



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

ELLEN CRISTINA DANTAS DE CARVALHO

**ESTRUTURA E ESTÁGIOS DE SUCESSÃO ECOLÓGICA DA VEGETAÇÃO DE
CAATINGA EM AMBIENTE SERRANO NO CARIRI PARAIBANO**

**CAMPINA GRANDE
2010**

ELLEN CRISTINA DANTAS DE CARVALHO

**ESTRUTURA E ESTÁGIOS DE SUCESSÃO ECOLÓGICA DA VEGETAÇÃO DE
CAATINGA EM AMBIENTE SERRANO NO CARIRI PARAIBANO**

Dissertação apresentada ao Mestrado de Ciência e Tecnologia Ambiental, na área de concentração Ecologia do Semi-árido da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento às exigências necessárias para obtenção do título de mestre.

Orientador (a): Dilma Maria de Brito Melo Trovão

**CAMPINA GRANDE
2010**

ELLEN CRISTINA DANTAS DE CARVALHO

**ESTRUTURA E ESTÁGIOS DE SUCESSÃO ECOLÓGICA DA VEGETAÇÃO DE
CAATINGA EM AMBIENTE SERRANO NO CARIRI PARAIBANO**

Data da Aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Dilma Maria de Brito Melo Trovão
Universidade Estadual da Paraíba
Orientadora

Prof. Dr. Leonardo Pessoa Félix
Universidade Federal da Paraíba
Examinador

Prof. Dr. José Etham Barbosa
Universidade Estadual da Paraíba
Examinador

A minha Mãe, Fleuriza Amorim, por acreditar e ajudar nas minhas escolhas...

Aos meus irmãos Hewerton e Alisson, razões das minhas alegrias e aperreios...

Dedico.

*A minha avó, mãe e amiga, Florizé Amorim,
Ofereço.*

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas e instituições participaram direta ou indiretamente para concretização deste trabalho, mais uma etapa da minha vida acadêmica e também uma conquista pessoal, as quais não poderia deixar de reconhecer.

Agradeço...

A DEUS, fonte de inspiração em todos os momentos. Sem Ele não teria concluído este mestrado.

A minha família, em especial meus pais Herivelto José e Fleuriza, que sempre me proporcionaram condições para estudar sem qualquer preocupação.

A Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) e ao Mestrado em Ciência e Tecnologia (MCTA) pela oportunidade de formação ao nível de Mestre, com condições para a realização de um curso em alto nível.

A Fundação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos durante o desenvolvimento dessa dissertação.

Ao coordenador do mestrado Prof. Dr. José Tavares, por suprir todas as necessidades acadêmicas dos alunos ao longo do curso.

A Prof^a. Dra. Dilma Trovão pela orientação durante os últimos cinco anos, desde a graduação. Por acreditar na proposta de trabalho, por todo o seu apoio e pela amizade firmada ao longo do tempo.

Aos amigos e companheiros de coletas Ákila, Bruno, Lucianna, Pedro, Manú e Betânia, que mesmo nos momentos críticos não abandonaram o serviço e sem os quais seria impossível a realização deste trabalho.

Em especial ao amigo e companheiro Bruno Cruz, por agüentar com paciência todos os meus momentos de desânimo, raiva, e chatice. Além de auxiliar com correções e sugestões durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Aos Mateiros Seu Raimundo, Militão e Ciço que me ensinaram com muita simplicidade, humildade e espontaneidade durante todo o período de coleta em campo.

Aos professores Leonardo Pessoa Felix e José Etham de Lucena Barbosa, por aceitarem avaliar meu trabalho e pelas sugestões de melhorias.

A todos, o meu muito obrigada!

RESUMO

A Caatinga consiste no terceiro bioma brasileiro mais degradado ambientalmente, mesmo sendo uma ecorregião semi-árida única no mundo e de grande importância biológica para o Nordeste. A vegetação de caatinga apresenta grande variedade de paisagens devido sua ampla distribuição espacial. Estudos sobre a dinâmica sucessional da vegetação são importantes, pois proporcionam subsídios ao entendimento da complexa distribuição e relação dos organismos vivos no ambiente. No intuito de ampliar o conhecimento fitoecológico da Caatinga, este trabalho teve por objetivo analisar as variações estruturais e de diversidade em relação aos gradientes altitudinais, além da aplicação de Métodos Estatísticos Multivariados na caracterização das fases de desenvolvimento da comunidade vegetal e na composição dos grupos ecológicos. O estudo foi desenvolvido na Serra Inácio Pereira uma área de Caatinga pertencente à Microrregião do Cariri Oriental da Paraíba. Foram plotadas 30 parcelas de 50 x 4 m, distribuídas sistematicamente, em três gradientes de altitude: Gradiente I (base), Gradiente II (porção mediana) e Gradiente III (topo da serra), sendo inventariadas todas as espécies com o diâmetro do caule ao nível do solo $\geq 3\text{cm}$ e altura $\geq 1\text{m}$. A caracterização da estrutura arbóreo-arbustiva foi realizada a partir do cálculo dos parâmetros fitossociológicos de frequência, densidade, dominância, valor de importância, valor de cobertura. Foram calculados também os Índices de diversidade de Shannon - Wiener (H') e de equabilidade de Jaccard (J). A análise de desenvolvimento da comunidade e formação de grupos ecológicos foi realizada com base nas medidas estruturais das unidades amostrais e das espécies, através de técnicas multivariadas de Análise de Componentes Principais (ACP) e Classificação Hierárquica Ascendente e Análise de Agrupamentos. A formação de grupos ecológicos por meio de técnicas de estatística multivariada ainda foi confrontada com uma classificação de grupos ecológicos com base em exigências luminosas ao desenvolvimento das espécies. A composição florística catalogada na Serra Inácio Pereira apresentou 2263 indivíduos distribuídos em 44 espécies, 37 gêneros e 19 famílias, ocorrendo ainda uma espécie indeterminada. As famílias Euphorbiaceae, Fabaceae, Anacardiaceae e Cactaceae foram as mais expressivas em números de indivíduos. O Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') foi de 2,47 para a área total da serra. A densidade total encontrada neste estudo foi de 3771 indivíduos. ha^{-1} . As espécies que apresentaram os maiores Valores de Importância (VI's) foram *Croton blanchetianus*, *Opuntia palmadora*, *Bauhinia cheilantha*, *Sapium glandulatum*, *Manihot glaziovii* e *Myracrodruon urundeuva*. Os Gradientes altitudinais I, II e III apresentaram diferenças sutis quanto à composição florística e os parâmetros fitossociológicos analisados, entretanto, foi possível distinguir a formação de dois gradientes distintos o Gradiente I e a junção dos Gradientes II e III. Conforme os parâmetros analisados para o desenvolvimento da comunidade foram formados dois grupos associados a duas fases: Fase de transição ou média e fase inicial do desenvolvimento. Quanto aos grupos ecológicos, a análise de agrupamento proporcionou a formação de cinco grupos distintos. A divisão dos grupos ecológicos por meio de estatística multivariada diferiu da classificação proposta em relação à luminosidade tanto em relação ao número de grupos formados quanto às espécies que os compõem. Os resultados obtidos neste estudo proporcionaram uma contribuição importante ao entendimento de como se comporta e distribui a vegetação de caatinga ao longo dos gradientes de altitude formados pelo ambiente serrano e sobre o grau de desenvolvimento da comunidade, entretanto, quanto à formação de grupos ecológicos em relação aos parâmetros estruturais das espécies, evidenciou a necessidade de estudos mais complexos, que comportem um maior número de variáveis, as quais poderão elucidar melhor os padrões e processos ecológicos envolvidos na sucessão ecológica da caatinga.

Palavras-chave: Caatinga, Gradientes Altitudinais, Desenvolvimento da comunidade vegetal, Grupos Ecológicos.

ABSTRACT

The Caatinga is the third biome most environmentally degraded, even as a semi-arid ecoregion unique in the world and of great biological importance to the Northeast. The savanna vegetation has a great variety of landscapes due to their wide spatial distribution. Studies on the succession dynamics of vegetation are important because they provide subsidies to the understanding of the complex distribution and relationship of living organisms in the environment. In order to broaden knowledge phytoecological Caatinga, this study was to analyze structural variation and diversity in relation to altitudinal gradients and in the application of multivariate statistical methods to characterize the stages of plant community development and composition of ecological groups. The study was conducted in Sierra Ignatius Pereira a dry forest sites belonging to Microregion Cariri eastern Paraíba. We plotted 30 plots of 50 x 4 m, systematically distributed in three altitude gradients: Gradient I (base), Gradient II (middle portion) and Gradient III (the top of the mountain), and inventoried all the species with the stem diameter ground level ≥ 3 cm and height ≥ 1 m. The characterization of the structure of trees and shrubs was done from the calculation of the phytosociological parameters of frequency, density, dominance, importance value, margin. We also calculated the diversity indices Shannon - Wiener (H') and evenness Jaccard (J). Analysis of community development and training of environmental groups was based on structural measures of sample and species by multivariate analysis of Principal Component Analysis (PCA) and Ascendant Hierarchical Classification and Cluster Analysis. The formation of environmental groups through multivariate statistical techniques have been faced with a classification of ecological groups based on light requirements for the development of species. The floristic composition cataloged in Sierra Ignatius Pereira had 2263 individuals in 44 species, 37 genera and 19 families, there was also an undetermined species. The families Euphorbiaceae, Fabaceae, Anacardiaceae and Cactaceae were most significant in numbers of individuals. The diversity index of Shannon-Wiener (H') was 2.47 for the total area of the mountain. The total density found in this study was 3771 individuals. ha⁻¹. The species with highest importance values (VI's) were *Croton blanchetianus*, *Opuntia palmadora* *Bauhinia cheilantha* *Sapium glandulatum*, *Manihot glaziovii* and *M. urundeuva*. The altitudinal gradients I, II and III showed subtle differences on the floristic composition and phytosociological parameters analyzed, although it was possible to distinguish the formation of two different gradients and Gradient I Junction Gradients' II and III. As the parameters analyzed for the development of the community were formed two groups associated with two phases: Phase transition and medium and early development. As for environmental groups, the cluster analysis provided the formation of five distinct groups. The division of environmental groups by multivariate analysis differed from the classification proposed in relation to light both in the number of groups formed as the species that compose them. The results of this study provided an important contribution to understanding the behavior and distributes the savanna vegetation along gradients of altitude environment formed by the mountains and on the degree of community development, however, about the formation of ecological groups in relation the structural parameters of the species, showed the need for more complex studies, involving a larger number of variables, which may further elucidate the patterns and ecological processes involved in ecological succession from savanna.

