



UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI – URCA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA BIOLÓGICA - DQB
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM BIOPROSPECÇÃO MOLECULAR

JOSÉ CÍCERO DE MOURA

**ESTRUTURA, DIVERSIDADE E INFLUÊNCIA DO SOLO E AFLORAMENTOS
ROCHOSOS NA DISTRIBUIÇÃO DE COMUNIDADE LENHOSA EM
FRAGMENTO DE CERRADO NO NORDESTE DO BRASIL.**

CRATO-CE

2020

JOSÉ CÍCERO DE MOURA

**ESTRUTURA, DIVERSIDADE E INFLUÊNCIA DO SOLO E AFLORAMENTOS
ROCHOSOS NA DISTRIBUIÇÃO DE COMUNIDADE LENHOSA EM
FRAGMENTO DE CERRADO NO NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Bioprospecção Molecular – PPBM da Universidade
Regional do Cariri - URCA, como requisito final para
obtenção do título de mestre em Bioprospecção Molecular.

Orientador:

Prof. Dr. João Tavares Calixto Júnior

CRATO-CE

2020

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade Regional do Cariri – URCA
Bibliotecária: Ana Paula Saraiva CRB: 3/1000

Moura, José Cícero de.
M929e Estrutura, diversidade e influência do solo e afloramentos rochosos na distribuição de comunidade lenhosa em fragmento de cerrado no Nordeste do Brasil/ José Cícero de Moura. – Crato-CE, 2020

78p.; il.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioprospecção Molecular da Universidade Regional do Cariri – URCA, Área de Concentração: Biodiversidade

Orientador: Prof. Dr. João Tavares Calixto Júnior

1. Semiárido brasileiro, 2. Fragmento de cerrado, 3. Refúgio vegetacional; I. Título.

CDD: 551.45

JOSÉ CÍCERO DE MOURA

**ESTRUTURA, DIVERSIDADE E INFLUÊNCIA DO SOLO E AFLORAMENTOS
ROCHOSOS NA DISTRIBUIÇÃO DE COMUNIDADE LENHOSA EM
FRAGMENTO DE CERRADO NO NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Bioprospecção Molecular da Universidade Regional do Cariri - URCA, como requisito final para obtenção do título de Mestre em Bioprospecção Molecular. Área de concentração: Biodiversidade.

DEFESA APRESENTADA EM _____ PELA BANCA EM: 23 / 07 / 2020

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Tavares Calixto Júnior

Universidade Regional do Cariri – URCA (Orientador)

Prof. Dr. Luiz Marivando Barros

Universidade Regional do Cariri – URCA (Membro avaliador)

Profª. Dra. Maria Edenilce Peixoto Batista

Universidade Regional do Cariri – URCA (Membro avaliador)

CRATO - CE

2020

Aos meus pais, Cícero Moura e Josefa M. Moura

Ao meu avô Moisés e vovó Ana (In Memoriam)

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida e força espiritual, por sempre iluminar meu caminho e dar forças para seguir em frente.

Ao meu Orientador, o professor Dr. João Tavares Calixto-Junior, pela oportunidade de fazer parte do seu grupo de pesquisa, pela confiança, por todos os ensinamentos e aprendizados que levarei sempre comigo. Pessoa generosa, sempre muito atencioso, prestativo e incentivador. Muitíssimo obrigado.

Aos integrantes do Laboratório de Estudos da Flora Regional do Cariri – LEFLORE, por toda a ajuda e parcerias durante a trajetória desse trabalho.

Ao meu irmão Tiago Moura e a minha cunhada Francilene A. G. Moura por todo o apoio e incentivo em me receber em sua casa durante essa jornada.

Aos meus amigos Professor Marcondes e o Agrônomo Rielder pela ajuda prestada a mim durante a coleta de dados.

Ao Senhor Manoel, pessoa humilde e sempre muito prestativo, o meu muito obrigado sem a sua ajuda como mateiro sei que não teria conseguido.

Aos meus amigos que sempre acreditaram em mim, em especial a companheira Ione Ferreira pelos momentos de ajuda emocional e espiritual.

Enfim, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desse trabalho, a minha mais profunda gratidão.

RESUMO

No Sul do Ceará, há carência de estudos de fitossociologia em fragmentos de Cerrado em meio à Caatinga do cristalino. Assim, visando contribuir para o reconhecimento e diagnóstico dessa vegetação, realizou-se levantamento da flora e estrutura da vegetação arbórea em mancha localizada em solos profundos e relevo tabular na Serra do Boqueirão (289 m Alt.), em Lavras da Mangabeira (6°72'24" S e 38°97'73" W). Em 12 parcelas de 12x30m (0,432 ha) foram inventariados todos os indivíduos com DNS \geq 3cm, observando-se altura total. Para observar similaridade florística comparou-se, pelo método de Jaccard, outras 10 áreas de Cerrado em diferentes regiões do País. Foram encontradas 46 espécies distribuídas em 22 famílias, num total de 906 indivíduos, com DA=2.097,22 ind.ha⁻¹. As famílias Fabaceae (20,31%) e Vochysiaceae (19,98%) apresentaram maior número de indivíduos. *Qualea parviflora*, *Annona leptopetala*, *Hymenaea stignocarpa*, *Callisthene fasciculata* e *Anacardium occidentale* foram as espécies de maior IVI. O índice de Shannon (H') para a diversidade alfa foi 3,18, a equabilidade de Pielou (J') foi 0,83 e o índice de Simpson (C') foi 0,05. A diversidade beta entre o local estudado e outras áreas de Cerrado (central e disjuntos) foi considerada alta e a estatística apontou maior similaridade com Cerrado *sensu stricto* de tabuleiro litorâneo. Foram encontradas diferenças na diversidade, hierarquia e volume de dominância das populações de plantas lenhosas entre locais com ou sem a presença de afloramentos rochosos. O solo possui uma tendência a erosão hídrica e a saturação de Alumínio obteve concentrações de 7,9 cmolc dm⁻³ com pH variando entre 4,1 a 4,2 nos ambientes com características rupestres. Os resultados obtidos sugerem que as espécies de *Q. parviflora* e *A. occidentale* parecem possuir um certo tipo de tolerância a toxicidade do Al em solos com pH abaixo de 5,0. Por fim, os resultados permitem caracterizar a área como relíquia vegetacional, que pela visível penetração da flora da Caatinga, aliada às modificações climáticas, ao desinteresse na preservação e aceleração do desmatamento pelo antropismo, tende a diminuir, restringindo-se à área bem menos ampla do que a que abrangeu a região no passado.

