57	0,64	1,98	453	6,13	56,67	5,87	0,1753	5,51	5,84
<i>Ocotea duckei</i>			118	3,50	0,64	1,51	393	5,32	33,33	3,45	0,0903	2,84	3,87
<i>Metrodorea mollis</i>	94	12		4,62	0,64	1,85	353	4,78	35,00	3,63	0,3610	11,35	6,59
<i>Trichilia elegans</i>		73		4,46	0,48	1,88	243	3,29	25,00	2,59	0,1060	3,33	3,07
<i>Miconia albicans</i>			73	4,46	0,64	1,73	243	3,29	25,00	2,59	0,0800	2,51	2,80
<i>Xylopia laevigata</i>			72	3,82	0,64	1,65	240	3,25	31,67	3,28	0,0739	2,32	2,95
<i>Myrcia splendens</i>			68	4,23	0,48	1,83	227	3,07	31,67	3,28	0,0781	2,45	2,93
Indeterminada 2			59	3,92	0,48	1,75	197	2,66	30,00	3,11	0,0577	1,81	2,53
<i>Ouratea parviflora</i>			54	3,82	0,64	1,67	180	2,44	25,00	2,59	0,0506	1,59	2,21
<i>Erythroxylum caatingae</i>	4	49		3,34	0,80	1,78	177	2,39	18,33	1,90	0,0564	1,77	2,02
<i>Matayba guianensis</i>			52	5,73	0,80	2,39	173	2,35	23,33	2,42	0,0966	3,04	2,60
Rubiaceae 1		51		5,41	0,64	1,96	170	2,30	10,00	1,04	0,0983	3,09	2,14
<i>Casearia commersoniana</i>			42	4,30	0,80	2,14	140	1,89	26,67	2,76	0,0637	2,00	2,22
<i>Colubrina cordifolia</i>	33	3		4,62	0,64	1,60	120	1,62	20,00	2,07	0,0318	1,00	1,57

Continua...

Tabela 6, continuação.

ESPÉCIE	Nº de ind.			DAB _(0,30m)			DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI
	C1	C2	C3	Máx	Mín	Méd							
<i>Byrsonima vacciniifolia</i>		28	6	3,34	0,67	1,58	113	1,53	18,33	1,90	0,0292	0,92	1,45
<i>Senegalia polyphylla</i>		33		3,50	0,48	1,48	110	1,49	16,67	1,73	0,0281	0,88	1,37
<i>Ocotea</i> sp.			29	3,18	0,80	2,02	97	1,31	15,00	1,55	0,0352	1,11	1,32
<i>Bauhinia subclavata</i>	2	26		3,82	0,48	1,60	93	1,26	10,00	1,04	0,0246	0,77	1,02
<i>Casearia grandiflora</i>			28	4,30	0,64	2,20	93	1,26	30,00	3,11	0,0484	1,52	1,96
<i>Annona leptopetala</i>	19	5		4,93	0,64	2,16	80	1,08	21,67	2,25	0,0460	1,45	1,59
<i>Swartzia flaemingii</i>	12	1	6	3,50	0,64	2,06	63	0,86	18,33	1,90	0,0243	0,76	1,17
<i>Psidium brownianum</i>		17		4,55	0,64	2,15	57	0,77	16,67	1,73	0,0266	0,84	1,11
<i>Zanthoxylum petiolare</i>	11		5	3,82	1,11	1,89	53	0,72	21,67	2,25	0,0186	0,58	1,18
<i>Balfourodendron molle</i>		15		3,66	0,64	1,96	50	0,68	16,67	1,73	0,0198	0,62	1,01
<i>Bauhinia acuruana</i>		14		3,34	0,64	1,26	47	0,63	8,33	0,86	0,0060	0,19	0,56
<i>Senegalia langsdorffii</i>		13		3,66	0,64	1,96	43	0,59	16,67	1,73	0,0155	0,49	0,93
<i>Dalbergia frutescens</i>		12		3,50	0,64	1,87	40	0,54	8,33	0,86	0,0150	0,47	0,63
<i>Erythroxylum</i> sp.	12			3,82	0,64	1,98	40	0,54	8,33	0,86	0,0201	0,63	0,68
<i>Maytenus distichophylla</i>			12	3,02	0,80	2,03	40	0,54	11,67	1,21	0,0217	0,68	0,81
<i>Poeppigia procera</i>		12		2,01	0,64	1,13	40	0,54	13,33	1,38	0,0045	0,14	0,69
Myrtaceae 5	8	3		3,12	1,11	2,15	37	0,50	8,33	0,86	0,0211	0,66	0,67
<i>Myrcia guianensis</i>	7	3	1	3,50	1,11	1,93	37	0,50	13,33	1,38	0,0168	0,53	0,80
<i>Erythroxylum barbatum</i>	2	2	6	4,77	1,27	2,51	33	0,45	11,67	1,21	0,0179	0,56	0,74
Indeterminada 5			10	3,02	1,11	2,32	33	0,45	6,67	0,69	0,0148	0,47	0,54
<i>Casearia</i> sp.		10		3,50	0,80	1,94	33	0,45	8,33	0,86	0,0115	0,36	0,56
<i>Zanthoxylum gardneri</i>	7		2	2,86	0,95	1,79	30	0,41	10,00	1,04	0,0113	0,36	0,60
<i>Trichilia emarginata</i>		7	1	3,02	0,80	1,95	27	0,36	5,00	0,52	0,0114	0,36	0,41
<i>Copaifera coriacea</i>			7	1,97	0,48	1,24	23	0,32	6,67	0,69	0,0032	0,10	0,37
<i>Eugenia flavescens</i>	5	1		3,82	0,95	2,15	20	0,27	8,33	0,86	0,0141	0,44	0,53
<i>Piptadenia viridiflora</i>	5			3,34	0,80	1,94	17	0,23	5,00	0,52	0,0057	0,18	0,31
<i>Roupala montana</i>			5	2,07	0,80	1,53	17	0,23	3,33	0,35	0,0033	0,10	0,23
<i>Senna cearensis</i>	4	1		2,55	0,80	1,75	17	0,23	6,67	0,69	0,0046	0,14	0,35
<i>Stryphnodendron</i> sp.		3	2	2,39	0,64	1,23	17	0,23	8,33	0,86	0,0031	0,10	0,40
<i>Xylosma prockia</i>		5		3,66	0,95	2,61	17	0,23	6,67	0,69	0,0100	0,31	0,41
Indeterminada 3	4			2,55	0,95	1,86	13	0,18	3,33	0,35	0,0055	0,17	0,23
<i>Simarouba amara</i>			4	2,23	1,27	1,75	13	0,18	3,33	0,35	0,0033	0,11	0,21
<i>Vismia guianensis</i>			4	3,18	1,91	2,59	13	0,18	3,33	0,35	0,0072	0,23	0,25
<i>Zanthoxylum hamadryadicum</i>	4			3,66	1,11	2,11	13	0,18	6,67	0,69	0,0098	0,31	0,39
<i>Zanthoxylum monogynum</i>		4		1,43	0,95	1,23	13	0,18	3,33	0,35	0,0016	0,05	0,19
Indeterminada 1			3	1,43	0,95	1,22	10	0,14	3,33	0,35	0,0012	0,04	0,17
<i>Combretum glaucocarpum</i>	2	1		3,02	1,11	1,91	10	0,14	3,33	0,35	0,0034	0,11	0,20
Indeterminada 10		3		2,86	1,27	1,87	10	0,14	5,00	0,52	0,0034	0,11	0,25
<i>Coutarea hexandra</i>	2			2,39	1,43	1,91	7	0,09	3,33	0,35	0,0020	0,06	0,17
<i>Handroanthus impetiginosus</i>		2		7,10	1,43	4,27	7	0,09	3,33	0,35	0,0137	0,43	0,29
<i>Jacaranda jasminoides</i>	1	1		3,02	0,95	1,78	7	0,09	3,33	0,35	0,0098	0,31	0,25
<i>Maprounea guianensis</i>		2		2,55	0,95	1,54	7	0,09	3,33	0,35	0,0026	0,08	0,17
Myrtaceae 5	2			1,75	1,27	1,46	7	0,09	1,67	0,17	0,0066	0,21	0,16
Myrtaceae 6		2		0,95	0,80	0,88	7	0,09	1,67	0,17	0,0004	0,01	0,09
Indeterminada 22	2			2,23	1,11	1,67	7	0,09	3,33	0,35	0,0016	0,05	0,16
<i>Parkia platycephala</i>			2	1,27	1,11	1,19	7	0,09	1,67	0,17	0,0007	0,02	0,10

Continua...

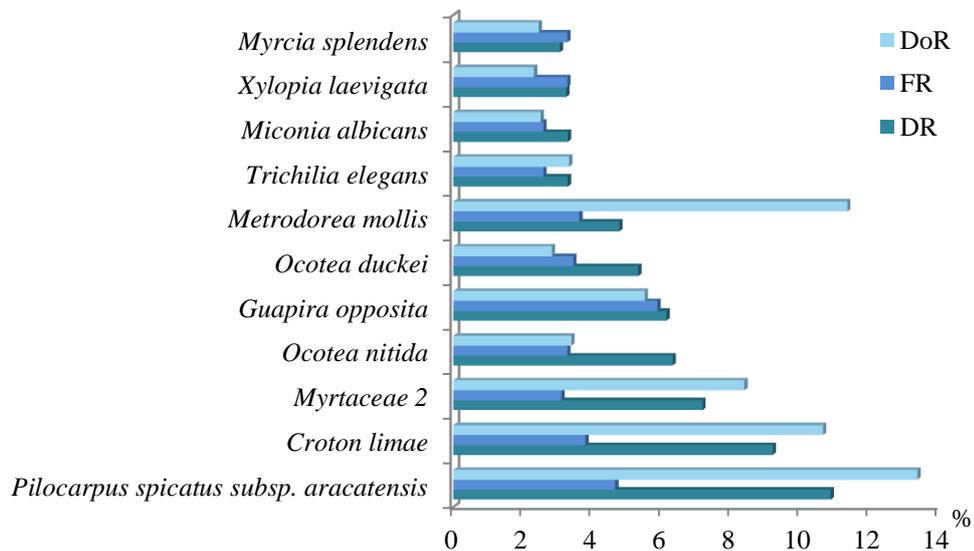
Tabela 6, continuação.

ESPÉCIE	Nº de ind.			DAB _(0,30m)			DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI
	C1	C2	C3	Máx	Mín	Méd							
<i>Senna splendida</i>	2			1,59	1,27	1,43	7	0,09	3,33	0,35	0,0011	0,03	0,16
<i>Zanthoxylum</i> sp.			2	3,50	1,43	2,67	7	0,09	3,33	0,35	0,0049	0,15	0,20
<i>Anacardium</i> sp.			1	2,13	2,13	2,13	3	0,05	1,67	0,17	0,0012	0,04	0,09
<i>Casearia silvestris</i>	1			2,29	1,27	1,77	3	0,05	1,67	0,17	0,0056	0,18	0,13
<i>Cordia bicolor</i>	1			2,23	2,23	2,23	3	0,05	1,67	0,17	0,0013	0,04	0,09
Indeterminada 6		1		2,23	2,23	2,23	3	0,05	1,67	0,17	0,0013	0,04	0,09
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>		1		2,55	2,55	2,55	3	0,05	1,67	0,17	0,0017	0,05	0,09
<i>Ximения americana</i>			1	0,95	0,95	0,95	3	0,05	1,67	0,17	0,0002	0,01	0,08
TOTAL	705	527	985	-	-	-	7390	100	965	100	3,1812	100	100

Em que: DAB_(0,30m) = Diâmetro à altura da base a 30 cm do solo; DA = Densidade absoluta (ind.ha⁻¹); DR = Densidade relativa (%); FA = Frequência absoluta (%); FR = Frequência relativa (%); DoA = Dominância absoluta (m².ha⁻¹); DoR = Dominância relativa (%) e VI = Valor de importância (%).

Dentre as espécies com maior densidade no ambiente de Chapada a Myrtaceae 2, *Ocotea nitida* e *O. duckey* ocorreram apenas no área C3. A *P. spicatus* subsp. *aracatensis*, e *C. limae* nas áreas C1 e C2 e a *Guapira opposita* nas três áreas. Estas observações podem contribuir nas escolhas de espécies para planos de recuperação em áreas com características fitofisionômicas e de altitudes semelhantes.