Keywords: Caatinga, Altitudinal gradients, Development of plant community, ecological groups.

Lista de Figuras

Figura 1.	Localização do município Barra de Santana e Área de estudo: Serra de Inácio Pereira	22
Figura 2.	Esquema representativo do método de parcelas	24
Figura 3.	Esquema representativo da distribuição das parcelas na área de estudo	24
Figura 4.	Curvas de acumulação de espécies: (a) Área Total; (b) Por Gradiente Altitudinal (base, meio e topo)	29
Figura 5.	Representação gráfica do número de espécies por família catalogadas na Serra Inácio Pereira, Barra de Santana, PB	33
Figura 6.	Representação gráfica do número de espécies em relação aos gradientes de altitude catalogadas na Serra Inácio Pereira, Barra de Santana, PB	34
Figura 7.	Representação gráfica da similaridade florística entre os gradientes altitudinais através do Índice de Sørensen	37
Figura 8.	Similaridade Florística pelo Índice de Jaccard entre as parcelas na Serra Inácio Pereira	38
Figura 9.	Altura média da unidades amostrais divididas por Gradientes Altitudinais	39
Figura 10.	Representação da Ordenação da ACP para as unidades amostrais e variáveis	48
Figura 11.	Dendograma demonstrando a Classificação Hierárquica ascendente sobre os dois primeiros fatores entre as parcelas na Serra Inácio Pereira.....	49
Figura 12.	Dendograma demonstrando a Classificação Hierárquica ascendente sobre os dois primeiros fatores entre as os gradientes altitudinais na Serra Inácio Pereira: Topo (T); Meio (M) e Base (B).....	50
Figura 13.	Dendograma representando as seqüências de agrupamentos das 45 espécies, com base na distância de Bray Curtis.....	54

Lista de Tabelas

Tabela 1.	Detalhamento dos Parâmetros Fitossociológicos	25
Tabela 2.	Relação de variáveis utilizadas na distinção de grupos ecológicos de espécies vegetais	28
Tabela 3.	Lista das espécies arbóreo-arbustivas e respectivas famílias amostradas na Serra Inácio Pereira, localizada no Município de Barra de Santana, Cariri paraibano	30
Tabela 4.	Valores dos Índices de Shannon-Wiener (H'), Equabilidade (J), Riqueza de Espécies (RE) e Riqueza de Famílias (RF) para área total, Serra Inácio Pereira, e os Gradientes Altitudinais, GI (base), GII (meio) e GIII (topo)	36
Tabela 5.	Lista das espécies vegetais catalogadas na Serra Inácio Pereira, Barra de Santana – PB. N° Ind. = Número de Indivíduos; FA = Frequência Absoluta; DeR = Densidade Relativa; DoR = Dominância Relativa; FR = Frequência Relativa; VI = Valor de Importância; VC = Valor de Cobertura	41
Tabela 6.	Lista das espécies vegetais catalogadas no Gradiente I (base) da Serra Inácio Pereira, Barra de Santana – PB. N° Ind. = Número de Indivíduos; FA = Frequência Absoluta; DeR = Densidade Relativa; DoR = Dominância Relativa; VI = Valor de Importância; VC = Valor de Cobertura	43
Tabela 7.	Lista das espécies vegetais catalogadas no Gradiente II (Meio) da Serra Inácio Pereira, Barra de Santana – PB. N° Ind. = Número de Indivíduos; FA = Frequência Absoluta; DeR = Densidade Relativa; DoR = Dominância Relativa; VI = Valor de Importância; VC = Valor de Cobertura	44
Tabela 8.	Lista das espécies vegetais catalogadas no Gradiente III (Topo) da Serra Inácio Pereira, Barra de Santana – PB. N° Ind. = Número de Indivíduos; FA = Frequência Absoluta; DeR = Densidade Relativa; DoR = Dominância Relativa; VI = Valor de Importância; VC = Valor de Cobertura	45
Tabela 9.	Proporção de Variância e Proporção Acumulada de Variância dos Componentes Principais (Fatores) para análise de desenvolvimento da comunidade	47
Tabela 10.	Correlação entre componentes principais (fatores) e variáveis originais para análise de desenvolvimento da comunidade	47
Tabela 11.	Lista das espécies vegetais classificadas em seus respectivos Grupos Ecológicos (GE): Pioneiras (PI), Secundárias Iniciais (SI) e Secundárias Tardias (ST) pela Classificação de Gandolfi, Leitão Filho e Bezerra (1995) para a área geral da Serra Inácio Pereira, Paraíba	50

Tabela 12.	Proporção de Variância e Proporção Acumulada de Variância dos Componentes Principais (Fatores) para a formação de Grupos Ecológicos	52
Tabela 13.	Correlação entre componentes principais (fatores) e variáveis originais para a formação de Grupos Ecológicos.....	53
Tabela 14.	Lista das espécies vegetais divididas em Grupos Ecológicos de acordo com Métodos Estatísticos Multivariados: ACP e Análise de Agrupamento para a área geral da Serra Inácio Pereira, Paraíba.....	55

SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO	11
2.0	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	Caatinga	14
2.2	Cariri paraibano	16
2.3	Fitossociologia	17
2.4	Sucessão Ecológica	18
2.5	Análise Multivariada	20
3.0	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1	Área de Estudo	22
3.2	Coleta de Dados	23
3.3	Análise dos Dados	25
3.3.1	Parâmetros Fitossociológicos	25
3.3.2	Análise Multivariada	26
3.3.2.1	Fases do Desenvolvimento da Comunidade	26
3.3.2.1.1	Análise de Componentes Principais	26
3.3.2.1.2	Classificação Hierárquica Ascendente	27
3.3.2.2	Grupos Ecológicos	27
3.3.2.2.1	Análise de Agrupamento	28
4.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	Suficiência Amostral	29
4.2	Florística e Diversidade	30
4.3	Similaridade Florística	37
4.4	Estrutura da Comunidade	39
4.5	Parâmetros Fitossociológicos	40
4.6	Desenvolvimento da Comunidade	46
4.7	Grupos Ecológicos	50
5.0	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1.0 INTRODUÇÃO

As comunidades biológicas constituem categorias ecológicas muito complexas, sendo necessário para sua compreensão, o estudo integrado das variáveis bióticas e abióticas, estas estão ligadas por uma intrincada rede de inter-relações que conduz o funcionamento desses ecossistemas (SANTOS et al., 2004). Pinto-Coelho (2000) afirma que por meio dessas inter-relações são formados os padrões estruturais, espaciais e temporais nas comunidades biológicas.

Dentre os diversos componentes que formam o ambiente natural, a vegetação pode ser considerada como bom indicador das condições do ambiente e estado de conservação dos próprios ecossistemas aos quais está inserida, respondendo de forma consideravelmente rápida as variações ambientais. O conhecimento da dinâmica sucessional e temporal da vegetação é essencial para o entendimento sobre os padrões, processos e mecanismos de desenvolvimento e restauração de ecossistemas naturais.

Identificada como uma Savana Estépica, a Caatinga é o único bioma existente na região Nordeste, condicionada as condições de semi-áridéz. A vegetação da Caatinga apresenta grande variedade de paisagens, relativa riqueza biológica e endemismo, caracterizada por formações vegetais secas, composta por gramíneas, arbustos e árvores de porte baixo ou médio, caducifólias, com grande quantidade de plantas espinhosas, cactáceas e bromeliáceas (BRASIL, 2005), sendo a quarta maior formação vegetal do Brasil.

Conforme Myers et al. (2000), a Caatinga considerada como bioma, consiste no terceiro brasileiro mais degradado ambientalmente, perdendo apenas para Floresta Atlântica e o Cerrado. A fragmentação e o isolamento de habitats naturais estão entre os principais fatores que ameaçam à biodiversidade tanto em nível regional quanto global (NOSS; CSUTI, 1997). Várias são as conseqüências advindas da fragmentação, os efeitos de borda, a diminuição na taxa de migração entre fragmentos, redução do tamanho populacional com correspondente perda de variabilidade genética e invasão de espécies exóticas, promovendo uma degradação da paisagem (LOVEJOY et al., 1986; BIERREGAARD JR. et al., 1992; TURNER, 1996; YOUNG, et al., 1996; BRASIL, 2002).

A Caatinga no território paraibano abrange cerca de 80% e distribui-se de forma diferenciada em relação à fisionomia (BARBOSA et al., 2003). Importante ressaltar, que a cobertura vegetal remanescente apresenta-se com pouco mais de 30% da vegetação original (MARTINS et al., 2004). Na microrregião do Cariri paraibano a caatinga apresenta-se em várias paisagens em decorrência das variadas características edafoclimáticas da região. De

acordo com Andrade et al. (2005), o processo de desertificação no Cariri paraibano é intenso, e suas conseqüências são evidenciadas na perda dos solos e na simplificação dos ecossistemas decorrente da degradação da cobertura vegetal.