Palavras-chave: Semiárido brasileiro; Fragmento de cerrado; Refúgio vegetacional.

ABSTRACT

There is a lack of studies on phytosociology of Cerrado fragments within the Caatinga biome, located on the Southern region of Ceará State, associated to the Brazilian Crystalline Shield geological formation. Thus, contributing to the diagnosis and knowledge of this plant community, a survey on the general flora and especially the structure of arboreal vegetation was made. The location studied was a vegetation spot with deep soil and tabular topography at Serra do Boqueirão (289 m elev.), Lavras da Mangabeira municipality (6°72'24" S e 38°97'73" W). Every individual with DNS \geq 3cm (total height), within 12 parcels with 12x30 m (0,432 ha) of area was sampled. The floristic similarity was calculated with the Jaccard index, by comparison with ten other Brazilian Cerrado areas. Forty-six species distributed in 22 families were found, comprising a total of 906 individuals, with DA=2.097,22 ind.ha⁻¹. The highest abundance was found within families Fabaceae (20,31% of the individuals) and Vochysiaceae (19,98%). *Qualea parviflora*, *Annona leptopetala*, *Hymenaea stignocarpa*, *Callisthene fasciculata* e *Anacardium occidentale* were the highest IVI index species. The calculated biodiversity indexes were: alpha diversity of Shannon (H') = 3,18; equitability of Pielou (J') = 0,83 and dominance of Simpson (C') = 0,05. A high beta diversity was found between the study site and other Cerrado areas and the statistical analysis indicated a higher similarity with the Cerrado sensu stricto of coastal tabular relief. Differences in diversity, hierarchy and dominance volume of woody plant populations were found between sites with or without the presence of rocky outcrops. The soil has a tendency for water erosion and the aluminum saturation reached values of concentration of 7.9 cmolc dm⁻³, with a pH value between 4.1-4.2 in rocky environments. The obtained results suggest that *Q. parviflora* and *A. occidentale* probably have some kind of resistance to the toxicity of aluminum in soil with a pH value below 5.0. The results obtained show the area as a vegetation relict, under threat due to the penetration of Caatinga species, climatic changes, insufficient conservation efforts and fast anthropic deforestation. As result, this relict area tends to shrink to a fragment much smaller than it was in the past.

Key-words: Brazilian semiarid; Cerrado fragment; Vegetation refuge.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - Estrutura e diversidade alfa e beta de um fragmento de Cerrado no Sul do Ceará, Semiárido do Nordeste brasileiro.....	18
Figura 1 – Localização da Serra do Boqueirão no município de Lavras da Mangabeira	21
Figura 2 – Representação gráfica da suficiência amostral no fragmento de Cerrado, Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Ceará.	24
Figura 3 – Distribuição dos indivíduos por classe de diâmetro em um fragmento de Cerrado em Lavras da Mangabeira, Nordeste do Brasil.	34
Figura 4 – Distribuição dos indivíduos por classe de altura em um fragmento de Cerrado em Lavras da Mangabeira, Nordeste do Brasil.	35
Figura 5 – Dendrograma gerado a partir do índice de similaridade de Jaccard entre 11 áreas de Cerrado consideradas em oito Estados do Brasil.	39
CAPÍTULO II - Influência do solo e afloramentos rochosos sobre distribuição de espécies em comunidade lenhosa no Semiárido brasileiro	40
Figura 1 - Localização da Serra do Boqueirão no município de Lavras da Mangabeira	44
Figura 2 - Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (PCA) das 10 espécies mais representativas em dois tipos de substratos no fragmento de Cerrado da Serra do Boqueirão, município de Lavras da Mangabeira, Ceará, Brasil.	49
Figura 3 - Triângulo de classificação textural de solos em um fragmento de Cerrado senso stricto na Serra do Boqueirão, município de Lavras da Mangabeira, Ceará, Brasil. Adaptado de: Lemos e Santos (1984).	51
Figura 4 - Análise multivariada de componentes principais (PCA) dos atributos químicos do solo em um fragmento de Cerrado senso stricto localizado na Serra do Boqueirão, município de Lavras da Mangabeira, Ceará, Brasil.	53

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I - Estrutura e diversidade alfa e beta de um fragmento de Cerrado no Sul do Ceará, Semiárido do Nordeste brasileiro.....	18
Tabela 1 – Composição florística de um fragmento de Cerrado, Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Nordeste do Brasil.....	25
Tabela 2 – Parâmetros fitossociológicos do fragmento de Cerrado na Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Nordeste do Brasil	32
Tabela 3 – Matriz de similaridade de Jaccard de onze áreas de Cerrado consideradas em diferentes regiões do Brasil..	36
Tabela 4 – Variáveis florístico/ambientais entre 11 áreas (A-K) de Cerrado localizadas nas regiões Nordeste, Centro-oeste e Sudeste do Brasil..	37
CAPÍTULO II - Influência do solo e afloramentos rochosos sobre distribuição de espécies em comunidade lenhosa no Semiárido brasileiro.	40
Tabela 1 – Composição florística em fragmento de Cerrado <i>sensu stricto</i> , Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Ceará, Brasil.	47
Tabela 2 - Resultado analítico - física do solo de um fragmento de Cerrado <i>sensu stricto</i> localizado na Serra do Boqueirão município de Lavras da Mangabeira, Sul do Ceará, Brasil. Realizado pelo laboratório de análise de solo, água e planta da EMBRAPA semiárido (2019).....	51
Tabela 3 – Análise Química do solo de fragmento de Cerrado <i>sensu stricto</i> na Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Sul do Ceará, Brasil. Laboratório de análise de solo, água e planta - Embrapa Semiárido (2019).	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 Cerrado.....	13
2.2 Aspectos Gerais dos Principais tipos de Fisionomias do Cerrado	13
2.3 Principais Fatores Edáficos que Influenciam na Distribuição das Comunidades Vegetais Lenhosas do Cerrado.	14
2.4 Cerrado como Paisagem de Exceção	15
2.5 Conceitos e Importância dos Levantamentos Florístico e Fitossociológico no Nordeste.	15
2.6 Estado do Ceará.....	16
2.7 Município de Lavras da Mangabeira	16
2.8 Serra do Boqueirão	17
CAPÍTULO I - ESTRUTURA E DIVERSIDADE ALFA E BETA DE UM FRAGMENTO DE CERRADO NO SUL DO CEARÁ, SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO.....	18
1.Introdução.....	19
2.Material e Métodos.....	21
3.Resultados e Discussões	24
CAPÍTULO II - INFLUÊNCIA DO SOLO E AFLORAMENTOS ROCHOSOS SOBRE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES EM COMUNIDADE LENHOSA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	40
1. Introdução	41
2. Material e Métodos.....	43
3. Resultado e Discussões.....	46
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	4
REFERÊNCIAS	6
ANEXOS	63