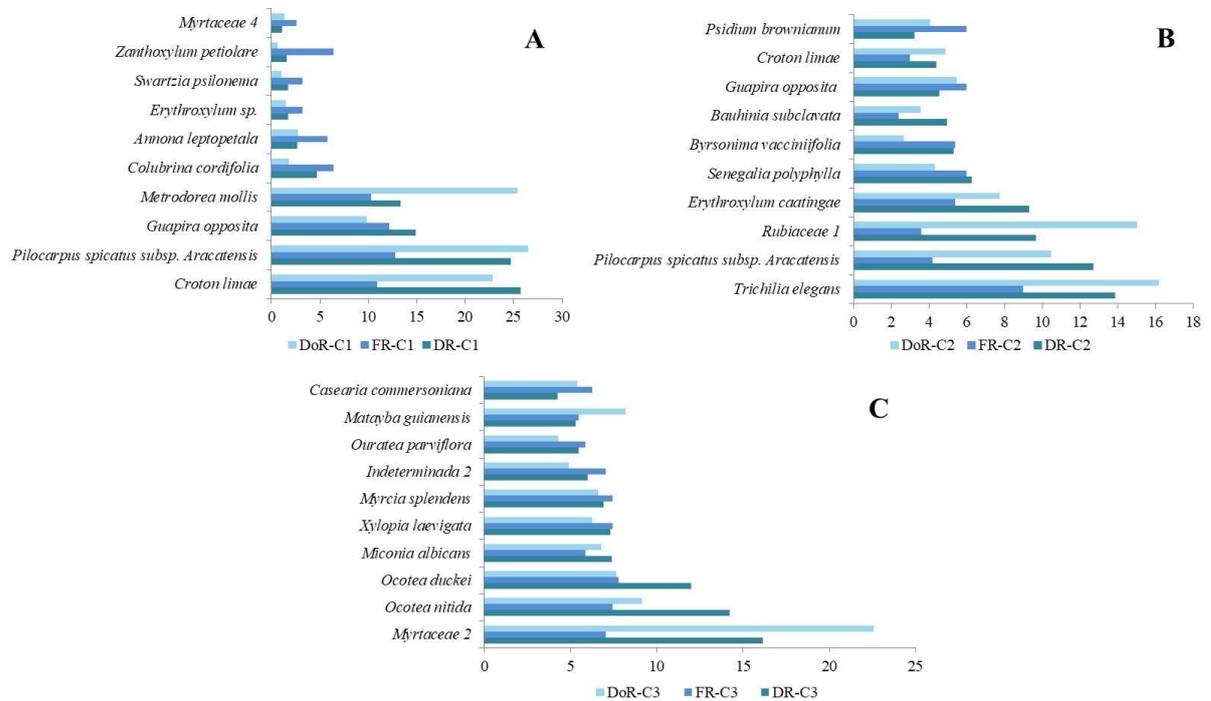
Figura 25. Espécies com maior densidade no ambiente Chapada, na região do Araripe, PE



Avaliando as três áreas de Chapada, separadamente, obtém-se que, na C1 as espécies *C. limae* e *Pilocarpus spicatus* subsp. *aracatensis* tiveram os maiores percentuais de DR (26 e 25%) e DoR (22 e 26%), além disso, a *M. mollis*, mesmo com a metade de número de indivíduos da e *P. spicatus* subsp. *aracatensis*, obteve um percentual de mais de 25% de DoR (Figura 26A). Na C2 a Maria preta (Rutaceae), *P. spicatus* subsp. *aracatensis*, Ni 12 (Rubiaceae) e *Erythroxylum caatingae* somam mais de 45% de DR e quase 50% de DoR

(Figura 26B). Na C3 a Myrtaceae 2 foi destaque com mais de 22% de DoR e a espécie que apresentou o maior número de indivíduos (Figura 26C).

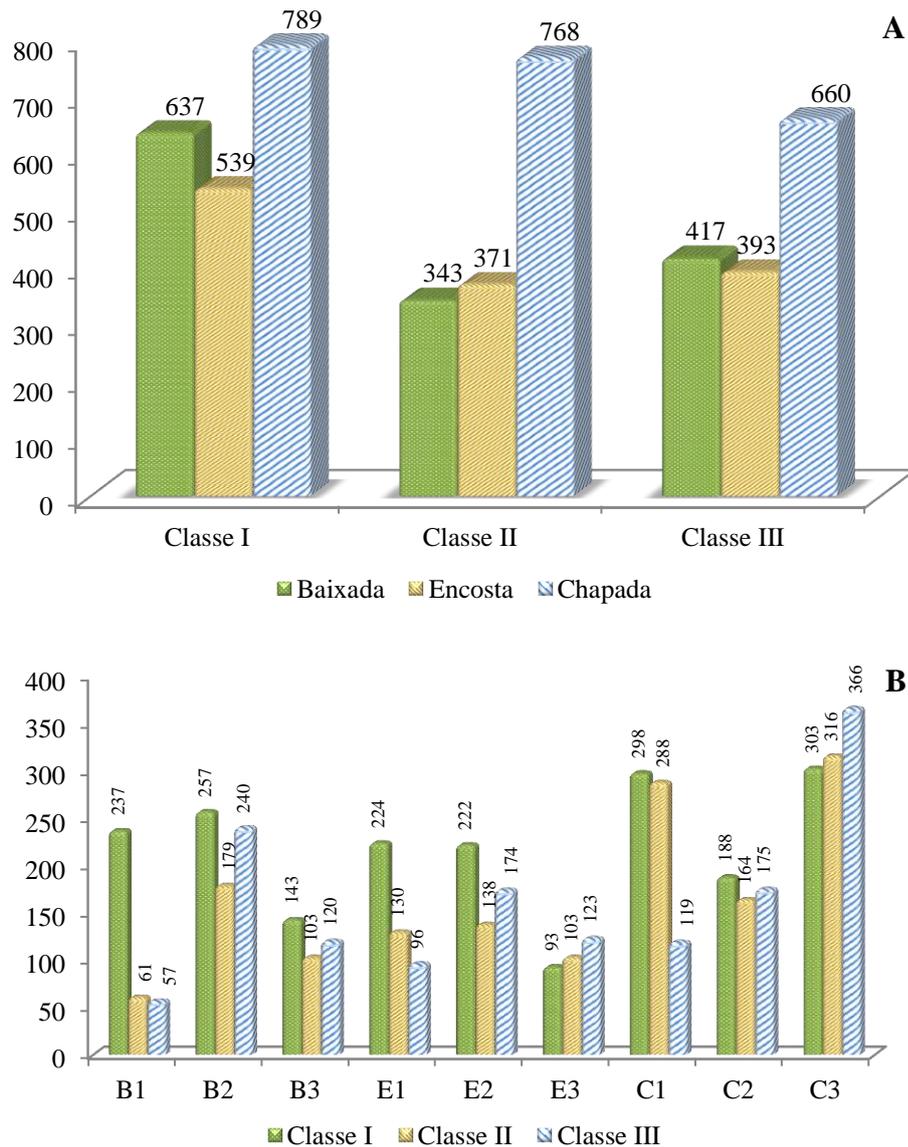
Figura 26. Espécies com maior valor densidade nas três áreas da Chapada, região do Araripe, PE



3.3 ESTRUTURA DA REGENERAÇÃO NATURAL

O número de indivíduos por classe de altura da regeneração natural para cada ambiente estudado e cada área dentro dos ambientes estão plotados na Figura 27. De um modo geral, nos três ambientes, a classe I apresenta maior quantidade de indivíduos para os três ambientes estudados. Essa diferença está associada a características estruturais das diferentes fitofisionomias estudadas. Percebe-se que nas áreas de Baixada, 45,6% dos indivíduos possuem alturas de no máximo 2 m. Para as áreas de Chapada, as três classes de altura possuem proporção semelhante de indivíduos (Figura 27A).

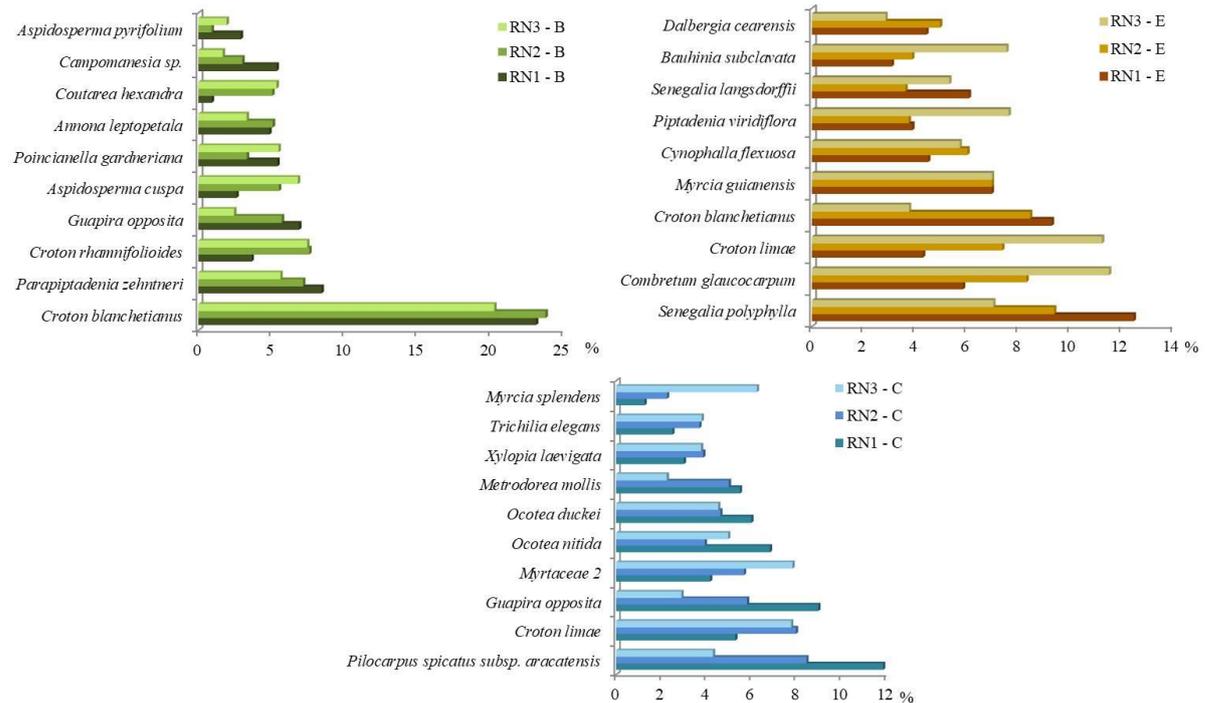
Figura 27. Número de indivíduos distribuídos nas três classes de altura da regeneração natural nos respectivos ambientes (A) e áreas (B) na região do Araripe, PE



Numa escala mais específica, avaliando cada área de estudo, obtêm-se que na B1 67% dos indivíduos da comunidade possui altura máxima de dois metros. Na Encosta, a E1 também tem altura máxima de 2 m predominante, representando cerca de 47% das alturas dos indivíduos inventariados. Na Chapada, a área C1 apenas 17% da comunidade possui altura igual ou maior que três metros. Ou seja, esta comunidade apresenta em sua maioria indivíduos de porte baixo com até 3 m de altura.

Em nível de população, as espécies com as maiores estimativas da regeneração natural por classe de altura estão dispostas na Figura 28 separadas por ambiente englobando as três áreas de estudo. Para cada ambiente, as 10 espécies representam, 51,5, 64,3 e 63,8% da estimativa da regeneração natural total, respectivamente. As estimativas de todas as espécies estão apresentadas nos Apêndices 1, 2 E 3.

Figura 28. Espécies com maiores índices de Regeneração Natural Total (RNT) referente às classes de altura nos três ambientes (A, B e C), região do Araripe, PE



Na Baixada, o *Croton blanchetianus* obteve os maiores percentuais dos parâmetros relacionados (DR e FR) para as diferentes classes de altura (I, II e III), obtendo em média um percentual de 22% de RNT. Esta espécie se sobressai no ambiente, com característica de população colonizadora com muitos indivíduos nas três classes, com amplitude de variação de alturas ($H_{\min} = 1,1$ m; $H_{\max} = 7,0$ m e $H_{\text{méd}} = 3,1$ m). A *Parapiptadenia zehntneri* teve estimativa de RNT de 7%, aproximadamente 15% a menos que o *C. blanchetianus* (Figura 28A).

Na Encosta, as espécies apresentaram estimativas variadas dentro das classes de altura, por ordem de classificação do maior valor de RNT, a *Senegalia polyphylla* obteve maior percentual na classe I e RNT de 9,6%. As espécies, *Combretum glaucocarpum* e *Croton limae* em contra partida possuem maiores estimativas na classe III com RN3 de aproximadamente 11,5% para cada, ou seja, a maioria dos indivíduos possuem $H > 3,0$ m (Figura 28B).