No relevo da região Semi-árida nordestina e mais especificamente da Microrregião do Cariri Paraibano, uma característica que se evidencia é a formação de montanhas, ou serras, as quais por constituírem-se em barreiras naturais a acessibilidade abrigam, na maioria dos casos, uma vegetação mais conservada, o que proporciona a estas áreas uma dinâmica sucessional bem estabelecida, diferentemente das áreas de planícies que são decididamente condicionadas a ações antrópicas. Em decorrência disto, também é possível vislumbrar, a preservação de processos ecológicos chaves, importantes ao entendimento da estrutura e funcionalidade da comunidade vegetal da Caatinga, ali inseridas.

No Cariri paraibano têm-se registros de alguns estudos importantes sobre a ecologia das comunidades vegetais inseridas na região. Destacam-se os trabalhos de Andrade et al. (2005), Lacerda et al. (2005) e Queiroz et al. (2006) sobre fitossociologia, Pegado et al. (2006) sobre invasão biológica, além dos trabalhos de Silva et al. (2004) e Trovão et al. (2004) no âmbito da ecofisiologia. Mais recentemente, vem sendo desenvolvidos estudos com Ecologia de comunidades vegetais presentes em áreas serranas a exemplo de Sousa (2009), Trovão, Souza e Carvalho (2009) e Oliveira et al. (2009), entretanto, informações sobre os estádios de sucessão ecológica e desenvolvimento dessas comunidades são escassas.

Estudos sobre a sucessão ecológica são bastante desenvolvidos em diversas formações vegetacionais a exemplo da Mata Atlântica (CAVALCANTE; SOARES; FIGUEIREDO, 2000; METZGER et al., 2006), do Cerrado (SOARES; SOUZA; LIMA, 2006; CARVALHO; MARQUES-ALVES, 2008), e principalmente, na Floresta Estacional Semidecidual (SILVA et al., 2003; RIBAS et al., 2003; PAULA et al., 2004; SILVA et al., 2004; FONSECA, R.; FONSECA, I., 2004; SANTOS et al., 2004; PINTO et al., 2007), todavia, para vegetação de Caatinga, apenas o estudo de Pereira et al. (2001) propõe alguns elementos acerca da sucessão em vegetação de Caatinga. Os estudos ecológicos sobre a dinâmica de crescimento e desenvolvimento das comunidades vegetais e dos processos de sucessão são necessários por fornecerem bases para subsidiar planos de conservação biológica (ENGEL, 1993).

A classificação de espécies arbóreas em grupos ecológicos sucessionais é bastante difundida, principalmente quanto às exigências de luminosas. Dentre as diversas classificações, podendo citar: Budowski, (1965), Swaine e Whitmore (1988), Leitão-Filho (1993), Gandolfi, Leitão Filho e Souza (1995) e Jardim, Souza e Silva (1996), as diferenças ocorrem apenas quanto às denominações e às variáveis utilizadas. Entretanto, essas

classificações restringem-se a dividir as espécies entre aquelas de estádios iniciais e tardios da sucessão.

A diversidade de espécies, modos e formas de vida presente nas comunidades vegetais exigem uma análise mais ampla, envolvendo um maior número de variáveis, no intuito de promover um exame mais seguro na composição dos grupos ecológicos. De acordo com Santos et al. (2004), a utilização de técnicas multivariadas é uma ferramenta útil, pois proporciona uma visualização, descrição e formulação de hipóteses mais precisas, das possíveis inter-relações que regem os ecossistemas, sendo esses os principais objetivos deste estudo na área de ecologia.

O presente trabalho encontra-se inserido em um projeto amplo que objetiva elucidar a importância das áreas serranas do Cariri paraibano como remanescentes da cobertura vegetal de caatinga, característica da região. Diante do exposto objetiva-se analisar as variações estruturais e de diversidade em relação aos gradientes altitudinais formados no ambiente serrano, além da aplicação de Métodos Estatísticos Multivariados na caracterização das fases de desenvolvimento da comunidade vegetal e na composição dos grupos ecológicos, em uma área serrana do Semi-Árido brasileiro, tratando-se de uma proposta inovadora aos trabalhos de ecologia na Caatinga, abordando uma temática pouco estudada e que certamente será balizadora nos estudos para conservação deste bioma no estado da Paraíba.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caatinga

A região do Semi-árido, também designada de domínio da Caatinga, compreende 925.043km², cerca de 55% do Nordeste brasileiro (BRASIL, 2003). Fitogeograficamente, a Caatinga ocupa 11% do território nacional, abrangendo os estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Minas Gerais (PRADO, 2003). A Caatinga, considerada uma ecorregião semi-árida única no mundo, foi distinguida como uma entre as 37 Grandes Áreas Naturais do Planeta (GIL, 2002).

A classificação climática do Nordeste brasileiro é bastante heterogênea, apresentando climas super-úmidos, úmidos, semi-úmidos e semi-áridos, no entanto, o clima semi-árido é o que melhor caracteriza o Nordeste, cobrindo cerca de 50% do seu território (NIMER, 1989). Em relação ao clima semi-árido, a Caatinga está submetida a parâmetros meteorológicos críticos como as mais altas taxas de radiação solar e temperatura média anual, baixa nebulosidade e taxas de umidade relativa, evapotranspiração potencial mais elevada e, principalmente, as baixas e irregulares precipitações (REIS, 1976).

Na Caatinga a precipitação média anual varia entre 240 e 1.500mm, entretanto grande parte da região recebe menos de 750mm e certas áreas centrais menos de 500mm (SAMPAIO, 1995). O sistema de chuvas na Caatinga é bastante irregular, proporcionando secas severas e periódicas (KROL et al., 2001; CHIANG; KOUTAVAS, 2004). Nimer (1972) descreve que a maior porção das chuvas na Caatinga é concentrada em três meses sucessivos, apesar da alta variação anual e dos longos períodos de seca serem freqüentes. Segundo Prado (2003), a quantidade de meses sem chuvas aumenta das margens para o centro da região coberta pela Caatinga, e algumas localidades apresentam períodos de 7 a 11 meses de baixa disponibilidade de água para as plantas.

Os solos atuais da Caatinga foram constituídos por processos intempéricos sobre rochas pré-cambrianas que, de acordo com Sampaio et al. (2002), variam de solos rasos argilosos e rochosos a solos profundos e arenosos. Devido à complexidade na distribuição espacial dos solos ocorre a formação de um mosaico retalhado e com tipos muito diferentes (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).

A Caatinga designa o bioma mais heterogêneo do Brasil, com um grande número de tipos e associações vegetais, fisionômica e floristicamente diferentes (EGLER, 1951). Na Caatinga é observado um considerável número de espécies, animais e vegetais, endêmicas e recentemente foram descritas várias outras espécies, indicando um baixo conhecimento

zoológico e botânico do bioma (CASTELLETTI et al., 2003). Segundo Heywood apud Rodal e Nascimento (2002), a Caatinga, inserida no domínio do semi-árido, apresenta-se como um importante centro de biodiversidade da América.

A interação entre o clima e o solo proporcionou a vegetação da Caatinga o desenvolvimento de várias adaptações genéticas e mecanismos de resistência ou tolerância, caracterizando desta forma diversas fisionomias (PEREIRA, 2000). De acordo com Brasil (2003), baseado na interação entre vegetação e solo, a região do Semi-árido apresenta-se dividida por zonas: domínio da vegetação hiperxerófila (34,3%); domínio da vegetação hipoxerófila (43,2%); ilhas úmidas (9,0%); e, agreste e área de transição (13,4%).

A heterogeneidade da vegetação de Caatinga pode ser compreendida em relação ao tempo e ao espaço. No tempo, o principal fator que induz a heterogeneidade é a distribuição irregular do regime chuvoso, que proporciona respostas diferentes no ritmo biológico de muitas espécies, em termos decrescimento e reprodução (SAMPAIO, 1995; ARAÚJO; FERRAZ, 2003). No espaço, a heterogeneidade é resultado das variações topográficas e do tipo de substrato que influenciam a fertilidade do solo e a capacidade de retenção de água (SAMPAIO; GAMARRA-ROJAS, 2003).

A caatinga foi definida por Luetzelburg (1922/23) como uma vegetação arbórea e arbustiva, espinhenta e densa, xerófila, apresentando microfilia e rica em Cactáceas. Emperaire (1991) se refere às caatingas como um conjunto de formações vegetais caracterizadas, principalmente, por apresentarem caducifolia e relata que a frequência das famílias cactáceas e bromeliáceas é explicada em função do grau de aridez, tipo de solo e em especial devido à ação antrópica. Prado (2003) caracteriza as caatingas como florestas arbóreas arbustivas, com predominância de árvores e arbustos baixos que apresentam, em sua maioria, espinhos, microfilia e algumas características xerofíticas.

Conforme Andrade-Lima (1989) a caatinga consiste na vegetação rala e espinhosa, caracterizada predominantemente, pela completa caducifolia da maior parte de suas espécies, que são submetidas à deficiência hídrica durante a maior parte do ano, em decorrência da baixa pluviosidade, má distribuição das chuvas, elevada taxa de evapotranspiração e baixa capacidade de retenção de água dos solos, em geral rasos e pedregosos.

No geral as espécies de caatinga apresentam adaptações morfológicas e fisiológicas que possibilitam a sobrevivência em condições de seca, podendo-se destacar o mecanismo de fechamento estomático, a redução da área foliar, a senescência e a caducifolia, bem como o ajustamento osmótico (NOGUEIRA, 1997; SANTOS; CARLESSO, 1998; DINIZ, 1999).

Para Souza et al. (1994), além da vegetação caducifólia espinhosa (VCE), a Caatinga apresenta outras formações vegetacionais com fisionomia e flora diferenciadas, como as florestas, e cerrados situados nos enclaves úmidos e subúmidos, como também extensas faixas ecotonais com o cerrado e a floresta atlântica. Segundo Andrade-Lima (1973), das diferentes formações vegetacionais da Caatinga, as de maior riqueza florística são as florestas estabelecidas nas serras.