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Al: Alumínio;

Alt.: Altitude;

AM: Área Amostral;

Aus.: Ausência;

Caa.: Caatinga;

Ca: Cálcio;

Cer.: Cerrado;

CI: Critério de Inclusão;

DA: Densidade Absoluta;

DNS: Diâmetro a Nível de Solo;

DoA: Dominância Absoluta;

DoR: Dominância Relativa;

DR: Densidade Relativa;

EAC: Herbário Prisco Bezerra;

FA: Frequência Absoluta;

FR: Frequência Relativa;

FUNCEME: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos;

H: Hidrogênio;

HCDAL: Herbário Carirense Dárdano de Andrade-Lima;

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

INPE: Instituto Nacional de Pesquisa Espacial;

IPA: Índice de Pluviosidade Anual;

IPECE: Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará;

IVC: Índice de Valor de Cobertura;

IVI: Índice de Valor de Importância;

K: Potássio;

Mg: Magnésio;

MMA: Ministério do Meio Ambiente;

N: Número;

Na: Sódio;

PCA: Análise de Componentes Principais;

SAEG: Sistema para Análises Estatísticas;

UFC: Universidade Federal do Ceará;

URCA: Universidade Regional do Cariri.

INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro é considerado a savana com maior riqueza em biodiversidade do mundo (SILVEIRA, 2010). Com mais de 11 mil espécies de plantas nativas já catalogadas (KLINK; MACHADO, 2005). Abrange no Brasil uma área estimada em 2.036.448 km² (IBGE, 2004).

O Ceará apresenta 57% do seu território coberto por tipologias consideradas florestais, uma área equivalente a 8,5 milhões de hectares. Tendo a Caatinga como o seu bioma característico, no qual, representa 88% dessa cobertura vegetal. O Cerrado apesar de em menor quantidade (0,4%) também participa das áreas de cobertura florestal do estado (MMA, 2016).

Os enclaves de Cerrado ocorrentes na região sul cearense resumem-se a pequenos relevos sedimentares localizados nos municípios de: Lavras de Mangabeira, Aurora, Granjeiro, Várzea Alegre, Farias Brito, Cedro, Jucás e sobre a Chapada do Araripe (NEPOMUCENO *et al.*, 2016; FIGUEIREDO 1997; MORO *et al.*, 2015).

Para Tavares (2017), o conhecimento florístico e o fitossociológico das florestas são fundamentais para a conservação destas formações, especialmente para a conservação da biodiversidade que é um dos maiores desafios da atualidade, devido ao elevado nível de perturbações antrópicas dos ecossistemas naturais existentes no Brasil.

Neste sentido, objetivou-se a análise dos aspectos da composição florística, diversidade, fitossociologia e influencia de fatores edáficos na distribuição das espécies lenhosas de um fragmento de Cerrado localizado na Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Ceará, Nordeste do Brasil (Região Semiárida) constituindo-se como o primeiro trabalho a focar aspectos estruturais descritivos e de similaridade da flora da região.

A relevância desta contribuição é evidente também pelo fato da crescente penetração da flora típica do semiárido brasileiro (Caatinga) nessa mancha, propiciado pela contínua degradação do relevo, resultado das modificações climáticas a que vem sendo submetida à área, e que, aliado ao desinteresse governamental na preservação, à aceleração do desmatamento pela agropecuária e construção civil e à deficiência na fiscalização ambiental, acarretam a supressão da flora de Cerrado, restringindo-se à área bem menos ampla do que a que abrangeu a região no passado.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Cerrado

O Cerrado ocupa uma área de aproximadamente dois milhões de quilômetros quadrados, localizado na região central do Brasil, o que corresponde a cerca de 22 % de todo o território nacional (MMA, 2011).

Segundo Tavares (2017), a área deste bioma incide sobre os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, além dos enclaves no Amapá, Roraima e Amazonas.

No entanto, o estado do Ceará apesar de apresentar 88% de sua cobertura vegetal ocupada pela Caatinga, o Cerrado embora, em menor quantidade (0,4%), participa das áreas de cobertura florestal do estado (MMA, 2016).

Figueiredo e Fernandes (1987), foram os pioneiros na identificação dos enclaves de Cerrado ocorrentes no sul do Ceará, estes se resumem a pequenos relevos sedimentares localizados nos municípios de Lavras de Mangabeira, Aurora, Granjeiro, Várzea Alegre, Farias Brito, Cedro, Jucás e sobre a Chapada do Araripe (FIGUEIREDO 1997; MORO *et al.*, 2015; NEPOMUCENO *et al.*, 2016).

2.2 Aspectos Gerais dos Principais Tipos de Fisionomias do Cerrado

A vegetação do bioma Cerrado apresenta fisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres. Em sentido fisionômico, as florestas representam áreas com predominância de espécies arbóreas, onde há formação de dossel, contínuo ou descontínuo. O termo savana refere-se às áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato gramíneo, sem a formação de dossel contínuo. Já o termo campo designa áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, faltando árvores na paisagem. (RIBEIRO; WALTER 1998; TAVARES 2017).

Ribeiro e Walter (2008), determinaram 11 tipos fitofisionômicos distribuídos entre as formações florestais, savânicas e campestres; dentre estes, sendo o Cerrado *sensu stricto* o que apresenta maior extensão territorial, ocupando cerca de 70% do bioma (FELFILI; SILVA-JUNIOR 2005; MOTA *et al.*, 2014). Esse padrão promove uma maior diversidade de subtipos, apresentando ambientes com vegetação densa, típica e rala sobre solos profundos e ambientes rupestres, com solos rasos e afloramentos rochosos, condicionando a presença de

arbustos e vegetação arbórea (RIBEIRO; WALTER 2008; MOTA *et al.* 2014).