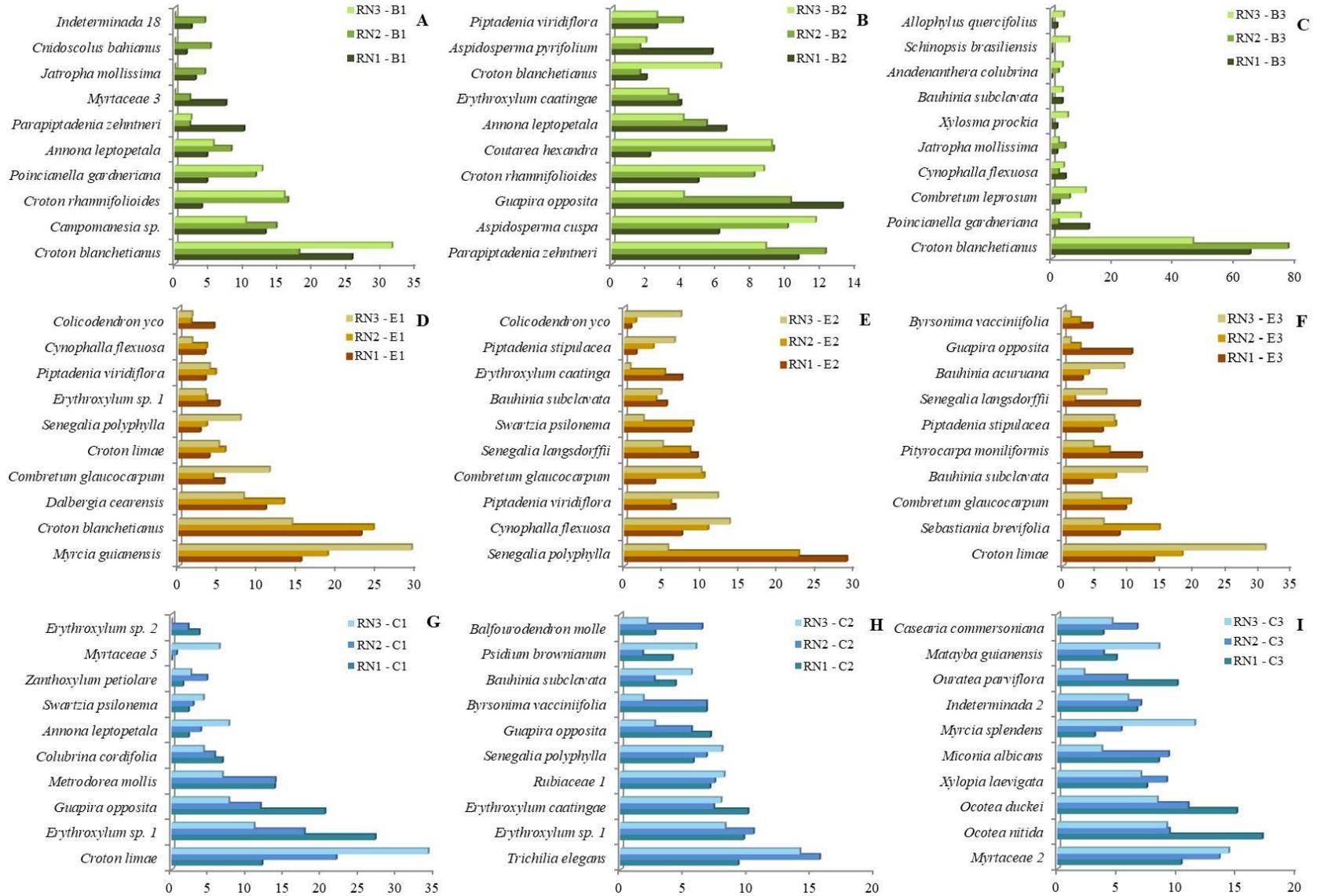
Nas áreas de Chapada, as espécies *Pilocarpus spicatus* subsp. *aracatensis* e *Guapira opposita* apresentam maiores percentuais nos parâmetros da regeneração natural da classe I de altura, com alta densidade de indivíduos de até 2 m. Por sua vez a população da *Myrcia splendens* está representada por sua maioria de indivíduos com alturas maior que 3,0 m, com amplitude de variação de ($H_{\min} = 1,2$ m; $H_{\max} = 7,0$ m e $H_{\text{méd}} = 3,8$ m) (Figura 28C). Para Alves Júnior et al. (2013), a menor quantidade no número de indivíduos das menores classes pode ser explicada pelo fato de ser mais suscetível a mortalidade e ao ingresso, quando a

variação no número de indivíduos das classes maiores ocorre pelo o fato de os indivíduos mudarem de classe.

Avaliando a estrutura da regeneração nas classes de altura nas nove áreas em separado, pode-se constata que o *Croton blanchetianus* apresentou maior percentual de indivíduos na classe III, para as áreas B1 e B2 e para classe II nas áreas B3 e E1 (Figura 29). Essa espécie possui características colonizadora nas diferentes comunidades e níveis elevados de DA e porte hipsométrico, fazendo-se um organismo interessante para maior investigação autoecológica.

A medida que vai aumentado o gradiente altitudinal, outras espécies mostram-se mais eficientes no processo de colonização das comunidades regenerantes a exemplo do *Croton limae* nas áreas E3 e C1, *Myrcia guianensis* (E1), *Senegalia polyphylla* (E2), *Trichila elegans* na C2 e Myrtaceae 2 na C3 (Figura 29).

Figura 29. Espécies com maior RNT nas nove áreas de estudos dos ambientes de Baixada (A, B e C), Encosta (D, E e F) e Chapada (G, H e I), na região do Araripe, PE



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas estratificadas nos ambientes de Baixada, Encosta e Chapada representam uma variabilidade florística e estrutural de fitofisionomias vegetais características de florestas secas ou sazonalmente secas inseridas no semiárido Pernambucano com alta riqueza de espécies arbustiva-arbórea da regeneração natural dessas comunidades.

A área denominada de C3, no município de Exú-PE, configura-se como ecótono dos biomas Cerrado-Caatinga com alta dissimilaridade florística e estrutura das diversas tipologias florestais encontradas na região.

No geral, ao que tange a variação altitudinal foi possível observar que ainda é pouco conclusivo a influência das variáveis topográficas nos ambientes naturais (florestais) em diversos contextos fitofissionômicos, principalmente quando essa variável é analisada de forma isolada. Todavia, quando associada a outras características e condições ambientais e microclimáticas, a topográfica pode ser um preditor das condições estruturais das comunidades florestais, pois a variação altitudinal pode afetar as condições, a nível local, de textura e fertilidade mineral do solo, disponibilidade hídrica, umidade do solo e atmosférica. Portanto, as associações de habitat das espécies só podem conduzir à coexistência das mesmas se forem feita análises multivariadas para que contemplem uma gama de atributos ambientais dos ecossistemas estudados.

5 REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES JUNIOR, F. T.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; MARANGON, L. C.; CESPEDES, G. H. G. Regeneração natural de uma área de caatinga no sertão pernambucano, nordeste do Brasil. **Revista Cerne**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 229-235, 2013.
- APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 1–20, 2016.
- BUCKLEY, H. L.; CASE, B. S.; ELLISON, A. M. Using codispersion analysis to characterize spatial patterns in species co- occurrences. **Ecology**, v. 97, n. 1, p. 32–39, 2016.
- BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology**. 2. ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 1984. 226p.
- BUCKLEY, H. L.; CASE, B. S.; ELLISON, A. M. Using codispersion analysis to characterize spatial patterns in species co- occurrences. **Ecology**, v. 97, n; 1, p. 32–39, 2016.
- CASTELLETI, C. H. M. Quanto ainda resta da caatinga? Uma estimativa preliminar. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Ed.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife, PE: UFPE, 2003. p. 719-734.
- CHEN, J. M.; CHEN, X.; JU, W. Effects of vegetation heterogeneity and surface topography on spatial scaling of net primary productivity. **Biogeosciences**, v. 10, p. 4879–4896, 2013.
- COSTA, I. R.; ARAUJO, F. S.; LIMA-VERDE, L. W. Flora e aspectos auto-ecológicos de um enclave de Cerrado na chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v.18, n. 4, p. 759-770, 2004.
- COSTA, M. B.; MENEZES, L. F.; NASCIMENTO, M. T. Post-fire regeneration in seasonally dry tropical forest fragments in southeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n.4, p. 2687-2695, 2017.
- CUNHA, J. E. A. Estrutura da Paisagem em Ambientes com Diferentes Altitudes no Semiárido Pernambucano. 2017. 101f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- DALMASO, C. A.; INOUE, M. T.; OLIVEIRA FILHO, P. C.; MARCELINO, V. R. Padrões espaciais na regeneração de *Ocotea odorifera* na floresta nacional de Irati, PR. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v. 43, n. 2, p. 301-312, 2013.
- DU, Y; MI, X; LIU, X; CHEN, L; MA, K. Seed dispersal phenology and dispersal syndromes in a subtropical broad-leaved forest of China. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 7, p. 1147-1152, 2009.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Zoneamento **Agroecológico de Pernambuco – ZAPE**. Recife, PE: Embrapa Solos, UEP Recife, 2004.

FABRICANTE, J. R.; ANDRADE, L. A. Análise estrutural de um remanescente de Caatinga no Seridó paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 341-349, 2007.

FERRAZ, E. M. N.; RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PEREIRA, R. C. A. Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. **Revista brasileira de Botânica**, São Paulo, v.21, n.1, p.7-15, 1998.

FINOL, U. V. H. Nuevos parametros a considerarse en el análisis estructural de las selvas virgenes tropicales. **Rev. For. Venezolana**, Mérida, v. 14, n. 21, p. 29-42, 1971.

GADELHA, F. H. L. **Desempenho silvicultural e avaliação econômica de clones híbridos de eucaliptos plantados em diferentes regimes de manejo para fins energéticos**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2014. 147 f.

GARCIA, C. C. et al. Regeneração natural de espécies arbóreas em fragmento de floresta estacional semidecidual montana, no domínio da Mata Atlântica, em Viçosa, MG. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, MG, v. 21, n. 4, p. 677-688, 2011.

GOMES, V. G. N.; QUIRINO, Z. G. M. Síndromes de dispersão de espécies vegetais no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 09, n. 4, p. 1157-1167, 2016.

GRIZ, L. M. S.; MACHADO, I. C. S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal Tropical Ecology**. v. 17, p. 303-321, 2001.

GRUBA, P.; SOCHA, J.; BŁOŃSKA, E.; LASOTA, J. Effect of variable soil texture, metal saturation of soil organic matter (SOM) and tree species composition on spatial distribution of SOM in forest soils in Poland. **Science of the Total Environment**, v. 522, p. 90–100, 2015.

HOWE, H. F. Making dispersal syndromes and networks useful in tropical conservation and restoration. **Global Ecology and Conservation**, v. 6, p. 152–178, 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Série Manuais Técnicos em Geociências 1, 2ª edição revista e ampliada. Rio de Janeiro: IBGE, 2012, 271p.

KÖPPEN, W. P. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

KROSCHEL, W. A.; KING, S. L.; KEIM, R. F. Tree Regeneration by Seed in Bottomland Hardwood Forests: A Review

LAMPRECHT, H. Ensayo sobre la estructura florística de la parte su-oriental de los bosque universitario “El aimital”, Estado Barinas. **Rev. For. Venezolana**, v. 7, n. 10/11, p. 77-119, 1964.

LAN, G.; HU, Y.; CAO, M.; ZHU, H. Topography related spatial distribution of dominant tree species in a tropical seasonal rain forest in China. **Forest Ecology and Management**, v. 262, p. 1507–1513, 2011.

- LAW, R.; ILLIAN, J.; BURSLEM, D. F. R. P.; GRATZER, G.; GUNATILLEKE, C. V. S.; GUNATILLEKE, I. Ecological information from spatial patterns of plants: insights from point process theory. **Journal of Ecology**, v. 97, n. 4, p. 616 - 628, 2009.
- LOPES, H. L. **Modelagem de parâmetros biofísicos para avaliação de riscos à desertificação**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Informação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2005. 101 p.
- MAGURRAN, A. E. Ecological diversity and its measurement. London: **CroomHelm**, 179p., 1988.
- MARANGON, L. C.; SOARES, J. J.; FELICIANO, A. L. P.; BRANDÃO, C. F. L. S. Regeneração natural em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 1, p. 183-191, 2008.
- MANTOVANI, M. et al. Diversidade de espécies e estrutura sucessional de uma formação secundária da floresta ombrófila densa. **Scientia Forestalis**, n. 67, p. 14-26, 2005.
- MAZA-VILLALOBOS, S.; BALVANERA, P.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Early Regeneration of Tropical Dry Forest from Abandoned Pastures: Contrasting Chronosequence and Dynamic Approaches. **Biotropica**, v. 43, n. 6, p. 666–675, 2011.
- McGUINNES, W. G.; The relationship between frequency index and abundance as applied to plant populations in a semiarid region. **Ecology**, v. 15, n. 3, p. 263-282, 1934.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Região do Araripe: Diagnóstico Florestal**. Pernambuco, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente / Secretaria de Ciência e Tecnologia e Meio Ambiente. Brasília-DF, 2007.
- MÜELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods for vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547p.
- NASCIMENTO, F. H. F.; GIULIETTI, A. M.; QUEIROZ, L. P. Diversidade arbórea das florestas alto montanas no Sul da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Acta Botânica Basílica**, v. 24, n. 3, p. 674-685, 2010.
- NOGUCHI, D. K.; NUNES, G. P.; SARTORI, A. L. B. Florística e síndromes de dispersão de espécies arbóreas em remanescentes de Chaco de Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, p. 353-365, 2009.
- OLIVEIRA, E.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; LUCIA, R. M. D.; LADEIRA, A. M. M.; CARNEIRO, A. C. O. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n. 2, p.311-318, 2006.
- PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A.; COSTA, J. R. M.; DIAS, J. M. Regeneração natural em um remanescente de Caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. **Acta Botanica Brasílica**, v. 15, n. 3, p. 413-426, 2001.
- PIELOU, E. C. **Ecological diversity**. New York: John Wiley, 1975, 165p.
- PIJL, L. Van Der. **Principles of dispersal in higher plants**. Springer-Verlag, New York, 1982. 162p.