2.2. O Cariri paraibano

A microrregião do Cariri paraibano está situada na mesorregião da Borborema entre 7° e 8°30'S e 36° e 37°30'W, ocupando cerca de 20% do território com área de 11.192 km² (NASCIMENTO; ALVES, 2008). Conforme Moreira (1988), o Cariri paraibano consiste na junção dos Cariris Oriental e Ocidental, apresentando-se como a região de menor densidade demográfica do estado da Paraíba. Caracteriza-se pelo predomínio de clima semi-árido, quente e seco, com uma vegetação fortemente xerofítica, constituindo-se em uma das áreas mais secas do Brasil (ANDRADE-LIMA, 1981).

Os componentes edafoclimáticos comuns do conjunto de paisagens existentes no Cariri paraibano são os baixos índices pluviométricos, as temperaturas médias altas, déficit hídrico acentuado, a caatinga hiperxerófila, solos rasos e, em muitos casos, com altos teores de salinidade (SOUZA, 2008).

Os climas que a região do Cariri paraibano está submetida variam de semi-áridos a sub-áridos secos tropicais de exceção, apresentando precipitação média anual inferior a 600 mm, sendo o município de Cabaceiras detentor dos menores índices pluviométricos do Brasil, por volta de 246 mm (MOREIRA, 1988), caracterizada por uma pluviometria que se concentra em um curto período (3 a 4 meses) irregularmente distribuídas no tempo e no espaço, a temperatura média anual reside ente 25° a 27°C, umidade relativa do ar máxima de 75%, com taxas médias de evaporação em torno de 2.000 mm/ano, e insolação média de 2.800 horas/ano (NASCIMENTO; ALVES, 2008).

A topografia da região é constituída por esporões do maciço e escarpas orientais do maciço que formam maciços residuais, as serras e os inselbergs. Toda a microrregião do Cariri Oriental encontra-se embasada no cristalino que data do período pré-cambriano, sendo a província da Borborema formada por um cinturão orogenético de idade meso a neoproterozóica (AESÁ, 2006).

Os solos nessa região formam um verdadeiro mosaico, no entanto, pode-se citar: Luvisolos, Planossolos e Neossolos lítólicos. No geral, são pouco profundos, podendo

apresentar elevada saturação de bases, argilas de atividade alta no horizonte B e capacidade de retenção de água disponível média a baixa, necessitando de um manejo eficiente para sua utilização agrícola (EMEPA, 2008).

Sampaio, Andrade-Lima e Gomes (1981) relatam que no Cariri os solos são rasos e pedregosos e a vegetação é considerada baixa e pobre em espécies, entretanto, a vegetação acompanha um gradiente de precipitação e profundidade do solo, propondo que as interações entre a pluviosidade reduzida e o relevo condicionaram a diversidade e riqueza da vegetação.

Para Gomes (1979), a precipitação é o principal fator ambiental condicionante das diferenças encontradas nos padrões da vegetação caatinga do Cariri, devido a formação de um gradiente no qual as comunidades de menor densidade e maior porte vão mudando gradativamente para comunidades de maior densidade e menor porte em função do grau decrescente de precipitação. Em acordo com esta afirmação, Barbosa et al. (2007) considera que esta ordenação está correlacionada principalmente com a precipitação média anual e com as características de altura e densidade das espécies encontradas, não apresentando correlação com os diferentes tipos de solo observados.

A paisagem do Cariri paraibano apresenta-se como um mosaico de diferentes formações vegetacionais reunidas pelas mais variadas transições edafoclimatológicas. A passagem entre formações diferentes é brusca e seus limites são de fácil observação, como feições que vão de uma caatinga arbustiva aberta à caatinga arbórea fechada (NASCIMENTO; ALVES, 2008). O Cariri Paraibano, em função das adversidades climáticas e da baixa resiliência do ecossistema, está entre as áreas de mais alta prioridade para estudo e conservação no Bioma Caatinga (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).

2.3. Fitossociologia

A fitossociologia é conceituada por Braun-Blanquet (1966) como a seção da biosociologia que estuda agrupamentos de plantas e suas relações de dependências no meio em que estão inseridas. Ou seja, é o estudo, quanti e qualitativo, de agrupamentos vegetais sobre a estrutura espacial e as relações entre os indivíduos da comunidade vegetal com os indivíduos da comunidade animal e com o meio ambiente (NAPPO; GOMES; HAVES, 1999).

A fitossociologia possibilita a identificação dos parâmetros quantitativos de uma comunidade vegetal, definindo abundância, relação de dominância e importância relativa, possibilitando ainda, inferir sobre a distribuição espacial de cada espécie (TABARELLI; VILLANI; MANTOVANI, 1993). As avaliações fitossociológicas podem demonstrar as

possibilidades de associações intra-específicas e fornecer suporte ao estudo em nível específico sobre a agressividade, propagação vegetativa, ciclo de vida e dispersão das espécies vegetais.

Conforme Pereira (2000) a fitossociologia representa um estudo ecológico quantitativo de comunidades vegetais, a partir das inter-relações das espécies no espaço e no tempo tendo como finalidade uma abordagem quantitativa da composição florística, estrutura, funcionamento, dinâmica, distribuição e relações ambientais da comunidade vegetal. De acordo com Nappo, Gomes e Haves (1999), estudos fitossociológicos objetiva o esclarecimento de aspectos relacionados à estruturação espacial e as relações mantidas entre os indivíduos da comunidade vegetal.

A análise estrutural de uma comunidade vegetal, a partir de estudos sobre a estrutura horizontal, densidade, frequência e dominância, proporciona uma melhor compreensão de sua dinâmica, pois, quantifica a participação de cada espécie com relação às demais e verifica a forma de distribuição espacial de cada espécie.

Segundo Pereira (2000), os estudos fitossociológicos proporcionam conhecimentos sobre as tendências ou processos atuantes na cobertura vegetal tornando possível a intervenção nos ecossistemas e orientando o monitoramento dos impactos decorrentes da ação antrópica sobre o meio biofísico. Isernhagen (2001), afirma que a fitossociologia possui uma função relevante no embasamento de programas de gestão ambiental. Ainda segundo este autor, os estudos fitossociológicos, quando realizados de maneira mínima, ainda fornecem uma listagem florística, a partir da qual pode-se obter uma caracterização da tipologia da vegetação em questão.

De acordo com Felfili e Venturoli (2000) a necessidade de compreensão dos processos ecológicos nos ecossistemas naturais proporcionou o surgimento e desenvolvimento dos estudos fitossociológicos, que passaram a fornecerem dados a respeito das comunidades vegetais dos diferentes biomas bem como a descrição da composição, estrutura, distribuição e dinâmica das espécies. Petrerre, Giordano e Marco Jr. et al., (2004) relatam que nos últimos tempos, a abordagem quantitativa dos estudos fitossociológicos tem sido utilizada também com o intuito de compreender o arranjo vegetal de uma comunidade além do seu estágio sucessional.

2.4. Sucessão Ecológica

O conceito de sucessão foi desenvolvido a princípio por Clements (1916) como um processo altamente ordenado e previsível, no qual mudanças na vegetação representam a

historia de vida da comunidade vegetal, sendo esta considerada um organismo. A partir de diferentes pontos de partida, determinados pelo tipo de distúrbio, por exemplo, as comunidades vegetais tendem a convergir através da sucessão em direção a uma vegetação clímax no qual estaria em equilíbrio com o clima. Entretanto, Gleason (1926) e Tansley (1935) discordaram do conceito formulado por Clements, devido acreditarem no comportamento individualista das espécies e do processo de sucessão ser dependente do acaso, bem como criticaram a idéia de monoclímax.

De acordo com Margalef (1968) e Odum (1969) a sucessão representa um incremento de um ecossistema ao longo do tempo, partindo de ecossistemas mais simples em direção a ecossistemas mais complexos, com um maior número de níveis tróficos, maior diversidade de espécies e formas de vidas e máxima biomassa.

O processo sucessão ecológica ou desenvolvimento dos ecossistemas naturais consiste em mudanças progressivas e contínuas que proporcionam complexidade nas interações dos organismos ao longo do tempo. A sucessão ecológica têm início quando o ecossistema sofre interferência tanto de fenômenos naturais catastróficos, quanto pressões antrópicas que desestruturam o ambiente natural favorecendo as sequências de mudanças. O desenvolvimento da vegetação a partir de um ambiente com pouca ou nenhuma ocupação vegetal, sendo inicialmente colonizado por plantas pioneiras que são progressivamente substituídas por espécies mais exigentes em termos de luminosidade e condições de solo, processo este culminando no aumento da biodiversidade e complexidade estrutural (RICKLEFS, 2003).

Segundo Paula et al. (2004) a classificação das espécies vegetais em grupos ecológicos torna-se uma ferramenta importante na compreensão da sucessão ecológica de uma determinada vegetação, entretanto a grande distribuição das espécies dificulta a determinação dos critérios de classificação.

Gandolfi, Leitão Filho e Bezerra (1995), em estudo para florestas mesófilas semidecidual, consideraram a divisão das espécies vegetais em três grupos ecológicos em função da quantidade de luz requerida para o desenvolvimento das espécies, Pioneiras (P), Secundárias Iniciais (SI) e Secundárias Tardias (ST), os quais afirmou estarem relacionados a três categorias de sucessão: fase inicial, média e avançada de sucessão. Vários outros trabalhos adotaram esse critério de classificação para os grupos ecológicos (PAULA et al. 2004; SILVA et al., 2004; FONSECA, R.; FONSECA, I., 2004; SANTOS et al., 2004; PINTO et al., 2007)

De acordo com Budowski (1965), espécies pioneiras e secundárias iniciais são encontradas em áreas com condições climáticas e edáficas muito diferentes, proporcionando uma grande distribuição geográfica. Para este autor, as espécies secundárias tardias apresentam como característica mais importante a deciduidade, ocorrendo inclusive em áreas de alta pluviosidade.