O clima tem efeito indireto sobre a vegetação, agindo diretamente sobre o solo, tanto na composição físico-química, quanto na disponibilidade de água e nutrientes, assim como também, na geomorfologia e topografia (RODAL 1992; EITEN 1994; RIBEIRO; WALTER, 1998).

Ribeiro e Walter, (1998), define que a distribuição da flora é condicionada pela latitude, frequência de queimadas, profundidade do lençol freático, pastejo e inúmeros fatores antrópicos (abertura de áreas para atividades agropecuárias, retirada seletiva de madeira, queimadas como manejo de pastagens, etc.).

2.3 Principais Fatores Edáficos que Influenciam na Distribuição das Comunidades Vegetais Lenhosas do Cerrado.

Alguns dos principais fatores que influenciam como determinantes dos tipos de vegetação do Cerrado estão amplamente relacionados às condições edáficas, especialmente: a profundidade da água, drenagem, profundidade efetiva do perfil do solo e sua textura, assim como, a porcentagem de rochas expostas no ambiente (HARIDASAN 2000; ABREU *et al.*, 2012). Esses fatores exercem influências nas fitofisionomias do Cerrado, tanto quanto a ação humana (PIVELLO; COUTINHO 1996; NERI *et al.*, 2007).

Segundo Eiten (1994), as formas fisionômicas do Cerrado estão relacionadas a três fatores: fertilidade (baixa fertilidade e alta concentração de alumínio), profundidade e grau de saturação hídrica nas camadas superficiais do solo. Já Alvin (1996), deduz que a deficiência hídrica é o principal fator edáfico limitante que influencia na origem da vegetação do Cerrado.

A composição química do solo no Cerrado, na maior parte, é distrófica com pH ácido e baixa concentração de cálcio e magnésio disponíveis e com alta concentração de alumínio trocável (LOPES; COX 1977; NERI *et al.*, 2007). Dependendo do nível de concentração, alguns metais, como o alumínio, promovem uma toxicidade no solo, influenciando no crescimento de algumas espécies de plantas desse ambiente e atuando como um dos fatores limitantes para o crescimento de algumas espécies vegetais no domínio Cerrado (BALBINO-MIGUEL *et al.*, 2010).

Para Haridasan (2000), algumas espécies predominantes em ambientes nessas condições possuem a capacidade de acumular alumínio como estratégia adaptativa, dentre essas, destacam-se algumas espécies da família Vochysiaceae.

Outra estratégia adaptativa associada as condições edáficas está relacionada a associação mutualística com bactérias do gênero *Rhizobium*, na qual, desempenham o papel

de fixadoras de nitrogênio nas raízes de plantas da família Fabaceae, conferindo a essa família uma vantagem adaptativa que contribui para a sua ampla distribuição no domínio Cerrado (CORDEIRO 2002; MOTA *et al.*, 2014).

Mota *et al.* (2014), indicaram que a presença de afloramentos rochosos em ambientes de Cerrado também compõe o grupo de fatores edáficos que estão influenciando na distribuição de espécies vegetais lenhosas do Cerrado.

Abreu *et al.* (2012), sugerem que realizar estudos comparativos da vegetação lenhosa e os afloramentos rochosos em locais típicos de cerrado, podem ajudar a avaliar os efeitos das condições edáficas nas suas composições florísticas e estruturais.

2.4 Cerrado como Paisagem de Exceção

Freire (2007), conceitua paisagens de exceção como sendo as paisagens que apresentam configurações diferenciadas em relação ao seu entorno resultante de uma dinâmica própria, oriunda de fatores naturais, sobretudo biogeográficos, ao longo do tempo geológico.

Uma das teorias para a presença do Cerrado em regiões que predominam outros biomas como: Floresta Amazônica, Caatinga, Mata Atlântica e florestas aciculifoliadas no sul do Brasil estaria associado a ocorrência de refúgios e redutos oriundos de eventos climáticos ocorrido no Quaternário. (AB'SABER 1963; COLE 1986; CARNEIRO-FILHO 1993; SANTOS *et al.*, 2015).

No período Quaternário, a dinâmica vegetacional do Brasil passou por fases de retração e expansão florestal devido a uma série de glaciações, o que ocasionou em alterações na posição das caatingas e dos cerrados (Ab'Saber 2005; Santos *et al.* 2015). Após o este período de retração das caatingas, oriundo das flutuações climáticas, e com um clima mais úmido, promoveram condições que levaram a uma expansão dos cerrados, desse modo, os enclaves de cerrado encontrados fora do seu domínio (Brasil Central), são refúgios, interpretados como testemunhas de paleoambientes. (SILVA 2011; SANTOS *et al.*, 2015).

2.5 Conceitos e Importância dos Levantamentos Florístico e Fitossociológico no Nordeste.

O levantamento florístico tem como propósito, realizar uma listagem das espécies de vegetais ocorrentes em uma determinada área (CAVASSAN; MARTINS 1989) e a fitossociologia é a ciência que busca conhecer de um ponto de vista florístico e estrutural as

comunidades vegetais (BROWN-BLANQUET, 1950).

Apesar do significativo número de trabalhos em fitossociologia já realizados no Nordeste, ainda falta muito para se conhecer a vegetação dessa região, havendo necessidade de continuar os levantamentos de espécies, determinando seus padrões de distribuição geográfica, abundância e suas relações com os fatores ambientais. (XAVIER, 2009).

Para estudar a composição florística e estrutural de uma área, deve-se primeiramente determinar as unidades amostrais (tamanho e forma) e em seguida adotar critérios de inclusão dos indivíduos (arbóreo-arbustivo), que podem ser através da altura, diâmetro mínimo ou ambos (TAVARES, 2017).

2.6 Estado do Ceará

O estado do Ceará é uma unidade federativa que integra a Região Nordeste. Sua extensão territorial é de 148.886 quilômetros quadrado com população aproximada de 8.452.381 (IBGE, 2010).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2016), o estado do Ceará apresenta 57% do seu território coberto por fisionomias florestais, uma área equivalente a 8,5 milhões de hectares, tendo a Caatinga como o seu bioma característico, no qual, representa 88% dessa cobertura vegetal. O Cerrado apesar de em menor quantidade (0,4%) também participa das áreas de cobertura florestal do estado (MMA,2016).