RICKLEFS, ROBERT. E. **A economia da natureza**. 6ª edição. Trad. Lima-e-Silva, Pedro P. Rio de Janeiro. Ed. Guanabara Koogan, 2011.

ROCHA, P. L. B.; QUEIROZ, L. P.; PIRANI, J. R. Plant species and habitat structure in a sand dune field in the Brazilian Caatinga: a homogeneous habitat harbouring an endemic biota. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 739-755, 2004.

SILVA, M. A. M.; FERREIRA, W. N.; MACÊDO, M. J. F.; SILVA, M. A. P.; SOUZA, M. M. A. Composição florística e características ecológicas de um cerradão em Nova Olinda, CE. *Caderno de Cultura e Ciência*, v.14, n.1, 2015.

SILVA, M. C. N. A.; RODAL, M. J. N. Padrões das síndromes de dispersão de plantas em áreas com diferentes graus de pluviosidade, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, p. 1040-1047, 2009.

SOARES, C. P.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2ª Ed. Viçosa-MG: Editora UFV, 2011. 276p.

SOUZA, A. L.; SOARES, C. P. B. **Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. Viçosa-MG: Editora UFV, 2013. 322p.

VARGAS, P.; HELENO, R.; TRAVESET, A.; NOGALES, M. Colonization of the Galápagos Islands by plants with no specific syndromes for long-distance dispersal: a new perspective. **Ecography**, v.35, n.1, p. 33-43, 2012.

CAPÍTULO II

RELAÇÃO SOLO/VEGETAÇÃO DO ESTRATO REGENERANTE EM ÁREAS COM DIFERENTES ALTITUDES NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

1 INTRODUÇÃO

A intensificação das atividades humanas vem provocando grandes perturbações no solo, que é um recurso não renovável, e está cada vez mais sob pressão ambiental (GRIFFITHS; PHILIPPOT, 2013), pela abrangência de funções que desempenha e pela pressão antrópica cada vez maior, torna-se importante diferenciar o solo em função da atividade exercida sobre esse, apresentando as especificidades geradas pelos diferentes manejos e tipos de coberturas. Dessa forma, costumam-se adotar diferentes denominações como solos agrícolas, solos florestais e solos urbanos (ROVEDDER et al., 2013).

Essas alterações de uso e ocupação da terra podem modificar as propriedades do solo, mas pouco se sabe sobre sua resiliência (AYALA-OROZCO et al., 2017). Em todo o mundo, os solos estão sendo degradados através de processos de erosão, anaerobiose, salinização, compactação e desequilíbrio de nutrientes. A proteção e o aprimoramento da qualidade do solo devem ser fundamentais para a conservação e proteção dos agroecossistemas e dos fragmentos florestais.

Nesse processo, o solo é um elemento imprescindível à formação e manutenção dos sistemas vivos. Pode-se afirmar que, sem algumas de suas características, não haveria a possibilidade de vida no planeta (ROVEDDER et al., 2013). A qualidade do solo seria definida em termos de propriedades e processos físicos, químicos e biológicos e medida de acordo com algum padrão definível para determinar se um solo está sendo melhorado (enriquecido) ou degradado.

Para tanto, avaliar as habilidades relativas das medidas de diversidade *versus* características para explicar os processos ecossistêmicos é importante para entendimento teórico e para os esforços em modelar ou gerenciar os ambientes florestais (BECKNELL; POWERS, 2014) a partir de uma ótica ecossistêmica e das relações abrangentes às comunidades vegetais e suas interações entre os meios biótico e abiótico. A temperatura média anual e a precipitação média anual não são os únicos fatores que afetam o crescimento e a reprodução das plantas e não funcionam independentemente, todavia, essas variáveis podem ser parcialmente mediadas pelo seu efeito na demanda por evaporação e, portanto, na disponibilidade de água (MOLES et al., 2014), o que está diretamente ligado às relações biogeoquímicas que favorecem o desenvolvimento de comunidades florestais.

As florestas tropicais abrigam alguns dos solos mais biogeoquimicamente heterogêneos do que qualquer outro ecossistema terrestre, porém os estudos sobre a função das propriedades biológicas, ecológicas e estruturais ainda sejam incipientes nestes ambientes (BECKLUND et al., 2016). Nas florestas tropicais secas essa realidade está

atrelada a uma redução significativa dos ambientes naturais que chegam a, pelo menos, 60% após a expansão da fronteira agrícola, pecuária e da exploração dos recursos madeireiros (AYALA-OROZCO et al., 2017). Apesar de sua prevalência geográfica, esses tipos de florestas tropicais são pouco estudados e sua capacidade de fornecer valiosos serviços ecossistêmicos, tais como, sequestro e estoque de C, proteção de bacias hidrográficas e manutenção da biodiversidade (MARÍN-SPIOTTA; SHARMA, 2013).

Consequente aos efeitos da dinâmica dos diferentes usos da terra e sua instabilidade, muitas regiões tropicais estão experimentando aumentos na regeneração de florestas secundárias, impulsionadas pelo abandono generalizado da agricultura intensiva (MARÍN-SPIOTTA; SHARMA, 2013). E os esforços para entender todo o mecanismo da dinâmica e resiliência desses ambientes tornam-se cruciais para melhorar as previsões dos efeitos atuais e futuros das mudanças das propriedades e qualidade do solo que sustentam esses ecossistemas.

Nesse contexto, segundo Pulla et al. (2016), a recuperação das propriedades vegetais, como a riqueza e diversidade de espécies de plantas, a estrutura da vegetação e a biomassa aérea, são parâmetros que auxiliam a compreensão dos diferentes graus de perturbação dos solos, eles mostram, em geral, baixa resistência, mas altas taxas de recuperação após a cessação da perturbação.

Os efeitos da variação ambiental e do histórico de perturbações na biomassa florestal podem ser diretos ou indiretos, mediados pela composição da comunidade e distribuições das espécies. Um exemplo disso é que as propriedades do solo podem inferir diretamente no crescimento e na produtividade das árvores. Alternativamente, os solos, juntamente com outros fatores ambientais e ecossistêmicos, podem influenciar quais espécies conseguem se estabelecer em um local e, conseqüentemente, quais características funcionais estarão presentes na comunidade (BECKNELL; POWERS, 2014).

A alta variabilidade da maioria das propriedades biológicas e físicas do solo dentro de uma cobertura de terra pode explicar sua aparente resistência. Uma abordagem que avalie a substituição espaço-por-tempo pode ter capacidade limitada para avaliar a resiliência de propriedades de ecossistemas altamente variáveis e enfatizar a importância de abordagens espacialmente explícitas para desvendar a variabilidade dentro do local (WARING et al., 2016; AYALA-OROZCO et al., 2017).

Para tanto, o objetivo deste capítulo é correlacionar a vegetação regenerante em áreas com diferentes altitudes aos atributos químicos do solo na microrregião do Araripe, PE.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 COLETA E ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

Para as coletas de solos das nove áreas de estudo nos ambientes de Baixada, Encosta e Chapada foram extraídas três amostras simples para formar uma composta, numa profundidade de 0-20 cm dentro das parcelas da regeneração natural (10 x 5 m). Em cada área foram coletados solos de 10 parcelas, totalizando 90 amostras.

As análises foram realizadas de acordo com a metodologia da Embrapa (2011). Os cátions trocáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} foram extraídos com KCl $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ e dosados por titulometria. O P e K^{+} foram extraídos com Mehlich-1, sendo P dosado por espectrofotometria de luz visível e K^{+} por fotometria de chama. A acidez potencial ($\text{H}+\text{Al}$) foi extraída com acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ e dosada por titulometria. Com os resultados dessas análises químicas, calculou-se a soma de bases (SB), a saturação por bases (V), a saturação por Al (m), a capacidade de troca de cátions (CTC).

Também foram determinados o N total, via digestão sulfúrica e determinado por destilação e titulação pelo método Kjeldahl (TEDESCO et al.,1995), além do C orgânico total, pelo método do dicromato de potássio conforme. Foi utilizado o fator de “Van Bemmelen”, 1,724, para conversão do C orgânico total em matéria orgânica.

2.2 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram submetidos à análise da variância utilizando-se o teste de F ao nível de 5% de probabilidade. Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando-se o software SISVAR® versão 5.6.

A análise de correspondência entre descritores da regeneração natural (composição florística e coordenadas principais), com as variáveis ambientais (atributos químicos do solo), foi realizada através da análise canônica (ver BRAAK, 1986). Numa análise multivariada, os descritores funcionam como variáveis dependentes, e as variáveis ambientais como variáveis independentes.

Para calcular o coeficiente de correlação linear de Pearson entre as variáveis foi utilizado o software PC_ORD o que serviu para destacar as variáveis mais correlacionadas na multivariada e que pudessem gerar mais resíduo na análise dos dados. Com isso, foram retiradas as variáveis que apresentaram uma alta correlação entre si, igual ou maior que 0,9. Portanto, soma de bases (SB) que teve alta correlação com Ca^{2+} e Mg^{2+} , acidez potencial

(H+Al) e saturação por alumínio (m), altamente correlacionados com Al^{3+} e saturação por bases (V) com N e Ca^{2+} (Tabela 1).

Tabela 1. Matriz de Coeficiente de Correlação Linear de Pearson entre as variáveis ambientais/atributos químicos do solo e a regeneração natural das áreas em gradientes topográficos na região do Araripe, PE

	Riq	Alt	Ni	G	C	N	P	pH	K	Na	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	m	Umid	
Riq	0,10																			
Alt	0,41	0,10																		
Ni	0,64	0,20	0,10																	
G	0,42	0,28	0,67	0,10																
C	0,23	-0,56	0,19	-0,15	0,10															
N	0,22	0,27	0,19	0,10	0,83	0,10														
P	-0,36	-0,37	-0,41	-0,49	0,35	0,20	0,10													
pH	-0,17	-0,26	-0,15	-0,14	0,42	0,36	0,27	0,10												
K	-0,47	-0,31	-0,36	-0,31	0,16	0,19	0,49	0,58	0,10											
Na	-0,46	-0,13	-0,25	-0,71	0,48	0,41	0,40	0,74	0,33	0,10										
Al	0,43	0,30	0,37	0,27	0,30	0,33	-0,52	-0,62	-0,45	0,37	0,10									
Ca	-0,37	-0,33	-0,31	-0,24	0,37	0,40	0,39	0,87	0,81	0,29	-0,58	0,10								
Mg	-0,32	-0,44	-0,25	-0,15	0,34	0,33	0,37	0,77	0,78	0,38	-0,48	0,90	0,10							
H+Al	0,29	0,19	0,25	0,19	0,16	0,22	-0,44	-0,65	-0,40	0,41	0,85	-0,53	-0,44	0,10						
SB	-0,37	-0,35	-0,31	-0,23	0,36	0,39	0,39	0,86	0,83	0,31	-0,57	0,99	0,93	-0,52	0,10					
CTC	-0,11	-0,21	-0,94	-0,71	0,58	0,65	0,39	0,37	0,54	0,72	0,17	0,60	0,62	0,34	0,62	0,10				
V	-0,37	-0,29	-0,33	-0,23	0,10	0,93	0,21	0,84	0,69	-0,55	-0,82	0,86	0,76	-0,85	0,86	0,16	0,10			
m	0,40	0,33	0,35	0,26	0,16	0,42	-0,15	-0,79	-0,60	0,16	0,92	-0,78	-0,68	0,81	-0,78	-0,96	-0,94	0,10		
Umid	-0,16	-0,78	-0,10	-0,10	0,13	0,15	0,21	0,19	0,88	0,94	-0,41	0,17	0,11	-0,44	0,16	0,14	0,11	-0,77	0,10	

Em que: Riq: Riqueza; Alt: Altura média; Ni: Número de indivíduos; G: área basal; C: Carbono; N: Nitrogênio; P: fósforo; pH: Acidez ativa; K⁺: Potássio; Na⁺: Sódio; Al³⁺: Alumínio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; H + Al: Acidez potencial; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions potencial; V: Saturação por bases; m: Saturação por alumínio; Umid: Umidade do solo.