A sucessão primária dar-se a longo prazo, favorece as condições do solo, propicia as comunidades um grau de complexidade maior encaminhando-as à formação de uma comunidade clímax (HOLDRIDGE, 1987). Já a sucessão secundária ocorre em um ambiente antes povoado, mas que foi degradado por modificações climáticas, geológicas ou pela antropização (DAJOZ, 1978).

O processo sucessional apresenta como produto final a constituição de uma comunidade clímax, onde a estabilidade é relativa, não estática. Numa comunidade clímax existe a mistura de espécies de diferentes grupos ecológicos, ocorrendo o domínio de uma ou poucas espécies, sendo o endemismo freqüente. Uma comunidade classificada como clímax apresenta um domínio permanente do habitat.

2.5. Análises Multivariadas

Análise Multivariada consiste em um grande número de métodos e técnicas que utilizam concomitantemente todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados obtidos. A estatística multivariada permite uma visão global das variáveis e amostras analisadas sendo um instrumento valioso numa pesquisa complexa. Kendall (1969) conceitua a análise estatística multivariada como a parte da estatística que trabalha com as relações entre as variáveis, apresentando duas características principais: os valores das diferentes variáveis devem ser obtidos sobre os mesmos indivíduos e estas devem ser independentes e consideradas simultaneamente.

Os métodos estatísticos de análises multivariadas devem ser escolhidos de acordo com os objetivos da pesquisa devido à existência de um grande número de métodos com finalidades bem diversas entre si. Como descrito por Moita Neto e Moita (1998), a *priore* é imprescindível saber que conhecimento se pretende gerar, ou seja, o que se pretende afirmar a respeito dos dados.

A verificação do grau de relacionamento entre as amostras ou, o quanto estas são semelhantes de acordo com as variáveis selecionadas podem ser realizadas por meio de dois métodos principais: a Análise de Agrupamento (AA) e a Análise de Componentes Principais (ACP). Ainda existem métodos de análise multivariada que podem ser usados na etapa inicial

de uma pesquisa, na própria escolha das variáveis que descreverão o sistema (MOITA NETO; MOITA, 1998).

De acordo com Mingoti (2005) a análise de agrupamento (análise de conglomerados ou *cluster*) objetiva dividir os elementos de uma amostra em grupos nos quais ocorrem a junção dos semelhantes conforme as variáveis selecionadas propostas para análise. A análise de agrupamento consiste no tratamento matemático de cada amostra como um ponto no espaço multidimensional descrito pelas variáveis escolhidas. A análise de agrupamento é utilizada quando se deseja explorar as similaridades entre os indivíduos ou entre as variáveis, definindo-se grupos que consideram respectivamente, todas as variáveis observadas em cada indivíduo e, todos os indivíduos nos quais foram feitas as medidas (CHRISTOFOLETTI et al., 2005).

Outra técnica utilizada para classificação de elementos de uma amostra é a Análise Discriminante (AD), que difere dos métodos de análise de agrupamento. A análise discriminante pode ser utilizada em conjunto com outras técnicas multivariadas, como a análise de componentes principais e análise de agrupamento. Para a aplicação da análise discriminante, é necessário que a divisão dos elementos amostrais em grupos tenha sido feita previamente. A aplicação da análise discriminante com a análise de agrupamento avalia as taxas de classificações incorretas e pode validar ou não a partição final feita pela *a priori* pela análise de agrupamento (MINGOTI, 2005).

A Análise dos Componentes Principais (ACP) consiste no cálculo dos autovalores e correspondentes autovetores de uma matriz de variância e covariância, ou de uma matriz de coeficientes de correlação entre variáveis (CHRISTOFOLETTI et al., 2005). Seu objetivo principal é obter um pequeno número de combinações lineares (componentes principais) de um conjunto de variáveis, que retenham o máximo possível da informação nelas contida.

Segundo Christofolletti et al. (2005), as análises de componentes principais e de agrupamento são técnicas de análise multivariada com fundamentos teóricos distintos que podem ser aplicadas independentemente. Estas técnicas podem até ser complementares na informação sobre o conjunto de dados, dependendo do sistema analisado, pois ambas fornecem a visão mais global possível das amostras dentro do conjunto de dados, conforme as variáveis usadas (CAZAR, 2003).

3.0 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Serra Inácio Pereira (7° 31' 12" S e 35° 59' 59" W), uma área de Caatinga pertencente à Microrregião do Cariri Oriental da Paraíba (Figura 1), localizada no município de Barra de Santana (7° 31' 12" S e 35° 59' 59" W). A área pertence à Mesorregião da Borborema que apresenta, de acordo com a classificação de Koopen, tipo climático Bsh - semi-árido quente, caracterizando-se como a área mais seca do Estado e apresentando precipitações médias anuais de 500 mm, solos rasos e pedregosos, médias de temperatura e umidade de 24°C e 75% respectivamente (EMEPA, 2008).

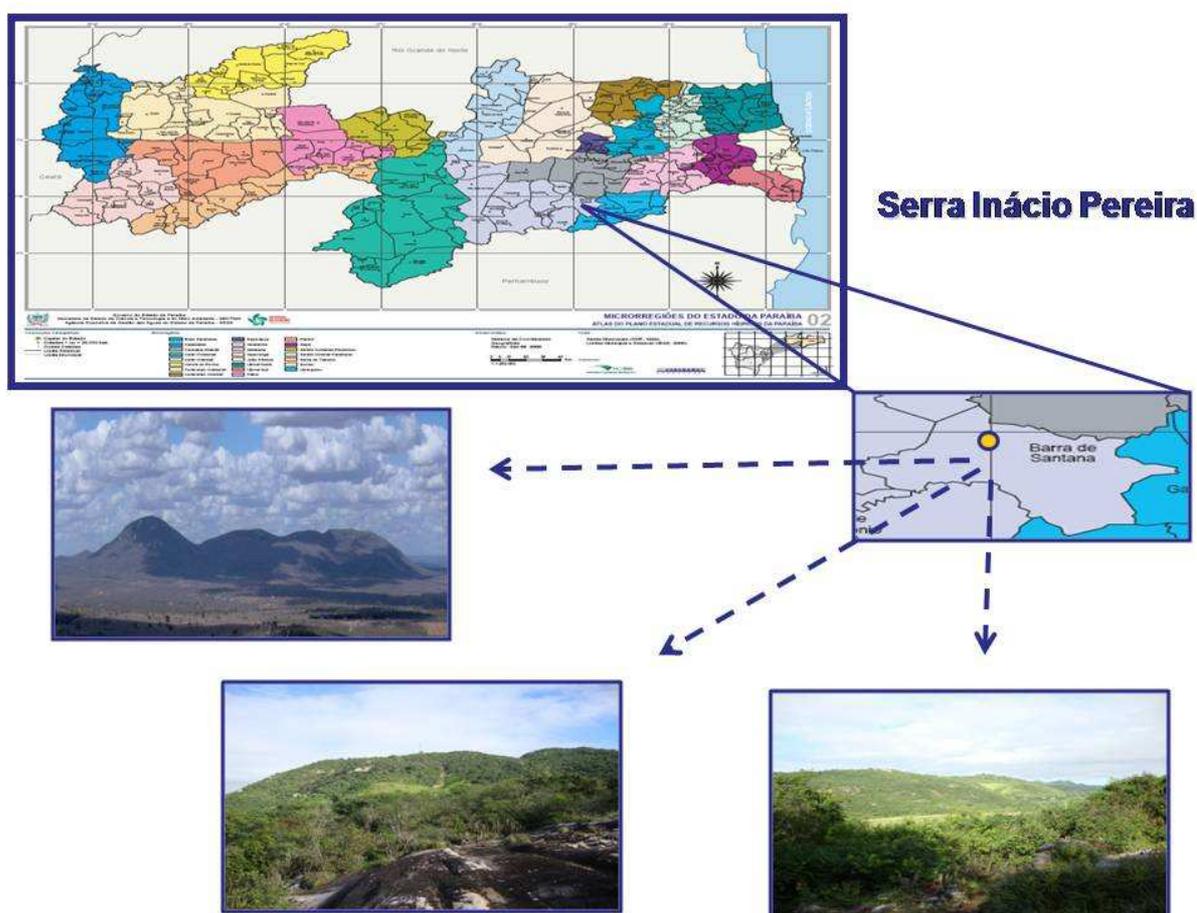


Figura 1: Localização do município Barra de Santana e Área de estudo: Serra de Inácio Pereira. Adaptado de Mapa Microrregiões do Estado – PB. (<http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/mapas.html>)

A localidade selecionada para o estudo possui grande importância biológica para a região e, além disso, constitui-se em um remanescente de caatinga que passou por algum tipo de pressão antrópica, porém evidencia-se o seu avançado grau de conservação em relação as áreas de planície da região e outras áreas serranas do cariri do estado Paraibano.

A serra Inácio Pereira, segundo relato dos seus moradores é pouco explorada dado ao grau de dificuldade para a sua escalção e ao tamanho da mesma. Várias propriedades particulares foram visitadas durante o decurso da pesquisa demonstrando o fato de não tratar-se de um latifúndio, pelo contrário, as pessoas que lá habitam são simples e sobrevivem da agricultura de subsistência e pecuária.

Há uma esporadicidade de “exploração” da serra, o período chuvoso corresponde à soltura dos animais (gado bovino e caprino) em algumas dessas propriedades para pastoreio das espécies herbáceas, devido a sazonalidade das mesmas. Cortes rasos ou superficiais não foram relatados, porém houve fala de que em alguns pontos havia extração de lenha ocasional e criminosa, ou seja, há o roubo de madeira principalmente quando ocorrem secas em anos sucessivos. Um fato que chama atenção é o desconhecimento que os moradores e proprietários têm a cerca das Serras serem Áreas de Preservação Permanente.

Importante ressaltar que esta área encontra-se inserida pelo PROBIO/2000 (VELOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002) na lista de áreas prioritárias para conservação e estudos adicionais, apresentando-se em nível altíssimo de degradação, restando apenas pequenas ilhas esparsas de vegetação nativa, onde foram verificados aspectos de xerofitismo, sendo as espécies vegetais adaptadas a longos períodos de estresse hídrico, resistindo em virtude das reservas de substâncias nutritivas e hídricas das raízes/caules e folhas decorrentes do seu metabolismo especializado.