Na região sul do estado as discretas áreas de Cerrado foram inicialmente identificados por Figueiredo e Fernandes (1987) e resumem-se a pequenos relevos sedimentares localizados nos municípios de: Lavras de Mangabeira, Aurora, Granjeiro, Várzea Alegre, Farias Brito, Cedro, Jucás e sobre a Chapada do Araripe (FIGUEIREDO 1997; MORO *et al.*, 2015; NEPOMUCENO *et al.*, 2016).

2.7 Município de Lavras da Mangabeira

O município de Lavras da Mangabeira está localizado na região semiárida do Nordeste brasileiro, na microrregião homônima e na mesorregião do Centro-Sul do Ceará (IBGE, 2010).

A Bacia sedimentar de Lavras da Mangabeira constitui um conjunto de três pequenas bacias com uma área aproximada de 60,27 km². O clima é o Tropical Quente Semiárido, com duas estações bem definidas (de inverno seco e verão úmido, (Aw) segundo a classificação de

Köppen, apesar do caráter transitório com o clima semiárido do Nordeste do Brasil (BSh). A média de pluviosidade anual é de 908,9 mm (FUNCEME, 2019), com chuvas concentradas de janeiro a abril. A temperatura média anual é de 26.8 °C (INPE, 2019).

2.8 Serra do Boqueirão

A Serra do Boqueirão localiza-se no município de Lavras da Mangabeira, (6°72'24" S e 38°97'73" W), com altimetria variando de 282 a 401m. O tipo de substrato da região conforme o IPECE (2019), são variações de Neossolos e Luvisolos, em uma classificação para o 1º nível categórico.

A região é intensamente falhada, apresentando os lineamentos de direção Oeste-Leste, convergindo para o lineamento de Patos na Paraíba. A Serra do Boqueirão situa-se entre as falhas de Várzea Alegre, Granjeiro e de Cuncas. O relevo é constituído por superfícies dissecadas em cristais estruturais com vales e interflúvios alongados. Os interflúvios já em adiantado processo de dissecação guardam estreitas superfícies horizontais, apresentando em suas vertentes, sulcos paralelos que acompanham geralmente as fraturas (FIGUEIREDO; FERNANDES, 1987).

CAPÍTULO I

Artigo submetido ao periódico Forest Ecology Manegment (Quallis A1 –
Biodiversidade; Fator de impacto: 3.126.

ESTRUTURA E DIVERSIDADE ALFA E BETA DE UM FRAGMENTO DE CERRADO NO SUL DO CEARÁ, SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO

Resumo:

No Sul do Ceará, há carência de estudos de fitossociologia em fragmentos de Cerrado em meio à Caatinga do cristalino. Assim, visando contribuir para o reconhecimento e diagnóstico dessa vegetação, realizou-se levantamento da flora e estrutura da vegetação arbórea em mancha localizada em solos profundos e relevo tabular na Serra do Boqueirão (289 m Alt.), em Lavras da Mangabeira (6°72'24" S e 38°97'73" W). Em 12 parcelas de 12x30m (0,432 ha) foram inventariados todos os indivíduos com DNS \geq 3cm, observando-se altura total. Para observar similaridade florística comparou-se, pelo método de Jaccard, outras 10 áreas de Cerrado em diferentes regiões do País. Foram encontradas 46 espécies distribuídas em 22 famílias, num total de 906 indivíduos, com DA=2.097,22 ind.ha⁻¹. As famílias Fabaceae (20,31%) e Vochysiaceae (19,98%) apresentaram maior número de indivíduos. *Qualea parviflora*, *Annona leptopetala*, *Hymenaea stignocarpa*, *Callisthene fasciculata* e *Anacardium occidentale* foram as espécies de maior IVI. O índice de Shannon (H') para a diversidade alfa foi 3,18, a equabilidade de Pielou (J') foi 0,83 e o índice de Simpson (C') foi 0,05. A diversidade beta entre o local estudado e outras áreas de Cerrado (central e disjuntos) foi considerada alta e a estatística apontou maior similaridade com Cerrado *sensu stricto* de tabuleiro litorâneo. Por fim, os resultados permitem caracterizar a área como relíquia vegetacional, que pela visível penetração da flora da Caatinga, aliada às modificações climáticas, ao desinteresse na preservação e aceleração do desmatamento pelo antropismo, tende a diminuir, restringindo-se à área bem menos ampla do que a que abrangeu a região no passado.

Palavras-chave: Manchas de Cerrado, Lavras da Mangabeira, Serra do Boqueirão.

1. Introdução

O Cerrado brasileiro é considerado a savana com maior riqueza em biodiversidade do mundo (SILVEIRA, 2010). Com mais de 11 mil espécies de plantas nativas já catalogadas (KLINK; MACHADO, 2005). Abrange no Brasil uma área estimada em 2.036.448 Km² (quilômetros quadrado) (IBGE, 2004).

A vegetação do bioma Cerrado apresenta fisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres. Em sentido fisionômico, floresta representa áreas com predominância de espécies arbóreas (RIBEIRO; WALTER, 1998; TAVARES, 2017).

O solo, na maior parte, é distrófico com pH ácido e baixa concentração de cálcio e magnésio disponíveis e alta concentração de alumínio trocável (LOPES; COX, 1977; NERI *et al.*, 2007). As propriedades do solo, profundidade, fertilidade e capacidade de drenagem, exercem frequentes influências para as diferentes fitofisionomias do Cerrado, tanto quanto, a ação humana (PIVELLO; COUTINHO, 1996; NERI *et al.*, 2007).

O Estado do Ceará apresenta 57% do seu território coberto por tipologias consideradas florestais, uma área equivalente a 8,5 milhões de hectares, tendo a Caatinga como o seu bioma característico, no qual, representa 88% dessa cobertura vegetal. O Cerrado apesar de em menor quantidade (0,4%) também participa das áreas de cobertura florestal do estado (MMA,2016).

Freire (2007), conceitua enclaves, como sendo as paisagens que apresentam configurações diferenciadas em relação ao seu entorno, resultante de uma dinâmica própria, oriunda de fatores naturais, sobretudo biogeográficos, ao longo do tempo geológico.

Uma das teorias para a presença do Cerrado em regiões que predominam outros biomas como: Floresta Amazônica, Caatinga (semiárido brasileiro), Mata atlântica e florestas aciculifoliadas no sul do Brasil, estaria associado a ocorrência de refúgios e redutos oriundos de eventos climáticos ocorrido no Quaternário. (AB'SABER, 1963; COLE, 1986; CARNEIRO-FILHO, 1993; SANTOS *et al.*, 2015).