Para classificação das áreas com relação aos atributos químicos do solo foi realizada a aglomeração hierárquica de cluster para reconhecimento da dissimilaridade entre as áreas pelo método de subconjuntos formados pelos resultados do solo.

Após retidas das variáveis de alta correlação entre si, foi realizada um *canonical correspondence analysis* (CCA) usando uma matriz primária com as espécies de maior densidade nos três ambientes estudados e a matriz secundária com dados ambientais dos atributos do solo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre áreas e ambientes com diferentes altitudes houve efeito significativo ($P < 0,05$) sobre a fertilidade do solo, na profundidade de 0,00-0,20 m (Tabela 2).

Com relação à acidez ativa, determinada pelos valores de pH, verificou-se que nos ambientes de Encosta e Chapada o solo apresenta-se moderadamente ácido. Já nas áreas da Baixada o solo apresenta uma acidez mais fraca.

Tabela 2. Teores médios dos atributos químicos do solo, na camada de 0,00-0,20m, por área e ambiente com diferentes altitudes na região do Araripe, PE

ATRIBUTOS	BAIXADA			ENCOSTA			CHAPADA			CV(%)
	B1	B2	B3	E1	E2	E3	C1	C2	C3	
C (g kg ⁻¹)	6,72A			2,87B			5,86A			63,95
	6,68b	7,57b	5,90b	3,10c	2,52c	2,99c	1,61c	5,36b	10,61a	38,19
N (g kg ⁻¹)	1,48A			0,81B			1,35A			29,79
	1,25bc	1,63a	1,54ab	0,78de	0,64e	1,01cd	0,98cde	1,18c	1,89a	21,05
P (mg dm ⁻³)	4,67A			4,2A			3,03B			37,88
	5,70a	3,50b	4,80ab	4,00ab	4,60ab	4,00ab	1,40c	3,70b	4,00ab	31,83
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,39A			0,21B			0,09C			47,37
	0,49a	0,27b	0,42a	0,23bc	0,15bcd	0,26b	0,10cd	0,11cd	0,08d	40,61
pH (H ₂ O)	5,87A			4,69B			4,79B			6,20
	5,92a	6,00a	5,67a	4,97b	4,77bc	4,32d	4,82bc	4,95bc	4,59cd	4,99
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,04A			0,03AB			0,03B			47,58
	0,06ab	0,03cd	0,04c	0,02d	0,03cd	0,04bc	0,02d	0,02d	0,06a	30,61
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,2C			0,25B			0,50A			109,34
	0,00e	0,01e	0,05e	0,09de	0,24c	0,42b	0,18cd	0,20cd	1,11a	33,34
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	4,92A			0,91B			0,61B			42,03
	5,56a	4,22b	4,98ab	1,31c	0,50c	0,93c	0,88c	0,78c	0,17c	38,58
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,44A			0,46B			0,44B			47,40
	2,02a	1,07b	1,23b	0,57c	0,40c	0,40c	0,63c	0,33c	0,36c	34,78
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	2,06C			3,74B			5,22A			53,81
	2,26cd	1,58d	2,35cd	2,30cd	3,41c	5,50b	3,51c	3,44c	8,73a	30,21
SB	6,80A			1,62B			1,18B			39,76
	8,13a	5,59b	6,67ab	2,13c	1,08c	1,64c	1,63c	1,25c	0,67c	34,36
CTC (cmol _c dm ⁻³)	8,86A			5,35B			6,41B			33,20
	10,39a	7,17bc	9,02ab	4,43d	4,49d	7,14bc	5,14cd	4,69d	9,40ab	23,88
V (%)	76,50A			30,74B			22,34C			25,60
	77,72a	78,16a	73,61a	44,75b	24,46c	23,01c	31,42c	26,91c	8,68d	17,55
m (%)	0,36C			14,98B			29,02A			102,63
	0,00f	0,23f	0,85f	5,65ef	18,40bc	20,90b	10,54de	14,03cd	62,48a	32,17

Em que: C: Carbono; N: Nitrogênio; P: fósforo; pH: Acidez ativa; K⁺: Potássio; Na⁺: Sódio; Al³⁺: Alumínio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; H+Al: Acidez potencial; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions potencial; V: Saturação por bases; m: Saturação por alumínio e CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. As letras maiúsculas são para comparação entre ambientes e minúsculas para as comparações entre áreas.

A redução do pH nas áreas da Encosta e Chapada estão associadas ao aumento do Al^{+3} , acidez potencial e m (%), que por sua vez, estão ligados a maior altitudes e aos índices de precipitação e umidade nas áreas. Visto que, os ambientes que apresentam maior incidência de chuva, acarretam maior escoamento superficial do solo, que em geral são mais profundos e por conseguinte o aumentam a lixiviação dos nutrientes na camada orgânica do solo. Nas áreas de Encosta, que em geral, possuem características geomorfológicas com declividade, sofrem ainda mais com o processo de escoamento superficial do solo.

Exemplo disso, a C3, com fitofisionomia de floresta úmida, apresentou solo com os maiores teores de alumínio trocável, valores de acidez potencial e saturação por alumínio. Silva et al. (2015), estudando diferentes fitofisionomias de Cerrado, encontraram uma variação maior de Al^{+3} nas áreas de Cerrado mais denso e com solos hidromórficos em comparação com áreas de vegetação menos densa e que sofrem menos os efeitos da lixiviação. Em contrapartida, as áreas de Baixada, com vegetação de Caatinga e clima semiárido apresentam valores de pH menos ácido e próximos de neutro. Segundo Lira et al. (2012) a baixa acidez ativa, possivelmente estão relacionados aos altos teores de bases trocáveis e a quase ausência de Al^{3+} , como encontrado em nas áreas de Baixada.

De modo geral, há uma menor fertilidade do solo com o aumento da altitude, ou seja, diminuiu os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ (Cátions básicos) responsáveis pela CTC do solo. Sobretudo, altitude atua com um *proxy* que apresenta variações de características ambientais como umidade do solo e condições microclimáticas que influenciam nas características pedológicas (CÁCERES et al., 2012). Sendo assim, uma condicionante entre o recurso ambiental (qualidade do solo e precipitação) e a variável favorecida (vegetação) .

Áreas com vegetação mais densas ou associadas à alta umidade e precipitação possuem teor de C elevado. Em regiões semiáridas de florestas secas, Arruda et al. (2015b) correlacionam a maior proporção de C encontrada nos solos de florestas decídua e semidecidual, resultado de sua elevada produção e decomposição da serapilheira, com maior aporte de biomassa. Apesar de a savana-estépica florestada (Caatinga arbórea) ser decidual, sua menor biomassa não permite um *input* de C tão elevado quanto às florestas decíduas com maior umidade, o que resulta em menores teores de C orgânico no solo.

Por consequência das características ambientais e condicionantes climáticas o K que é muito solúvel, e sofre pelos mecanismos da lixiviação, declividade dos terrenos apresentam teores menos expressivos da Baixada para as áreas de Chapada e Encosta, ou seja, das áreas com baixos índices de chuva com vegetação mais seca como a Caatinga, para as áreas que

sofrem mais com os processos de intemperismo e possuem solos mais antigos e profundos (Tabela 2).

Carbono e o Nitrogênio estão correlacionados positivamente, de uma forma geral, a maior fonte de N é o carbono disponível na matéria orgânica. Além disso, o fósforo também apresenta uma correlação positiva com C. Em florestas decíduais as folhas das espécies caducas possuem um elevado teor de N, P e Ca (ROSSATTO et al., 2015) e isso contribui ainda mais com a fertilidade dos horizontes superficiais dos seus solos (ARRUDA et al., 2015b).

A análise da correspondência para os valores médios dos atributos do solo e as variáveis estruturais da vegetação regenerante pelo método de Análise de Componentes Principais (ACP) das nove áreas de estudos nos ambientes de Baixada, Encosta e Chapada apresentaram uma variação acumulativa de mais 80% da variabilidade dos dados (Tabela 2). As variáveis P, área basal e altura média, não se correlacionaram positivamente com nenhum dos dois principais eixos, com isso essas variáveis não foram eficientes na detecção de diferença entre as áreas e a variabilidade dos dados.

Tabela 2. Correlação entre cada componente principal, variáveis estruturais da regeneração e os atributos químicos do solo em amostras coletada na camada 0,00-0,20 m nas áreas em diferentes altitudes na região do Araripe, PE

VARIÁVEIS	CP1	CP2
C (g kg ⁻¹)	0,190	0,866*
N (g kg ⁻¹)	0,180	0,815*
P (mg dm ⁻³)	0,553	0,364
pH (H ₂ O)	0,904*	0,028
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,932*	0,086
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,275	0,884*
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	-0,689	0,713*
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,978*	0,128
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,942*	0,160
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	-0,700*	0,680
SB	0,982*	0,138
CTC (cmol _c dm ⁻³)	0,520	0,817*
V (%)	0,958*	-0,089
m (%)	-0,723*	0,670
G (m ² .ha ⁻¹)	-0,517	0,115
Altura média (m)	-0,635	0,158
Variância absoluta (%)	51,80	28,32
Variância acumulada (%)	51,80	80,12

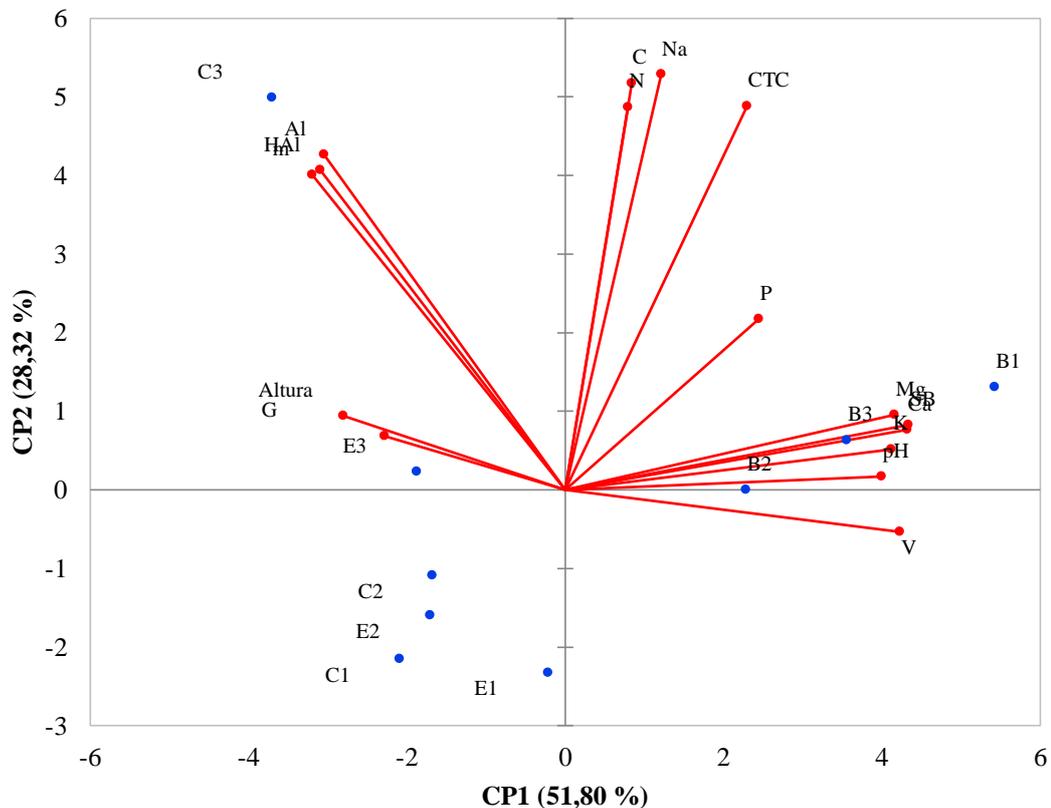
Em que: CP: Componente principal *autovalores $\geq |0,70|$ são significativos. C: Carbono; N: Nitrogênio; P: fósforo; pH: Acidez ativa; K⁺: Potássio; Na⁺: Sódio; Al³⁺: Alumínio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; H + Al: Acidez potencial; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions potencial; V: Saturação por bases; m: Saturação por alumínio; G: área basal.

As correlações internas entre as variáveis pedológicas e os dois primeiros eixos de ordenação mostraram que as variáveis mais fortemente correlacionadas com o Eixo 1 foram pH, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H+Al, SB, V e m com autovalores significativos e que compõem uma resposta de variabilidade de 51,8% dos atributos químicos do solo nas diferentes áreas. Para o Eixo 2, com resposta de variação de 28,3%, C, N, Na^+ , Al^{3+} e CTC foram as variáveis que apresentaram correlações significativas.