3.2. Coleta de Dados

As excursões à campo e coletas de dados florísticos foram realizadas, semanalmente, no período de janeiro/fevereiro e maio/junho de 2009. A amostragem florística da vegetação foi realizada pelo método de parcelas (Figura 2) indicado por Braun-Blanquet (MARTINS, 1989). Foram plotadas 30 unidades amostrais de 50 x 4 m, distribuídas sistematicamente, em três gradientes de altitude: Gradiente I (base), Gradiente II (porção mediana) e Gradiente III (topo da serra) (Figura 3), sendo em cada gradiente plotadas 10 parcelas, no intuito de melhor representar a vegetação, bem como compor e analisar a influência do gradiente altitudinal para a distribuição e diversidade das espécies. A variação altitudinal entre o Gradiente I e o Gradiente III foi de 266m. O Gradiente I variou de 330 a 395m, o Gradiente II de 400 a 499m e o Gradiente III de 500 a 596m de altitude.

O Gradiente I foi representado pelo conjunto de parcelas: 1, 2, 3, 4, 10, 26, 27, 28, 29 e 30; O Gradiente II pelas parcelas: 5, 6, 7, 8, 9, 21, 22, 23, 24 e 25; E o Gradiente III pelo agrupamento das parcelas: 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20.

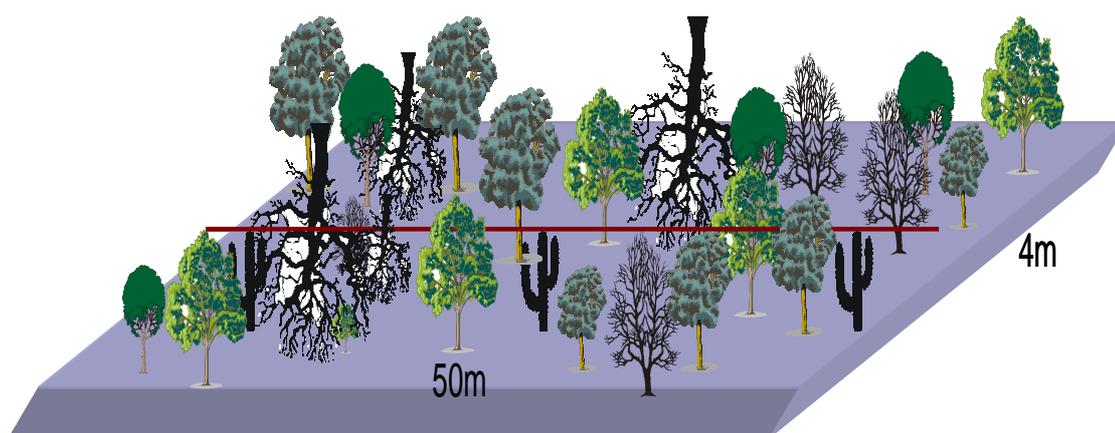


Figura 2. Esquema representativo do método de parcelas.

Foram utilizados como critérios de inclusão o diâmetro do caule ao nível do solo $\geq 3\text{cm}$ e altura $\geq 1\text{m}$, por caracterizarem plantas em estágio adulto para vegetação de caatinga (RODAL, 1992; AMORIM; SAMPAIO; ARAÚJO, 2005). Para as medidas de DNS, foram utilizados paquímetros e fita métrica com leitura direta para diâmetro e perímetro, enquanto as estimativas das alturas dos indivíduos amostrados foram feitas varas graduadas de 2 e 3 metros. Foram coletados ramos férteis de todas as árvores que disponibilizaram este recurso. O material botânico coletado foi utilizado para identificação taxonômica e posteriormente enviado ao Herbário Lauro Pires Xavier, onde foi depositado. As espécies foram classificadas em famílias de acordo com o sistema do Angiosperm Phylogeny Group II (SOUZA; LORENZI, 2005).

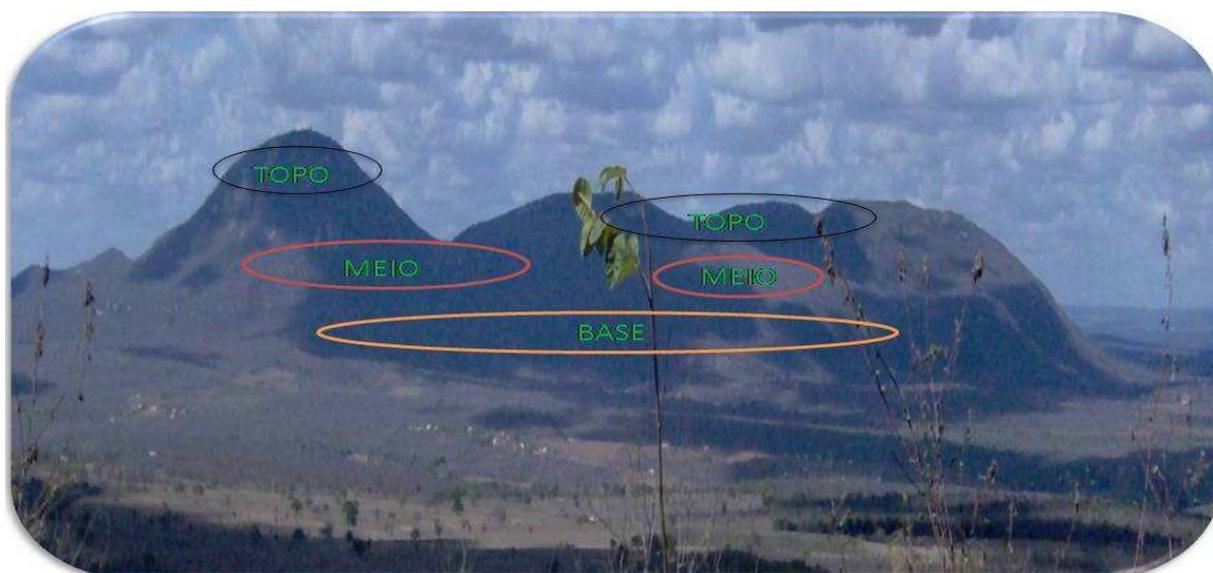


Figura 3. Esquema representativo da distribuição sistemática das parcelas na área de estudo.

3.3. Análise dos Dados

A indicação de que a composição florística foi adequadamente amostrada para a área em estudo foi feita a partir da análise da suficiência amostral das duas áreas através da projeção da curva do coletor (PIELOU, 1975).

3.3.1. Parâmetros Fitossociológicos

A caracterização da estrutura arbóreo-arbustiva foi realizada a partir do cálculo dos parâmetros fitossociológicos (Tabela 1): frequência, densidade, dominância, valor de importância, valor de cobertura e a distribuição espacial das espécies, sendo utilizado os softwares Mata Nativa 2 (CIENITEC, 2002) e FITOPAC1/UNICAMP (SHEPHERD, 1995). Foram calculados ainda os Índices de diversidade de Shannon - Wiener (H') e de equabilidade de Jaccard (J) segundo Brower e Zar (1984). Além destes parâmetros, foram calculados também os índices de riquezas de táxons (RT), para espécies (RE) e famílias (RF), através da fórmula de Whittaker (1975). A similaridade entre os gradientes altitudinais foi feita a partir do índice de Sørensen (S), cuja fórmula foi apresentada por Muller-Dumbois e Ellenberg (1974).

Tabela 1: Detalhamento dos Parâmetros Fitossociológicos

Parâmetros	Fórmulas	Convenções
Densidade Absoluta (DA)	$DA = n_i \times 1ha/A$	DA = densidade absoluta n_i = número total de indivíduos amostrados de cada espécie A = área amostrada, em hectare;
Densidade Relativa (DR)	$DR = \frac{DA_i}{\Sigma DA} \times 100$	DR_i = densidade relativa (%); DA = densidade absoluta n_i = número total de indivíduos amostrados de cada espécie ΣDA = soma de todas as densidades absolutas.
Frequência absoluta (FA)	$FA = \frac{Nu}{NUT} \times 100$	FA = frequência absoluta; NU = número de unidades amostrais com presença da espécie; NUT = número total de unidades amostrais;
Frequência Relativa (FR)	$FR = \frac{FA}{\Sigma FA} \times 100$	FR = frequência relativa; FA = frequência absoluta; ΣFA = soma de todas as frequências absolutas.
Dominância Absoluta (DoA)	$DoA = \frac{\Sigma g}{ha}$	DoA = dominância absoluta em m^2/ha ; g = área seccional de cada espécie, encontrada pela expressão: $g = CAP^2/4\pi$ ou $g = \pi DAP^2/4$; CAP = circunferência a 1,30 m do solo; DAP = diâmetro a 1,30 m do solo; π = constante trigonométrica $\pi = 3,1416$; ha = hectare;

Continuação Tabela 1:

Parâmetros	Fórmulas	Convenções
Dominância Relativa (DoR)	$DoR = \frac{DoA}{\Sigma DoA} \times 100$	DoR = dominância relativa (%). DoA= dominância absoluta em m ² /ha;
Área basal (AB)	$AB = \pi \cdot D^2/4$	AB = Área basal; D = Diâmetro de cada indivíduo; π = constante trigonométrica $\pi = 3,1416$.
Valor de Importância (VI)	$VI = DR + DoR + FR$	VI = valor de importância; DR = densidade relativa; DoR = dominância relativa; FR = frequência relativa.
Valor de cobertura (VC)	$VC = DR + DoR$	VC = valor de cobertura; DR = densidade relativa; DoR = dominância relativa.