Os enclaves de Cerrado ocorrentes na região sul cearense foram inicialmente identificados por Figueiredo e Fernandes (1987) e resumem-se a pequenos relevos sedimentares localizados nos municípios de: Lavras de Mangabeira, Aurora, Granjeiro, Várzea Alegre, Farias Brito, Cedro, Jucás e sobre a Chapada do Araripe (FIGUEIREDO 1997; MORO *et al.*, 2015; NEPOMUCENO *et al.*, 2016).

Conforme Figueiredo e Fernandes (1987), os solos nessa área são caracterizados por serem profundos (2m), vermelhos com tonalidades bem diferenciadas nos horizontes sub superficiais, bem drenados, caracterizando-se como Podzólico, que aparece ao lado de outros tipos, na região, como o Bruno não cálcico.

Para que se possam executar projetos de conservação da biodiversidade e planos de manejo sustentável é necessário que se conheça a vegetação da área de interesse, suas limitações e capacidade de resiliência (FERRAZ *et al.*, 2013). Xavier (2009), enfoca que os estudos fitossociológicos e florísticos fazem contribuições importantes para o conhecimento das formações florestais, uma vez que promovem um levantamento de riqueza e heterogeneidade das áreas amostradas. Para Tavares (2017), o conhecimento florístico e o fitossociológico das florestas são fundamentais para a conservação destas formações, especialmente para a conservação da biodiversidade, que é um dos maiores desafios da atualidade, devido ao elevado nível de perturbações antrópicas dos ecossistemas naturais existentes no Brasil.

A relevância desta contribuição é evidente devido a crescente penetração da flora típica do semiárido brasileiro (Caatinga) nessa mancha de cerrado, propiciado pela contínua

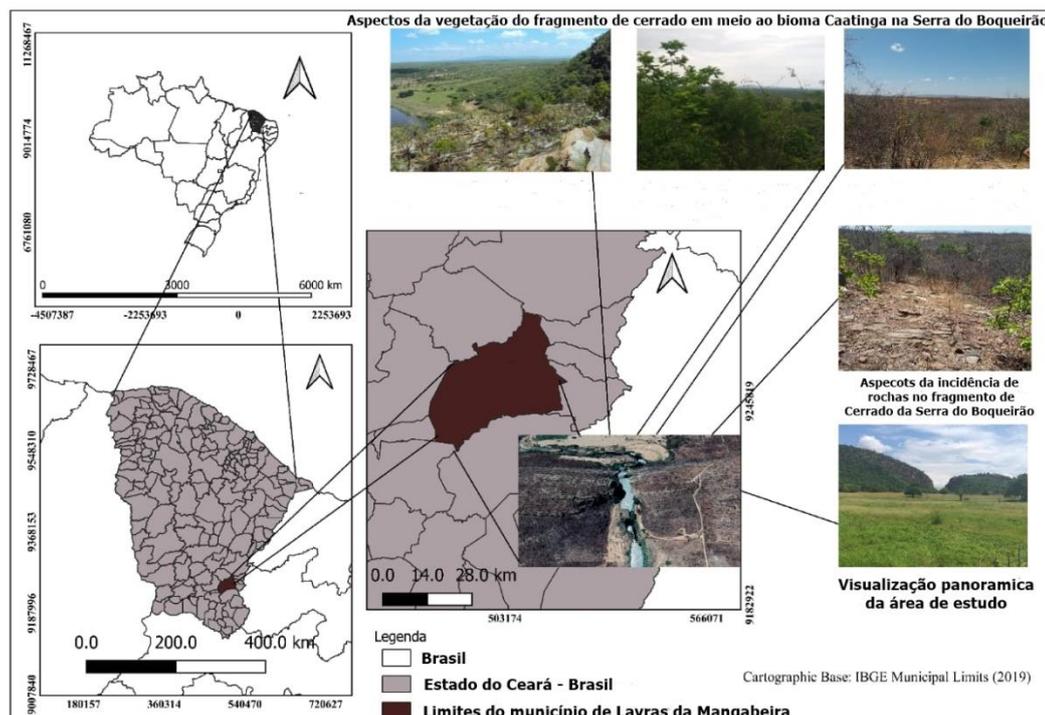
degradação do relevo, resultado das modificações climáticas a que vem sendo submetida a área, e que, aliado ao desinteresse governamental na preservação, à aceleração do desmatamento pela agropecuária e construção civil e à deficiência na fiscalização ambiental, acarretam a supressão da flora de Cerrado, restringindo-se à área bem menos ampla do que a que abrangeu a região no passado. Neste sentido, objetivou-se a análise dos aspectos da composição florística, diversidade e fitossociologia de um fragmento de Cerrado localizado na Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Ceará, Nordeste do Brasil (região semiárida) constituindo-se como o primeiro trabalho a enfatizar aspectos estruturais descritivos e de similaridade da flora da região.

2. Material e Métodos

Área de Estudo

A Serra do Boqueirão localiza-se no município de Lavras da Mangabeira, ($6^{\circ}72'24''$ S e $38^{\circ}97'73''$ W) (Figura 1), com altimetria variando de 282 a 401m. O município está localizado na região semiárida do Nordeste brasileiro, na microrregião homônima e na mesorregião do Centro-Sul do Ceará (IBGE, 2010). A área situa-se nas proximidades da Bacia sedimentar de Lavras da Mangabeira, um conjunto de três pequenas bacias com uma área aproximada de $60,27 \text{ km}^2$.

Figura 1: Localização geográfica e aspectos fisionômicos da vegetação da Serra do Boqueirão Lavras da Mangabeira, Sul do Ceará.



Fonte: José Laécio de Moraes

O clima é o Tropical quente semiárido, com duas estações bem definidas (de inverno seco e verão úmido, (Aw) segundo a classificação de Köppen, apesar do caráter transitório com o clima semiárido do Nordeste do Brasil (BSh). A média de pluviosidade anual é de 908,9 mm (FUNCEME, 2019), com chuvas concentradas de janeiro a abril. A temperatura média anual é de 26.8 °C (INPE, 2019).

A região é intensamente falhada, apresentando os lineamentos de direção Oeste-Leste, convergindo para o lineamento de Patos na Paraíba. A área em estudo situa-se entre as falhas de Várzea Alegre, Granjeiro e de Cuncas. O relevo é constituído por superfícies dissecadas em cristais estruturais com vales e interflúvios alongados. Os interflúvios já em adiantado processo de dissecação guardam estreitas superfícies horizontais, apresentando em suas vertentes, sulcos paralelos que acompanham geralmente as fraturas (FIGUEIREDO; FERNANDES, 1987).