Os autovalores das variáveis que foram significativas com os dois eixos principais são valores considerados altos (Ter BRAAK, 1995), o que significa que os gradientes são longos, isto é, há uma alta correlação com a variação dos atributos ao longo dos ambientes com diferentes altitudes.

As áreas B1, B2, B3 se aproximaram das bases (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) e do P, pH, V, SB associando-se a uma maior fertilidade do solo que tornam-se variáveis características no agrupamento e estratificação do ambiente, com solo mais jovens, rasos e que são menos afetados com os processos do intemperismo (Figura 1). Estas áreas possuem vegetação de Caatinga arbórea e clima semiárido, com baixos índices pluviométricos, o que diminui os mecanismos de lixiviação dos nutrientes do solo, além de possuírem solos rochosos, pedregosos e rasos que são típicos desse domínio fitogeográfico (ARRUDA et al., 2015a).

Figura 1. Diagrama da análise dos componentes principais e projeção dos vetores dos atributos químicos do solo e as áreas nas diferentes altitudes na região do Araripe, PE

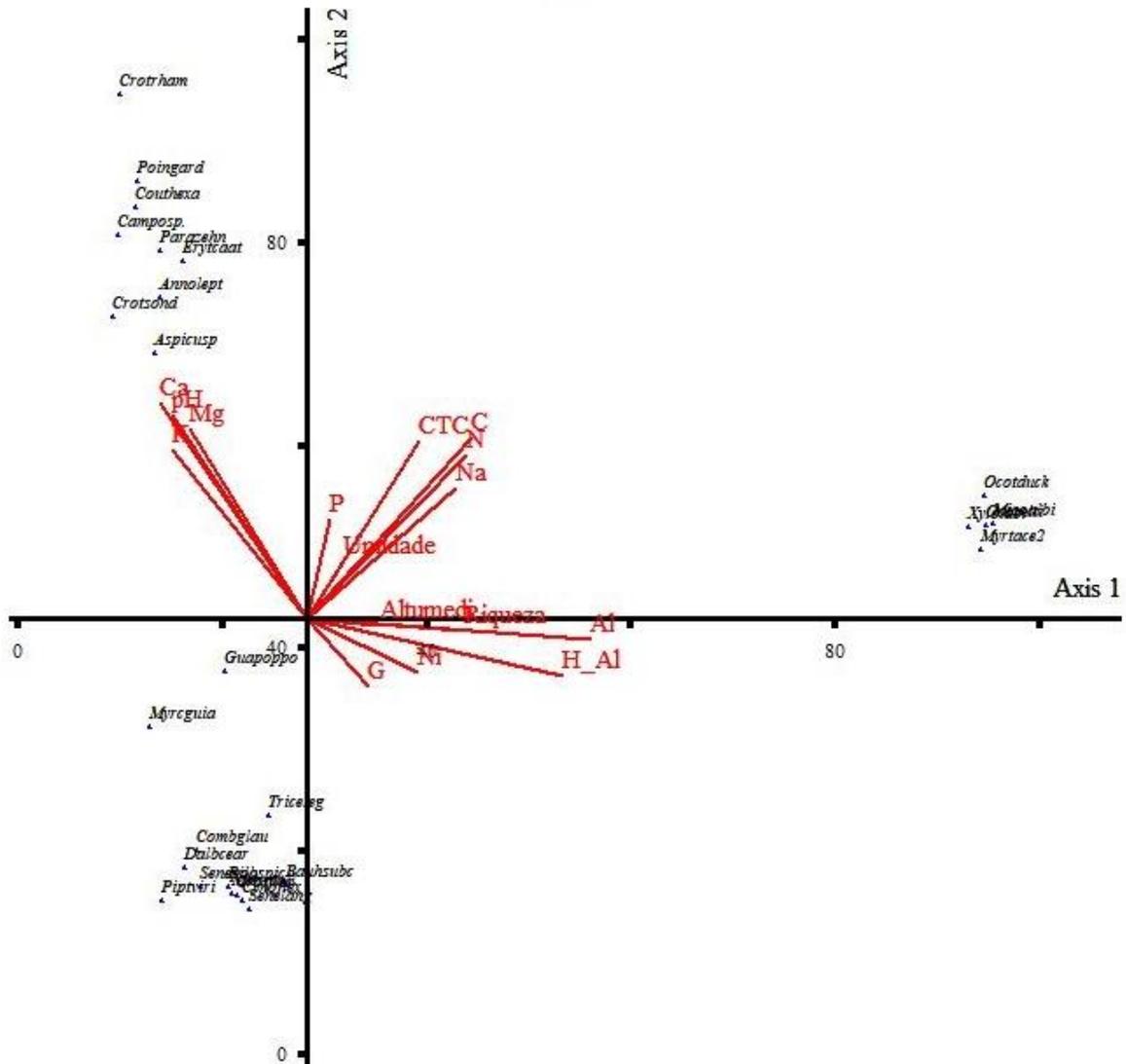


Para avaliação das correlações entre as populações vegetais da regeneração natural e os atributos químicos do solo foi aplicada uma CCA usando uma matriz das espécies de maior densidade nos três ambientes e a matriz ambiental dos atributos do solo.

As variáveis estruturais da vegetação regenerante que foram analisadas na multivariada, tais como, área basal, altura média, riqueza de espécies, número de indivíduos mostraram-se positivamente correlacionadas com teores de Al^{3+} no solo (Figura 3).

O que supõe-se que as áreas que apresentam maior teor de alumínio e, conseqüentemente, sofrem um processo de intemperismo e lixiviação dos nutrientes do solo podem apresentar uma estrutura vegetal mais robusta e uma maior diversidade de espécies.

Figura 3. Diagrama da Análise de Correspondência Canônica e projeção dos vetores dos atributos químicos do solo e as espécies com maior densidade nos ambientes com diferentes altitudes na região do Araripe, PE



Segundo Marangon et al. (2013) a topografia do ambiente (pedoforma), profundidade e disponibilidade de nutrientes no solo podem influenciar no número de espécies possíveis numa comunidade. Ou seja, áreas com solos férteis possibilitam o surgimento de espécies colonizadoras no ambiente aumentando a competição interespecífica e diminuindo a riqueza do mesmo.

Em contrapartida, ambientes com pouca disponibilidade de nutrientes no solo, alta taxa deposição serapilheira e maior precipitação podem aumentar a riqueza de espécies na comunidade e apresentar estruturas de biomassa vegetal (G e altura) maiores devido a uma rápida ciclagem de nutrientes pelas condições microclimáticas favoráveis.

As espécies *Aspidosperma cuspa*, *Croton blanchetianus*, *Annona leptopetala*, *Erythroxylum caatingae*, *Parapiptadenia zehntneri*, *Campomanesia* sp., *Coutarea hexandra*, *Poincianella gardineriana* e *Croton rhamnifolioides* apresentam uma alta correlação com Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} (cátions básicos) e pH. Estas espécies, em sua maioria ocorrem nas áreas de Baixada e Encosta, entre as com tipologias vegetacionais de Caatinga e transição com Cerrado. Onde os solos são mais férteis, de menos profundidade e que sofrem menos os processos de intemperismos.

A *Guapira opposita*, por sua vez, é uma espécie generalista, que ocorre em todas as seis tipologias florestais encontradas na região do Araripe. Porém, com maior densidade (DA) nas áreas de Chapada (453 ind. ha^{-1}) e Baixada (243 ind. ha^{-1}). Ressalta-se que na Baixada, a B2, foi a área que a espécie teve maior percentual de indivíduos, muito provável por se tratar de uma área que possuem uma disponibilidade de água maior que as demais áreas de Caatinga, neste ambiente.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região possui uma variabilidade de ambientes com características microclimáticas distintas e que seguem um gradiente de altitude. As áreas de Baixada possuem solos rasos, mais férteis e com tipologias de vegetação xerófila. Nas áreas de Encosta, solos mais arenosos e baixa fertilidade, com vegetação mais arbustiva de pequeno porte e com baixa diversidade e densidade. E por fim, na Chapada, há uma variação microclimática maior, com áreas mais úmidas e variação de vegetação xerófila e de floresta estacional. Nestas áreas o solo são mais profundos, com baixa fertilidade e maior quantidade de matéria orgânica no solo.

As espécies que apresentam uma forte correlação com as áreas de Caatinga e com solos mais férteis devem ser tomadas com indicadoras no uso do plano de recuperação de áreas degradadas em tipologias e condições ambientais semelhantes. São elas: *Aspidosperma cuspa*, *Croton blanchetianus*, *Annona leptopetala*, *Erythroxylum caatingae*, *Parapiptadenia zehntneri*, *Campomanesia* sp., *Coutarea hexandra*, *Poincianella gardineriana* e *Croton rhamnifolioides*.

5 REFERÊNCIAS

- ARRUDA, D. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; CORRÊA, G. R.; RODRIGUES, P. M. S.; DUQUE-BRASIL, R.; FERREIRA-JR, W. G.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Landforms and soil attributes determine the vegetation structure in the Brazilian semiarid. **Folia Geobot**, v. 50, p. 175–184, 2015a.
- ARRUDA, D. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MORAES, M. L. B. Relações entre Atributos do Solo e Vegetações da Região Ecotonal do Médio Rio São Francisco, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 39, p. 1524-1532, 2015b.
- AYALA-OROZCO, B. et al. Resilience of soil properties to land-use change in a tropical dry forest ecosystem. **Land degradation & development**. 2017.
- BECKNELL, J. M.; POWERS, J. S. Stand age and soils as drivers of plant functional traits and aboveground biomass in secondary tropical dry forest. **Canadian Journal of Forest Research**. v. 44, p. 604–613, 2014. DOI: 10.1139/cjfr-2013-0331.
- BECKLUND, K.; POWERS, J. S.; KINKEL, L. Tree species effects on pathogen-suppressive capacities of soil bacteria across two tropical dry forests in Costa Rica. **Oecologia**. v. 182, p.789–802, 2016. DOI: 10.1007/s00442-016-3702-6.
- CÁCERES, M. et al. The variation of tree beta diversity across a global network of forest plots. **Global Ecology and Biogeography**, v. 21, p. 1191–1202, 2012.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de 2864 solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação – SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- GRIFFITHS, B. S.; PHILIPPOT, L. Insights into the resistance and resilience of the soil microbial community. *FEMS Microbiol Ver.* v. 37, p. 112–129, 2013. DOI: 10.1111/j.1574-6976.2012.00343.x
- LIRA, R. B.; DIAS, N. S.; ALVES, S. M. C.; BRITO R. F.; NETO, O. N. S. Efeitos dos sistemas de cultivo e manejo da Caatinga através da análise dos indicadores químicos de qualidade do solo na produção agrícola em Apodi, RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 18-24, 2012.
- MARANGON, L. C.; SOARES, J. J.; FELICIANO, A. L. P.; LANI, J. L.; MATOS, L. V. Relação entre vegetação e pedofomas na mata do paraíso, município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 3, p. 441-450, 2013.
- MARÍN-SPIOTTA, E.; SHARMA, S. Effects of land use changes on the dynamics of selected soil properties in northeast Wellega, Ethiopia. **Global Ecology and Biogeography**, v. 22, p. 105–117, 2013.
- MENDES, M. R. A.; MUNHOZ, C. B. R.; SILVA JÚNIO, M. C.; CASTRO, A. A. J. F. Relação entre a vegetação e as propriedades do solo em áreas de campo limpo úmido no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil. **Rodriguésia**, v. 63, n. 4, p. 971-984, 2012.

- MOLES, A. T. et al. Which is a better predictor of plant traits: temperature or precipitation? **Journal of Vegetation Science**. v. 25, p. 1167–1180, 2014. Doi: 10.1111/jvs.12190
- PULLA, S.; RIOTTE, J.; SURESH, H. S.; DATTARAJA, H. S.; SUKUMAR, R. Controls of Soil Spatial Variability in a Dry Tropical Forest. **PLoS ONE**. v. 11, n. 4, p. 01-20, 2016 doi:10.1371/journal.pone.0153212
- ROSSATTO, D. R.; CARVALHO, F. A.; HARIDASAN, M. Soil and leaf nutrient content of tree species support deciduous forests on limestone outcrops as a eutrophic ecosystem. **Acta Botânica Brasílica**, v. 29, n. 2, p. 231-238. 2015. doi: 10.1590/0102-33062014abb0039
- ROVEDDER, A. P. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; Dalmolin, R. S. D.; Reichert, J. M.; Schenato, R. B. Compreensão e aplicabilidade do conceito de solo florestal. **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v. 23, n. 3, p. 517-528, 2013.
- SANTOS, D.C.; FARIAS, M.O.; LIMA, C.L.R.; KUNDE, R.J.; PILLON, C.N.; FLORES, C.A. Fracionamento químico e físico da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.5, p.838-844. 2013.
- SILVA, R. B. M.; FRANCELINO, M. R.; MOURA, P. A.; MOURA, T. A.; PEREIRA, M. G.; OLIVEIRA, C. P. Relação solo/vegetação em ambiente de Cerrado sobre influência do grupo Urucuia. **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v. 25, n. 2, p. 363-373, 2015.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. rev. e amp. Porto Alegre, RS: UFRGS, 1995. 174 p. il. (Boletim técnico, 5).
- TER BRAAK, C. J. F. Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique For Multivariate Direct Gradient Analysis. **Ecology**, v. 67, n.5, p. 1167-1179, 1986.
- TER BRAAK, C. J. F. Ordination. In: JONGMAN, R. H. G.; TER BRAAK, V. J. F.; TONGEREN, O. F. R. van. **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge: Cambridge University, 1995. p. 91-173.
- TER BRAAK, C. J. F. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. **Vegetatio**, v. 69, p. 69-77, 1987.