3.3.2. Análise Multivariada (ou Estatística)

O tratamento estatístico dos dados de medidas estruturais das unidades amostrais foi realizado e fundamentado nas técnicas multivariadas: Análise de Componentes Principais (ACP) e Classificação Hierárquica Ascendente, para elucidação do desenvolvimento da comunidade; e pela Análise de Agrupamentos e Análise Discriminante para proposição dos Grupos Ecológicos. As análises estatísticas foram efetuadas pelo software Statistica versão 7.

3.3.2.1. Fases do Desenvolvimento da Comunidade

3.3.2.1.1. Análise de Componentes Principais (ACP)

A ACP apresenta como objetivo central a transformação de uma matriz X de p variáveis, que podem estar correlacionadas em uma matriz Y de p variáveis hipotéticas não-correlacionadas, que decrescem em variância da primeira para a última (MINGOTI, 2005).

Para minimizar os efeitos das diferentes escalas de mensuração entre as variáveis analisadas, conforme evidenciam Cruz e Regazzi (1997), os dados originais foram padronizados utilizando-se a média X_{ij} da j-ésima variável ($j = 1, 2, \dots, 11$) avaliada na i-ésima espécie ($i = 1, 2, \dots, 107$), gerando média zero e variância unitária.

Uma vez determinados os componentes principais foram estimados os respectivos escores associados a cada espécie estudada. Segundo Maxwell (1977) apud Santos et al. (2004), quando as variáveis observadas são inter-relacionadas é característico que os cinco primeiros componentes expliquem grande parte da variância sem que exista o prejuízo de informação. Ainda segundo esse autor, as variáveis observadas podem ser substituídas por um

menor conjunto de variáveis, o que é importante como procedimento prévio de outras análises, por exemplo, no caso de técnicas de análise de agrupamento.

O tipo de ACP que foi utilizado consiste na decomposição fatorial da variância da matriz de correlações entre as variáveis ativas, para neutralizar o efeito das unidades de medida.

3.3.2.1.2. Classificação Hierárquica Ascendente

A técnica de agrupamento das espécies vegetais utilizada para se determinar as fases de desenvolvimento da comunidade foi a Classificação Hierárquica Ascendente ou Aglomerativa, que tem como objetos iniciais as unidades amostrais, as parcelas, obtendo-se, primariamente, tantos grupos quantos forem os objetos. Os objetos mais semelhantes são agrupados, sendo estes grupos iniciais fundidos de acordo com suas similaridades. Ao longo deste processo, as semelhanças tendem a diminuir, proporcionando a união de todos os subgrupos. Os resultados foram demonstrados na forma de diagrama bidimensional, ou dendograma.

O algoritmo de agregação utilizado foi o método fundamentado no crescimento mínimo do momento de ordem 2 conforme empregado por Fonseca, R. e Fonseca, I. (2004). Neste método, substituindo a reunião de classes que apresentam maior semelhança, a agregação é feita de tal maneira que a classe resultante apresenta dispersão mínima com relação a todas as classes que possam ser formadas em uma etapa do seu algoritmo. Substituindo o cálculo da distância entre as classes, o algoritmo calcula a dispersão de cada nova classe eventualmente constituída de duas classes originais. A aplicação deste método é realizada mediante que a distância entre os objetos. Foi utilizada como medida de dissimilaridade a distância de Bray Curtis.

3.3.2.2. Grupos Ecológicos

Os grupos ecológicos de espécies foram discriminados em duas análises, sendo a primeira realizada seguindo a classificação de Gandolfi, Leitão Filho e Bezerra (1995) para florestas mesófilas semidecidual, com adaptações a vegetação de caatinga, com base nas observações em campo. Foram considerados três grupos distintos: Pioneiras (P), Secundárias Iniciais (SI) e Secundárias Tardias (ST), sendo os grupos relacionados às três categorias de sucessão: fase inicial, média e avançada de sucessão.

- Pioneiras (PI) – espécies que se desenvolvem em locais abertos, sendo dependentes de condições de luminosidade maiores, ocorrendo em maior frequência e densidade em ambientes antropizados.
- Secundárias Iniciais (SI) – espécies que se desenvolvem em condições de algum sombreamento, ocorrendo geralmente em conjunto com as espécies pioneiras.
- Secundárias Tardias (ST) – espécies que se desenvolvem em maiores condições de sombreamento, sendo geralmente encontradas em áreas mais conservadas onde as condições ambientais melhor propiciam seu desenvolvimento.

A segunda classificação foi realizada seguindo as técnicas multivariadas para distinção de grupos ecológicos de espécies florestais, através das Análises de Agrupamento e Discriminante descritas a seguir, no intuito de comparar e inferir sobre o melhor método aplicável para vegetação de caatinga.

Semelhante a análise descrita no item 3.3.2.1.1, para divisão dos grupos ecológicos, a análise de componentes principais foi aplicada visando à possibilidade de reduzir o conjunto original de variáveis. As propriedades que foram avaliadas encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Relação de variáveis utilizadas na distinção de grupos ecológicos de espécies vegetais.

Código	Descrição	Unidade
Al	Altura média	m
D	Diâmetro médio	cm
NI	Número de Indivíduos	-
Do	Dominância Absoluta	m ² /ha
Da	Densidade Absoluta	Número de árvores
Fa	Frequência Absoluta	%
VI	Valor de Importância	-
VC	Valor de Cobertura	-
Ab	Área basal	m ² /ha
V	Volume	m ³ /ha

3.3.2.2.1. Análise de Agrupamento

A análise de agrupamento foi aplicada com base nos escores primeiros componentes principais de cada espécie, que expliquem ao mínimo 80% das variações. Para delimitação dos grupos, foi utilizado o método de Ward, conforme descrito por Souza et al. (1997).

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Suficiência amostral

Em estudos florísticos e fitossociológicos para avaliar se a amostra utilizada contém uma representação adequada da comunidade vegetal, ou seja, se a composição florística e a densidade de árvores por espécies estão adequadamente amostradas, utiliza-se a suficiência amostral (SCHILLING; BATISTA, 2008). A representatividade de espécies numa unidade amostral pode ser avaliada pela curva do coletor (PIELOU, 1975). A curva do coletor consiste numa técnica que relaciona espécie-área, sendo considerada de grande importância na caracterização de comunidades vegetais. A Figura 4 apresenta as curvas de acumulação das espécies por área, curva do coletor, tanto para área total (Fig. 4a) quanto para cada gradiente altitudinal (Fig. 4b).

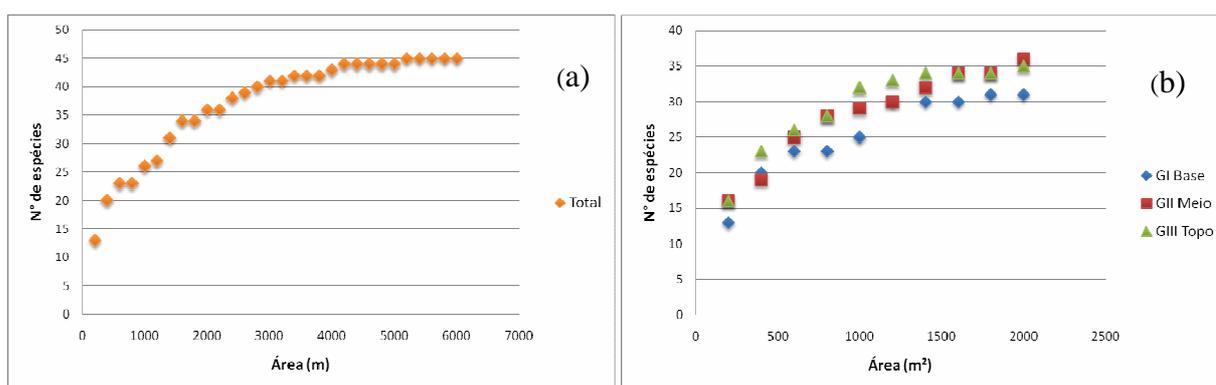


Figura 4. Curvas de acumulação de espécies: (a) Área Total; (b) Por Gradiente Altitudinal (base, meio e topo).

A curva demonstrativa da suficiência amostral comumente apresenta um elevado crescimento do número de espécies por área no início das unidades amostrais sendo subsequente estabilizada, formando um platô, do qual, mesmo com o aumento da área amostral, não ocorrerá inclusão de novas espécies, admitindo desta forma que a amostra foi suficiente para representar a fitodiversidade da área total.

De acordo com a Fig. 4a, a curva de acumulação de espécies demonstra que a amostra foi suficiente para representar a composição florística presente na área total, devido a ocorrência de uma ascendência do número de espécies por área nas primeiras unidades amostrais e posteriormente a estabilização e formação de um platô, ainda com o aumento na área amostral, o acréscimo de novas espécies foi baixo. Já a Fig. 4b, evidencia que, em relação aos gradientes altitudinais a curva de acumulação de espécies se comportou de formas diferenciadas.

Para o Gradiente I (base), a curva do coletor se comportou de maneira a demonstrar suficiência amostral, conforme apresentado para área total. Já para os Gradientes II e III, meio e topo respectivamente, as curvas de acumulação de espécies não tenderam a estabilização e formação de um platô, surgindo novas espécies até mesmo nas últimas unidades amostrais.

Para os Gradientes II e III, pode-se inferir que abriguem uma maior quantidade de espécies quando comparados ao Gradiente I, demonstrando desta forma uma maior heterogeneidade da cobertura vegetal e maior diversidade em relação ao Gradiente I, podendo-se caracterizar também áreas de transição; além de uma insuficiência amostral, o que indica a necessidade de uma amostra maior para conceber melhor os referidos gradientes. Além dessas hipóteses, outra, bem provável é o fato de que nesse tipo de vegetação as espécies de distribuição comumente raras sempre surgirão, o que evidenciaria não uma insuficiência amostral e sim a confirmação de que esse fenômeno ocorre em comunidades vegetais de Caatinga mais conservada. Assim as espécies raras em vegetação aberta não permitem a formação de platôs nas curvas do coletor.