Suficiência Amostral

Para se observar a suficiência do número de unidades amostrais, utilizou-se o procedimento REGRELRP – Regressão Linear com Resposta em Platô, do Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG versão 9.1 da Fundação Arthur Bernardes - Universidade Federal de Viçosa – UFV (SAEG, 2007), conforme adotado por Calixto Júnior e Drumond (2011), seguindo a lógica da “curva espécie/área”.

A precisão da amostragem foi também avaliada através do cálculo do erro padrão. A abrangência dessa amostragem foi observada pelo cálculo do intervalo de confiança para os parâmetros densidade e dominância, com um limite de erro de 10 a 95 % de probabilidade, conforme Felfili e Rezende (2003).

Coleta e Tratamento de Dados

Para caracterizar a vegetação de Cerrado foi conduzido inventário florestal, e pelo método das parcelas, proposto por Mueller-Dombois e Elleberg (1974), foram lançadas de forma sistemática (com distância de 100 m), unidades amostrais de 360 m² (12m x 30m), totalizando 12 parcelas em toda a área (0,432 ha).

Todos os indivíduos vivos com DNS (Diâmetro a 30 cm de altura do solo) ≥ 3 cm foram mensurados, assim como foram medidas a altura total. Para a mensuração do DNS foi utilizada suta dendrométrica e para a estimativa da altura total, vara telescópica graduada, conforme Ferraz *et al.* (2013). Na existência de rebroto, foi mensurado o de maior diâmetro e

estando este dentro dos critérios de inclusão, o mesmo e os demais rebrotos foram incluídos, conforme sugere Rodal (1992).

A identificação do material botânico foi realizada com base em caracteres morfológicos florais e vegetativos e com a utilização de coleções botânicas, pela comparação de exsicatas coletadas com material catalogado nos Herbário Caririense Dárdano de Andrade-Lima, da Universidade Regional do Cariri (HCDAL-URCA) e Herbário Prisco Bezerra, da Universidade Federal do Ceará (EAC-UFC), além de consulta à literatura e especialistas. As espécies foram classificadas em famílias de acordo com o sistema do Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV, 2016) e a grafia dos táxons foi conferida nos bancos do Missouri Botanical Garden (2011) e Flora do Brasil 2020 (2019).

Análise Fitossociológica

Para a obtenção dos parâmetros fitossociológicos utilizou-se o *software* Fitopac 2.1.2 (SHEPHERD, 2010), que possibilitou a análise de parâmetros gerais da comunidade: densidade total, área basal, alturas e diâmetros; e parâmetros relativos às espécies: densidade absoluta (DA) e relativa (DR), frequência absoluta (FA) e relativa (FR), dominância absoluta (DoA) e relativa (DoR), índice de valor de cobertura (IVC) e índice de valor de importância (IVI).

Para análise da diversidade alfa, relativo à abundância e número das espécies na comunidade, foram calculados o índice de diversidade de Shannon-Weaver (H'), em base logarítmica neperiana e o índice de concentração de Simpson (C'). O Índice de equitabilidade de Pielou (J'), também foi avaliado, permitindo representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre todas as espécies existentes (MAGURRAN, 1988).

Análise de Similaridade

Com o objetivo de identificar a similaridade florística da área estudada com outros levantamentos realizados em áreas de Cerrado (disjuntas ou Cerrado Central) foi elaborada uma matriz de presença/ausência de espécies citadas em outros 10 levantamentos realizados em oito Estados brasileiros: Saporetti-Junior *et al.* (2003), no município de Abaeté, Minas Gerais; Silva-Neto *et al.* (2016), município de Dueré, Tocantins; Assunção e Felfili (2004) na APA do Paranoá, Distrito Federal; Finger e Finger (2015) na Chapada dos Guimarães e Baixada Cuiabana, Mato Grosso; Moro *et al.* (2011) no município de Fortaleza, Ceará; Medeiros *et al.* (2008), no município de Carolina, Maranhão; Oliveira *et al.* (2015), município de Jaborandi, oeste da Bahia; Imaña-Encinas *et al.* (2007) em área do EcoMuseu do Cerrado,

Pirinópolis, Goiás; Costa e Araújo (2007) na Chapada do Araripe, Barbalha, Ceará e Neri *et al.* (2007) na Bacia do rio Jequitinhonha, Minas Gerais.

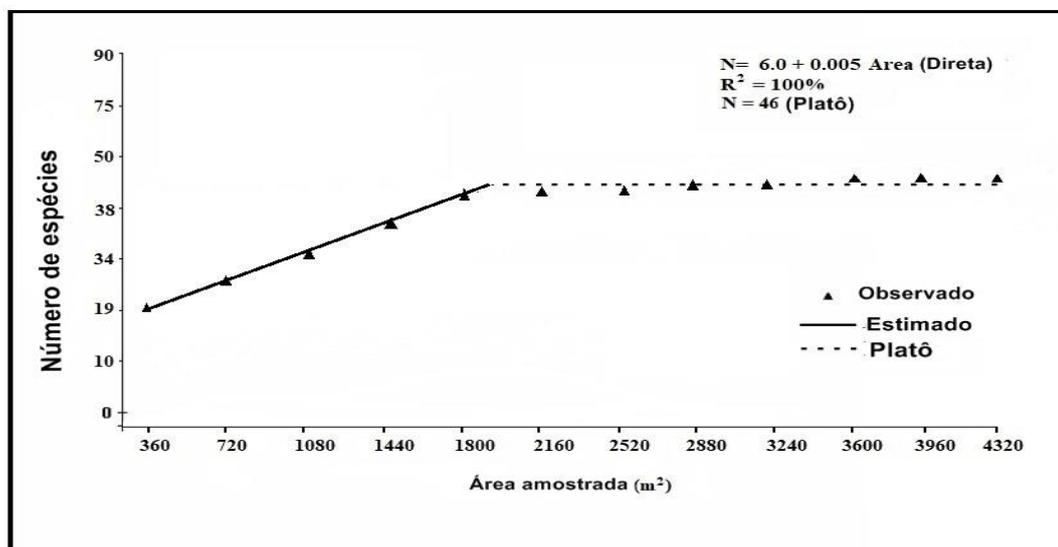
Todas as listagens tiveram sinonímias eliminadas por meio do software do índice de espécies do Royal Botanic Garden. A comparação foi feita por meio do índice de similaridade de Jaccard (J') que expressa a semelhança entre os ambientes baseando-se no número de espécies comuns. A matriz de similaridade florística resultante foi utilizada na análise de agrupamentos pelo método de médias aritméticas não ponderadas (UPGMA) e pela geração de um dendrograma (SNEATH; SOKAL, 1973), utilizando-se a distância euclidiana como medida de dissimilaridade, através do software PAST v. 3.23 1999-2019 (HAMMER *et al.*, 2001).