APÊNDICES

Apêndice 1. Estrutura da Regeneração Natural da Baixada (B1, B2 e B3) por classes de altura na região do Araripe, PE.

ESPÉCIE	CLASSE I			CLASSE II			CLASSE III			RNT
	DR1	FR1	RN1	DR2	FR2	RN2	DR3	FR3	RN3	
<i>Croton blanchetianus</i>	32,69	13,49	23,09	30,32	17,18	23,75	22,30	18,18	20,24	22,36
<i>Parapiptadenia zehntneri</i>	8,92	7,94	8,43	7,58	6,75	7,16	4,80	6,42	5,61	7,07
<i>Croton rhamnifolioides</i>	3,71	3,57	3,64	9,04	6,13	7,59	10,07	4,81	7,44	6,22
<i>Guapira opposita</i>	7,43	6,35	6,89	4,66	6,75	5,71	1,68	3,21	2,44	5,01
<i>Aspidosperma cuspa</i>	2,82	2,38	2,60	6,12	4,91	5,52	9,35	4,28	6,82	4,98
<i>Poincianella gardneriana</i>	3,27	7,54	5,40	2,33	4,29	3,31	4,56	6,42	5,49	4,73
<i>Annona leptopetala</i>	4,16	5,56	4,86	4,66	5,52	5,09	2,88	3,74	3,31	4,42
<i>Coutarea hexandra</i>	1,04	0,79	0,92	5,83	4,29	5,06	6,95	3,74	5,35	3,78
<i>Campomanesia</i> sp.	7,13	3,57	5,35	2,33	3,68	3,01	1,20	2,14	1,67	3,34
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	2,23	3,57	2,90	0,58	1,23	0,91	1,20	2,67	1,94	1,91
<i>Piptadenia viridiflora</i>	0,74	1,59	1,17	2,04	2,45	2,25	1,92	2,67	2,30	1,90
<i>Erythroxylum caatingae</i>	1,78	1,59	1,69	1,75	2,45	2,10	1,68	2,14	1,91	1,90
<i>Jatropha mollissima</i>	1,04	2,78	1,91	1,75	3,68	2,72	0,72	1,07	0,89	1,84
<i>Allophylus quercifolius</i>	1,34	2,38	1,86	1,46	1,84	1,65	1,92	1,60	1,76	1,76
<i>Anadenanthera colubrina</i>	1,19	2,38	1,78	0,58	1,23	0,91	1,92	3,21	2,56	1,75
<i>Xylosma prockia</i>	0,45	1,19	0,82	0,87	1,23	1,05	2,88	3,74	3,31	1,73
<i>Casearia silvestris</i>	1,34	1,59	1,46	2,62	2,45	2,54	0,96	1,07	1,01	1,67
<i>Bauhinia subclavata</i>	1,19	3,17	2,18	0,58	1,23	0,91	1,20	2,14	1,67	1,59
<i>Combretum leprosum</i>	0,45	0,40	0,42	1,46	1,23	1,34	4,80	1,07	2,93	1,57
<i>Aralia warmingiana</i>	0,15	0,40	0,27	2,04	1,23	1,63	1,92	2,67	2,30	1,40
<i>Pseudobombax marginatum</i>	1,34	2,38	1,86	1,17	1,84	1,50	0,48	1,07	0,77	1,38
<i>Amburana cearensis</i>	0,89	1,98	1,44	0,58	1,23	0,91	0,96	2,14	1,55	1,30
Myrtaceae 3	3,42	2,78	3,10	0,29	0,61	0,45	0,00	0,00	0,00	1,18
<i>Jacaratia corumbensis</i>	1,04	1,59	1,31	0,58	1,23	0,91	0,96	1,60	1,28	1,17
<i>Psidium brownianum</i>	0,89	0,79	0,84	1,75	1,23	1,49	0,96	1,07	1,01	1,12
<i>Cynophalla flexuosa</i>	0,89	1,19	1,04	0,29	0,61	0,45	1,20	2,14	1,67	1,05
Myrtaceae 1	1,49	2,38	1,93	0,58	1,23	0,91	0,00	0,00	0,00	0,95
Catinga branca/NI 20	0,59	1,59	1,09	0,00	0,00	0,00	1,44	1,60	1,52	0,87
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	1,04	1,98	1,51	0,29	0,61	0,45	0,24	0,53	0,39	0,78
<i>Manihot carthagenensis</i>	0,15	0,40	0,27	0,29	0,61	0,45	0,72	1,60	1,16	0,63
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	0,59	1,59	1,09	0,00	0,00	0,00	0,48	1,07	0,77	0,62
Indeterminada 18	1,04	0,79	0,92	0,58	1,23	0,91	0,00	0,00	0,00	0,61
<i>Sapium glandulosum</i>	0,45	1,19	0,82	0,58	1,23	0,91	0,00	0,00	0,00	0,57
<i>Cnidoscolus bahianus</i>	0,45	0,79	0,62	0,87	1,23	1,05	0,00	0,00	0,00	0,56
<i>Senegalia bahiensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,29	0,61	0,45	0,72	1,60	1,16	0,54
<i>Chloroleucon foliolosum</i>	0,30	0,79	0,55	0,58	1,23	0,91	0,00	0,00	0,00	0,48
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,68	1,07	1,37	0,46
Indeterminada 14	0,00	0,00	0,00	0,29	0,61	0,45	0,72	1,07	0,89	0,45
<i>Mimosa</i> sp.3	0,15	0,40	0,27	0,58	1,23	0,91	0,00	0,00	0,00	0,39
<i>Senna splendida</i>	0,15	0,40	0,27	0,29	0,61	0,45	0,24	0,53	0,39	0,37
Solanaceae 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,68	0,53	1,11	0,37
<i>Zanthoxylum gardneri</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	1,07	0,89	0,30
<i>Combretum glaucocarpum</i>	0,00	0,00	0,00	0,29	0,61	0,45	0,24	0,53	0,39	0,28
Indeterminada 12	0,15	0,40	0,27	0,29	0,61	0,45	0,00	0,00	0,00	0,24

Continua...

Apêndice 1, continuação.

ESPÉCIE	CLASSE I			CLASSE II			CLASSE III			RNT
	DR1	FR1	RN1	DR2	FR2	RN2	DR3	FR3	RN3	
Indeterminada 19	0,15	0,40	0,27	0,29	0,61	0,45	0,00	0,00	0,00	0,24
<i>Senna cearensis</i>	0,15	0,40	0,27	0,00	0,00	0,00	0,24	0,53	0,39	0,22
<i>Colicodendron yco</i>	0,00	0,00	0,00	0,29	0,61	0,45	0,00	0,00	0,00	0,15
Indeterminada 11	0,00	0,00	0,00	0,29	0,61	0,45	0,00	0,00	0,00	0,15
<i>Cordia trichotoma</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,53	0,39	0,13
<i>Libidibia ferrea</i> var <i>ferrea</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,53	0,39	0,13
Indeterminada 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,53	0,39	0,13
Indeterminada 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,53	0,39	0,13
Indeterminada 16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,53	0,39	0,13
<i>Zanthoxylum hamadryadicum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,53	0,39	0,13
<i>Erythrina velutina</i>	0,30	0,40	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
Indeterminada 21	0,30	0,40	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
<i>Balfourodendron molle</i>	0,15	0,40	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
<i>Helicteres baruensis</i>	0,15	0,40	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
Indeterminada 7	0,15	0,40	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
Indeterminada 13	0,15	0,40	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
<i>Senegalia langsdorffii</i>	0,15	0,40	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
<i>Spondias tuberosa</i>	0,15	0,40	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
<i>Tocoyena formosa</i>	0,15	0,40	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
TOTAL	100									

Em que: DR = Densidade relativa (%); FR = Frequência relativa (%); RN1 = Rengeração Natural por Classes (%); RNT = Rengeração natural Total (%).

Apêndice 2. Estrutura da Rengeração Natural da Encosta (E1, E2 e E3) por classes de altura na região do Araripe, PE.

ESPÉCIES	CLASSE I			CLASSE II			CLASSE III			RNT
	DR1	FR1	RN1	DR2	FR2	RN2	DR3	FR3	RN3	
<i>Senegalia polyphylla</i>	15,96	8,96	12,46	10,78	7,98	9,38	6,11	7,94	7,02	9,62
<i>Combretum glaucocarpum</i>	5,57	6,13	5,85	9,16	7,45	8,31	13,49	9,52	11,50	8,55
<i>Croton limae</i>	4,82	3,77	4,30	8,36	6,38	7,37	13,99	8,47	11,23	7,63
<i>Croton blanchetianus</i>	11,50	7,08	9,29	10,51	6,38	8,45	3,82	3,70	3,76	7,17
<i>Myrcia guianensis</i>	7,79	6,13	6,96	7,01	6,91	6,96	8,65	5,29	6,97	6,96
<i>Cynophalla flexuosa</i>	3,34	5,66	4,50	5,12	6,91	6,02	5,09	6,35	5,72	5,41
<i>Piptadenia viridiflora</i>	3,53	4,25	3,89	3,77	3,72	3,75	9,41	5,82	7,62	5,08
<i>Senegalia langsdorffii</i>	6,49	5,66	6,08	4,58	2,66	3,62	5,34	5,29	5,32	5,01
<i>Bauhinia subclavata</i>	2,41	3,77	3,09	3,50	4,26	3,88	7,12	7,94	7,53	4,83
<i>Dalbergia cearensis</i>	5,57	3,30	4,43	5,66	4,26	4,96	3,05	2,65	2,85	4,08
<i>Piptadenia stipulacea</i>	1,86	1,89	1,87	3,23	4,26	3,74	3,31	4,23	3,77	3,13
<i>Swartzia pylonema</i>	4,45	2,36	3,41	3,77	2,66	3,22	1,78	2,12	1,95	2,86
<i>Sebastiania brevifolia</i>	1,67	1,89	1,78	5,39	3,19	4,29	1,53	2,65	2,09	2,72
<i>Bauhinia acuruana</i>	0,56	1,42	0,99	1,35	2,13	1,74	4,07	4,76	4,42	2,38
<i>Erythroxylum caatingae</i>	4,45	3,30	3,88	2,16	3,19	2,67	0,25	0,53	0,39	2,31
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	1,86	3,30	2,58	1,62	2,66	2,14	1,02	2,12	1,57	2,09
<i>Colicodendron yco</i>	2,04	2,83	2,44	1,62	2,13	1,87	1,02	2,12	1,57	1,96
<i>Annona leptopetala</i>	1,30	3,30	2,30	1,62	2,66	2,14	1,27	1,06	1,17	1,87
<i>Guapira opposita</i>	2,23	4,25	3,24	1,08	2,13	1,60	0,25	0,53	0,39	1,74

Continua...

Apêndice 2, continuação.