4.2. Florística e Diversidade

A composição florística catalogada na Serra Inácio Pereira apresentou 2263 indivíduos distribuídos em 44 espécies, 37 gêneros e 19 famílias, ocorrendo ainda uma espécie indeterminada (Tabela 3). Entre os gradientes altitudinais a diferença entre os parâmetros acima citados foram bastante tênues. Para o Gradiente I (GI - base) foram descritos 847 indivíduos, representantes de 15 famílias e 31 espécies; o Gradiente II (GII - meio), 746 indivíduos, 14 famílias e 36 espécies; e o Gradiente III (GIII - topo), apresentou 670 indivíduos, 18 famílias e 35 espécies.

Tabela 3: Lista das espécies arbóreo-arbustivas e respectivas famílias amostradas na Serra Inácio Pereira, localizada no Município de Barra de Santana, Cariri paraibano.

Família	Espécies	Nº Ind. Total	G I (Base)	G II (Meio)	G III (Topo)
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allem.	119	X	X	X
	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	20	X	X	X
	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	19	X	X	X
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	74	X	X	X
Bignoniaceae	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC) Standl.	6	X		X

Continuação Tabela 3:

Família	Espécies	Nº Ind. Total	G I (Base)	G II (Meio)	G III (Topo)
Boraginaceae	<i>Cordia salzmanni</i> DC.	8		X	
	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. Ex Steud.	1		X	
	<i>Cordia</i> sp.	3	X		X
Burseraceae	<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) Gillet	43	X	X	X
Cactaceae	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	7	X	X	X
	<i>Pilosocereus pachycladus</i> F.Ritter	20	X	X	X
	<i>Pilosocereus gounellei</i> (F.A.C. Weber) Byles & Rowley	1		X	
	<i>Opuntia palmadora</i> Britton & Rose	128	X	X	X
Capparaceae	<i>Capparis flexuosa</i> L.	23	X	X	X
	<i>Capparis jacobinae</i> Moric. ex Eich.	8		X	X
Celastraceae	<i>Maytenus rigida</i> Mart..	4		X	X
Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i> Mart..	5	X	X	X
	<i>Thiloa glaucocarpa</i> (Mart.) Eichl.	12		X	
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus urens</i> (L.) Arthur	2	X		
	<i>Croton jacobinensis</i> Baill.	3		X	X
	<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	929	X	X	X
	<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	49	X	X	X
	<i>Manihot glaziovii</i> Muell. Arg.	105	X	X	X
	<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	100	X	X	X
Fabaceae	<i>Amburana cearensis</i> (Allem.) A. C. Smith	3	X	X	
	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	25	X	X	X
	<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	169	X	X	X
	<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart. et Tul.	2	X	X	
	<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.	85	X	X	
	<i>Erythrina velutina</i> Willd.	6	X	X	X
	<i>Mimosa ophtalmocentra</i> (Mart. Ex. Benth)	73	X	X	X
	<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	62	X	X	X
	<i>Senna spectabilis</i> (DC) Irwin & Barneby	6	X	X	X
	Indeterminada I	16		X	X
Malvaceae	<i>Ceiba glaziovii</i> (Kuntze) K. Schum.	4		X	X
	<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil.,Juss & Cambess.) A. Robyns	11		X	X
Nyctaginaceae	<i>Pisonia</i> sp.	13	X	X	X

Continuação Tabela 3:

Família	Espécies	Nº Ind. Total	G I (Base)	G II (Meio)	G III (Topo)
Palmae (Arecaceae)	<i>Syagrus cearenses</i> Noblick.	2			X
Rhamnaceae	<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	5	X		
Sapindaceae	<i>Allophylus</i> sp.	65	X	X	X
Sapotaceae	<i>Bumelia sartorium</i> Mart.	4	X		X
Solanaceae	<i>Solanum rhytidoandrum</i> Sendtn.	1			X
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	2			X
	<i>Lantana</i> sp.	18		X	X
	<i>Lippia gracilis</i> Schauer	2	X		

As famílias que apresentaram maior riqueza em espécies foram Fabaceae (10), Euphorbiaceae (6), Cactaceae (4), Anacardiaceae (3), Boraginaceae (3) e Verbenaceae (3), totalizando mais de 60% das espécies inventariadas (Fig. 5). As famílias Euphorbiaceae, Fabaceae, Anacardiaceae e Cactaceae foram as que detiveram os maiores números de indivíduos, cerca de 85% de todos os indivíduos registrados (Tab. 3). Apenas as famílias Fabaceae e Euphorbiaceae estiveram presentes em todas as unidades amostrais (parcelas), demonstrando grande importância para a área estudada. Nos Gradientes I, II e III as famílias mais conspícuas quanto ao número de espécies e indivíduos seguem o mesmo padrão apresentado para área total da serra, sendo estas Euphorbiaceae, Fabaceae, Cactacea e Anacardiaceae.

Outros estudos sobre a vegetação de Caatinga, como os realizados por Araújo, Sampaio e Rodal (1995), Lemos e Rodal (2002), Rodal e Nascimento (2002), Pereira et al. (2003), Andrade et al. (2005), Gomes, Rodal e Melo (2006), Queiroz et al. (2006), Andrade et al. (2007), Barbosa et al. (2007) e Costa et al. (2009), também evidenciaram que estas famílias botânicas são peculiares e as mais representativas tanto em números de espécies quanto de indivíduos nas formações de Caatinga. Queiroz (2006), ainda ressalta que entre as famílias com maior riqueza de espécies, Fabaceae apresenta importância preponderante. As demais famílias botânicas descritas apresentaram apenas uma ou duas espécies e (Fig. 5), na maioria das vezes, com o número de indivíduos relativamente baixo (Tab. 3).

A baixa concentração de espécies por famílias e gêneros também constitui uma das características marcantes nas composições florísticas da Caatinga. Assim como neste estudo

(Tab.3 e Fig. 5), Cestaro e Soares (2004), Rocha, Queiroz e Pirani (2004), Lacerda et al. (2005), Amorim, Sampaio e Araújo (2005), Santana e Souto (2006), Gomes, Rodal e Melo (2006) e Trovão et al. (2007), igualmente evidenciaram que parte significativa das famílias apresentaram um número de espécies reduzidos bem como de gêneros.

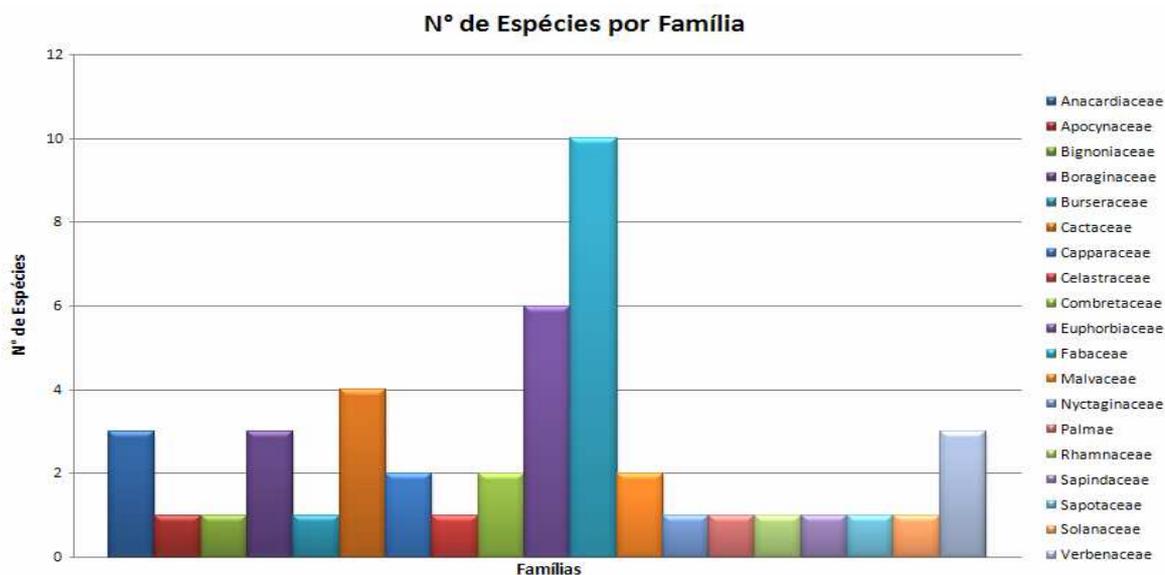


Figura 5. Representação gráfica do número de espécies por família catalogadas na Serra Inácio Pereira, Barra de Santana, PB.

As espécies que apresentaram as populações mais expressivas para a área total foram *Croton blanchetianus*, *Bauhinia cheilantha*, *Opuntia palmadora*, *Myracrodruon urundeuva*, *Manihot glaziovii*, *Sapium glandulatum*, *Caesalpinia pyramidalis*, *Aspidosperma pyriformium* e *Mimosa ophthalmocentra*, sendo dentre estas espécies o *C. blanchetianus* responsável por mais de 40% de todos os indivíduos registrados (Tab. 3). *C. pyramidalis*, *C. blanchetianus*, *O. palmadora* e *A. pyriformium* são espécies típicas de ambientes perturbados. Comumente ambientes que estão passando por processo de regeneração natural apresentam populações extensas dessas espécies, que se apresentam como pioneiras por conseguirem se desenvolver rapidamente nestes ambientes com condições adversas. Já *B. cheilantha*, *M. glaziovii*, *S. glandulatum*, *M. ophthalmocentra* e *M. urundeuva* são espécies mais exigentes, consideradas espécies secundárias iniciais e tardias, que não conseguem se estabelecer em ambientes com alto grau de perturbação.

Segundo Sampaio (1996), grande parte dos trabalhos realizados em áreas de caatinga destacam *C. blanchetianus*, *C. pyramidalis* e *A. pyriformium* como as espécies com maiores populações. Corroborando esta afirmação Drummond et al. (2002), Pereira et al. (2003),