ESPÉCIES	CLASSE I			CLASSE II			CLASSE III			RNT
	DR1	FR1	RN1	DR2	FR2	RN2	DR3	FR3	RN3	
<i>Pilocarpus spicatus</i> subsp. <i>aracatensis</i>	2,23	1,89	2,06	0,81	1,60	1,20	0,51	1,06	0,78	1,35
<i>Senna splendida</i>	0,93	1,89	1,41	0,54	1,06	0,80	1,02	2,12	1,57	1,26
<i>Erythroxylum</i> sp.	1,48	2,36	1,92	0,81	1,60	1,20	0,00	0,00	0,00	1,04
<i>Dalbergia frutescens</i>	0,74	1,89	1,31	0,27	0,53	0,40	0,76	1,59	1,18	0,96
<i>Cordia rufescens</i>	1,48	1,42	1,45	0,54	1,06	0,80	0,25	0,53	0,39	0,88
<i>Byrsonima vacciniifolia</i>	0,56	1,42	0,99	0,54	1,06	0,80	0,25	0,53	0,39	0,73
<i>Croton rhamnifolioides</i>	0,37	0,47	0,42	0,81	1,60	1,20	0,25	0,53	0,39	0,67
Indeterminada 17	0,56	1,42	0,99	0,54	1,06	0,80	0,00	0,00	0,00	0,60
<i>Mimosa</i> sp.	0,00	0,00	0,00	0,27	0,53	0,40	1,02	1,06	1,04	0,48
<i>Croton</i> sp.	1,11	0,94	1,03	0,27	0,53	0,40	0,00	0,00	0,00	0,48
<i>Cordia trichotoma</i>	0,56	0,94	0,75	0,00	0,00	0,00	0,51	0,53	0,52	0,42
<i>Chloroleucon foliolosum</i>	0,00	0,00	0,00	0,27	0,53	0,40	0,51	1,06	0,78	0,39
<i>Jacaranda jasminoides</i>	0,37	0,94	0,66	0,00	0,00	0,00	0,51	0,53	0,52	0,39
<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>ferrea</i>	0,56	0,94	0,75	0,27	0,53	0,40	0,00	0,00	0,00	0,38
<i>Anadenanthera colubrina</i>	0,19	0,47	0,33	0,27	0,53	0,40	0,25	0,53	0,39	0,37
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	0,19	0,47	0,33	0,27	0,53	0,40	0,25	0,53	0,39	0,37
Indeterminada 16	0,56	1,42	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
<i>Helicteres baruensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,54	0,53	0,54	0,25	0,53	0,39	0,31
<i>Senegalia</i> sp.	0,00	0,00	0,00	0,27	0,53	0,40	0,51	0,53	0,52	0,31
<i>Aspidosperma multiflorum</i>	0,00	0,00	0,00	0,54	1,06	0,80	0,00	0,00	0,00	0,27
<i>Godmania dardanoi</i>	0,00	0,00	0,00	0,27	0,53	0,40	0,25	0,53	0,39	0,26
Indeterminada 21	0,00	0,00	0,00	0,27	0,53	0,40	0,25	0,53	0,39	0,26
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	1,06	0,78	0,26
<i>Eugenia flavescens</i>	0,19	0,47	0,33	0,27	0,53	0,40	0,00	0,00	0,00	0,24
Indeterminada 20	0,19	0,47	0,33	0,00	0,00	0,00	0,25	0,53	0,39	0,24
Indeterminada 7	0,00	0,00	0,00	0,54	0,53	0,54	0,00	0,00	0,00	0,18
<i>Celtis iguanaea</i>	0,00	0,00	0,00	0,27	0,53	0,40	0,00	0,00	0,00	0,13
Myrtaceae 5	0,00	0,00	0,00	0,27	0,53	0,40	0,00	0,00	0,00	0,13
<i>Aspidosperma pyriforme</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,53	0,39	0,13
Indeterminada 8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,53	0,39	0,13
Annonaceae 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,53	0,39	0,13
<i>Psidium brownianum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,53	0,39	0,13
<i>Zanthoxylum petiolare</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,53	0,39	0,13
Myrtaceae 1	0,19	0,47	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
Myrtaceae 3	0,19	0,47	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
TOTAL	100									

Em que: DR = Densidade relativa (%); FR = Frequência relativa (%); RN1 = Rengeração Natural por Classes (%); RNT = Rengeração natural Total (%).

Apêndice 3. Estrutura da Regeneração Natural da Chapada (C1, C2 e C3) por classes de altura na região do Araripe, PE.

ESPÉCIES	CLASSE I			CLASSE II			CLASSE III			RNT
	DR1	FR1	RN1	DR2	FR2	RN2	DR3	FR3	RN3	
<i>Pilocarpus spicatus</i> subsp. <i>aracatensis</i>	16,73	6,89	11,81	10,55	6,29	8,42	4,24	4,33	4,29	8,17
<i>Croton limae</i>	5,96	4,59	5,27	11,72	4,19	7,96	10,15	5,33	7,74	6,99
<i>Guapira opposita</i>	10,01	7,87	8,94	5,60	5,99	5,79	2,12	3,67	2,89	5,88
Myrtaceae 2	4,06	4,26	4,16	7,42	3,89	5,66	10,61	5,00	7,80	5,87
<i>Ocotea nitida</i>	8,37	5,25	6,81	4,56	3,29	3,93	5,91	4,00	4,95	5,23
<i>Ocotea duckei</i>	6,72	5,25	5,98	4,43	4,79	4,61	4,70	4,33	4,52	5,04
<i>Metrodorea mollis</i>	5,70	5,25	5,47	6,38	3,59	4,99	1,82	2,67	2,24	4,23
<i>Xylopia laevigata</i>	3,04	2,95	3,00	3,52	4,19	3,85	3,18	4,33	3,76	3,54
<i>Trichilia elegans</i>	2,03	2,95	2,49	3,78	3,59	3,68	4,24	3,33	3,79	3,32
<i>Myrcia splendens</i>	0,89	1,64	1,26	1,82	2,69	2,26	7,12	5,33	6,23	3,25
<i>Miconia albicans</i>	2,92	3,93	3,42	5,08	2,69	3,89	1,67	2,33	2,00	3,10
Indeterminada 2	2,41	2,95	2,68	2,60	3,29	2,95	3,03	3,33	3,18	2,94
<i>Matayba guianensis</i>	1,39	2,62	2,01	1,17	2,10	1,63	4,85	4,33	4,59	2,74
<i>Ouratea parviflora</i>	3,80	4,26	4,03	2,21	2,69	2,45	1,06	1,33	1,20	2,56
<i>Erythroxylum caatingae</i>	3,04	2,95	3,00	1,43	2,10	1,76	2,73	2,00	2,36	2,37
<i>Casearia commersoniana</i>	1,14	1,97	1,55	2,34	3,29	2,82	2,27	2,67	2,47	2,28
Indeterminada 9	2,03	1,64	1,83	1,95	1,50	1,73	3,03	1,33	2,18	1,91
<i>Colubrina cordifolia</i>	2,03	2,30	2,16	1,69	2,10	1,89	1,06	1,67	1,36	1,81
<i>Senegalia polyphylla</i>	1,14	1,97	1,55	1,43	1,80	1,61	1,97	2,33	2,15	1,77
<i>Casearia grandiflora</i>	0,51	0,98	0,75	0,00	0,00	0,00	3,64	5,33	4,48	1,74
<i>Byrsonima vacciniifolia</i>	2,03	1,97	2,00	1,82	2,10	1,96	0,61	1,00	0,80	1,59
<i>Annona leptopetala</i>	0,38	0,98	0,68	1,43	2,40	1,91	1,52	2,33	1,92	1,51
<i>Ocotea</i> sp.	0,51	0,98	0,75	1,04	1,20	1,12	2,58	2,00	2,29	1,38
<i>Swartzia pylonema</i>	0,38	0,98	0,68	1,30	2,69	2,00	0,91	1,67	1,29	1,32
<i>Bauhinia subclavata</i>	1,27	0,98	1,13	0,91	1,20	1,05	1,67	1,33	1,50	1,23
<i>Zanthoxylum petiolare</i>	0,38	0,98	0,68	1,30	2,69	2,00	0,45	1,00	0,73	1,14
<i>Psidium brownianum</i>	0,89	1,31	1,10	0,26	0,60	0,43	1,21	2,00	1,61	1,05
<i>Balfourodendron molle</i>	0,51	0,98	0,75	1,04	2,10	1,57	0,45	0,67	0,56	0,96
<i>Senegalia langsdorffii</i>	0,00	0,00	0,00	0,39	0,90	0,64	1,52	2,33	1,92	0,86
<i>Maytenus distichophylla</i>	0,38	0,66	0,52	0,52	1,20	0,86	0,76	1,33	1,05	0,81
<i>Poeppigia procera</i>	0,89	1,97	1,43	0,65	1,20	0,92	0,00	0,00	0,00	0,78
<i>Bauhinia acuruana</i>	1,14	1,31	1,23	0,39	0,60	0,49	0,30	0,67	0,48	0,74
Myrtaceae 4	0,13	0,33	0,23	0,26	0,60	0,43	1,21	1,67	1,44	0,70
<i>Myrcia guianensis</i>	0,63	1,31	0,97	0,00	0,00	0,00	0,91	1,33	1,12	0,70
<i>Dalbergia frutescens</i>	0,25	0,66	0,45	0,65	0,60	0,62	0,76	1,00	0,88	0,65
<i>Erythroxylum</i> sp.	1,01	1,31	1,16	0,52	0,90	0,71	0,00	0,00	0,00	0,62
<i>Zanthoxylum gardneri</i>	0,13	0,33	0,23	0,91	1,80	1,35	0,15	0,33	0,24	0,61
<i>Casearia</i> sp.	0,51	0,66	0,58	0,26	0,60	0,43	0,61	1,00	0,80	0,60
Indeterminada 5	0,13	0,33	0,23	0,65	0,90	0,77	0,61	1,00	0,80	0,60
<i>Erythroxylum barbatum</i>	0,00	0,00	0,00	0,78	1,20	0,99	0,61	1,00	0,80	0,60
<i>Copaifera coriacea</i>	0,51	0,98	0,75	0,26	0,60	0,43	0,15	0,33	0,24	0,47
<i>Eugenia flavescens</i>	0,25	0,66	0,45	0,13	0,30	0,21	0,45	1,00	0,73	0,47
<i>Trichilia emarginata</i>	0,38	0,66	0,52	0,39	0,60	0,49	0,30	0,33	0,32	0,44
<i>Stryphnodendron</i> sp.	0,25	0,66	0,45	0,26	0,60	0,43	0,15	0,33	0,24	0,38

continua...

Apêndice 3, continuação.

ESPÉCIES	CLASSE I			CLASSE II			CLASSE III			RNT
	DR1	FR1	RN1	DR2	FR2	RN2	DR3	FR3	RN3	
<i>Xylosma prockia</i>	0,25	0,66	0,45	0,26	0,60	0,43	0,15	0,33	0,24	0,38
<i>Roupala montana</i>	0,25	0,33	0,29	0,13	0,30	0,21	0,30	0,67	0,48	0,33
<i>Piptadenia viridiflora</i>	0,25	0,66	0,45	0,26	0,30	0,28	0,15	0,33	0,24	0,33
<i>Senna cearensis</i>	0,13	0,33	0,23	0,52	0,90	0,71	0,00	0,00	0,00	0,31
<i>Zanthoxylum hamadryadicum</i>	0,00	0,00	0,00	0,39	0,90	0,64	0,15	0,33	0,24	0,30
Indeterminada 3	0,13	0,33	0,23	0,26	0,30	0,28	0,15	0,33	0,24	0,25
<i>Simarouba amara</i>	0,25	0,33	0,29	0,13	0,30	0,21	0,15	0,33	0,24	0,25
<i>Vismia guianensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,26	0,60	0,43	0,30	0,33	0,32	0,25
<i>Zanthoxylum monogynum</i>	0,25	0,66	0,45	0,26	0,30	0,28	0,00	0,00	0,00	0,24
Indeterminada 10	0,13	0,33	0,23	0,13	0,30	0,21	0,15	0,33	0,24	0,23
Indeterminada 1	0,13	0,33	0,23	0,26	0,60	0,43	0,00	0,00	0,00	0,22
<i>Combretum glaucocarpum</i>	0,00	0,00	0,00	0,13	0,30	0,21	0,30	0,33	0,32	0,18
<i>Jacaranda jasminoides</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,67	0,48	0,16
<i>Maprounea guianensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,67	0,48	0,16
<i>Coutarea hexandra</i>	0,00	0,00	0,00	0,13	0,30	0,21	0,15	0,33	0,24	0,15
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	0,13	0,33	0,23	0,13	0,30	0,21	0,00	0,00	0,00	0,15
Indeterminada 22	0,13	0,33	0,23	0,13	0,30	0,21	0,00	0,00	0,00	0,15
<i>Zanthoxylum</i> sp.	0,13	0,33	0,23	0,13	0,30	0,21	0,00	0,00	0,00	0,15
<i>Senna splendida</i>	0,00	0,00	0,00	0,26	0,60	0,43	0,00	0,00	0,00	0,14
Myrtaceae 5	0,25	0,33	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
Myrtaceae 6	0,25	0,33	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
<i>Parkia platycephala</i>	0,25	0,33	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,33	0,24	0,08
<i>Anacardium</i> sp.	0,13	0,33	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
<i>Ximenia americana</i>	0,13	0,33	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
<i>Casearia silvestris</i>	0,00	0,00	0,00	0,13	0,30	0,21	0,00	0,00	0,00	0,07
<i>Cordia bicolor</i>	0,00	0,00	0,00	0,13	0,30	0,21	0,00	0,00	0,00	0,07
Indeterminada 6	0,00	0,00	0,00	0,13	0,30	0,21	0,00	0,00	0,00	0,07
TOTAL	100									

Em que: DR = Densidade relativa (%); FR = Frequência relativa (%); RN1 = Rengeração Natural por Classes (%); RNT = Regeneração natural Total (%).