3. Resultados e Discussão

Suficiência Amostral

Na determinação da suficiência amostral por regressão linear com resposta em platô (Figura 2), foi considerado o número de pontos mínimos a serem amostrados e o ponto onde há a intersecção da parte linear crescente com a parte em forma de platô. Foi observado que a intersecção se deu a partir da nona parcela (com 3.240 m² de área amostrada) com 78% das espécies amostradas, e nas três últimas parcelas não houve novidade de ocorrência de espécies, considerando-se, com isto, que a amostragem realizada para a área foi considerada suficiente.

Figura 2: Representação gráfica da suficiência amostral no fragmento de Cerrado, Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Ceará.



O inventário, que apontou 906 indivíduos arbóreos, gerou uma estimativa de densidade absoluta de 2.097,22 ind.ha⁻¹ (IC = ± 202,67 ind.ha⁻¹) a 95% de probabilidade e erro padrão de 6,16% e de área basal (dominância) de 5,17 m² ha⁻¹ (IC = ± 6,93 m² ha⁻¹) a 95% de probabilidade e erro padrão de 8,09%. Estes valores corroboram para que a precisão da amostragem seja considerada adequada e abrangente para a estimativa das variáveis quantitativas (FELFILLI; REZENDE, 2003).

Composição Florística e Diversidade

Os indivíduos amostrados pertencem a 46 espécies e estão distribuídos em 43 gêneros e 22 famílias botânicas (Tabela 1). As famílias com maior riqueza de espécies no inventário foram: Fabaceae (11), Bignoniaceae (4), Malvaceae (4), Rubiaceae (3) e Salicaceae (3), o que corresponde a 54,3% do total de espécies amostradas. Outras quatro famílias apresentaram duas espécies e treze famílias, apenas uma espécie, cada. Fabaceae detém 23,9% das espécies encontradas.

Assim como em grande parte das florestas neotropicais, nota-se a elevada riqueza da família Fabaceae (MATOS; FELFILI, 2010). Para Cordeiro (2002), o sucesso representativo das Fabaceae no Cerrado está associado à capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio, o que lhes confere adaptação em condições de desequilíbrios.

Conforme Pereira *et al.* (2011), na vegetação de Cerrado *stricto sensu*, as famílias com maiores representações em riqueza de espécies são: Fabaceae, Malvaceae, Anacardiaceae, Apocynaceae e Bignoniaceae, sendo que a riqueza de cada família é variável em cada localidade, e normalmente, a soma do número das espécies ultrapassa 50% do total por hectare, o que corrobora com os resultados deste trabalho. Mendonça *et al.* (2008), afirmam ser frequente a presença das famílias Vochysiaceae e Fabaceae, além de Myrtaceae nos cerrados no Brasil central.

Tabela 1: Composição florística de um fragmento de Cerrado, Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Nordeste do Brasil.

Família	Espécie	Nome Comum	Domínio	Voucher
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	Cajuí	Cer	13.690
	var. microcarpum		Cer	13.691
	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Gonçalo-Alves		
Annonaceae	<i>Annona leptopetala</i> (R.E.Fr.) H.Rainer	Bananinha	Cer	13.492
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cuspa</i>	Pereiro-branco	Cer	-

	(Kunth) S.F.Blake			
	<i>Aspidosperma pyriforme</i>	Pereiro-preto	Caa	13.531
	var. <i>molle</i> (Mart.) Müll.Arg.			
Bignoniaceae	<i>Cuspidaria argentea</i>	Cipó-rosa	Cer	13.466
	(Wawra) Sandwith			
	<i>Handroanthus</i>	Ipê-roxo	Cer	13.541
	<i>impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos			
	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth & Hook.f. ex S. Moore	Craibeira	Cer	13.612
	<i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) DC.	Caroba-boca-de-sapo	Cer	13.464
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Pacoté	Caa	13.652
	(Willd.) Spreng.			
Burseraceae	<i>Commiphora leptophloeos</i>	Umburana-de-cambão	Caa	13.495
	(Mart.) J.B.Gillett			
Cactaceae	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Mandacaru	Caa	-
Combretaceae	<i>Combretum glaucocarpum</i>	Sipaúba	Caa	13.535
	Mart.			
	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Mofumbo	Caa	-
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.	Lixeira	Cer	13.688
Euphorbiaceae	<i>Croton jacobinensis</i> Baill.	Marmeleiro	Caa	13.497
Fabaceae	<i>Dahlstedria araripensis</i>	Angelim	Cer	13.693
	(Benth.)			
	<i>Amburana</i>	Umburana-de-cheiro	Caa	-
	<i>cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.			
	<i>Dalbergia cearenses</i> Ducke	Violete	Caa	-
	<i>Plathymenia reticulata</i>			
	Benth.	Pau-amarelo	Cer	13.692
	<i>Luetzelburgia auriculata</i>			
	(Allemão) Ducke	Pau-mocó	Caa	13.651
	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	Jatobá-de-veado	Cer	13.647
	Mart. ex Hayne			
	<i>Bauhinia</i> sp.	Pata-de-vaca	Caa	-
	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	Pau-ferro	Caa	13.611
	<i>Machaerium acutifolium</i>	Coração-de-negro	Cer	-
	Vogel			

	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Jurema-preta	Caa	-
	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	Amargoso	Cer	-
Lythraceae	<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schldt. Subsp. vandelliana	Romã-brava	Cer	13.584
Malpighiaceae	<i>Byrsonima gardneriana</i> A. Juss.	Murici	Cer	13.493
Malvaceae	<i>Helicteres macropetala</i> A. St.-Hil.	Saca-rolha	Cer	13.557
	<i>Luehea candicans</i> Mart. & Zucc.	Açoita-cavalo1	Cer	13.556
	<i>Luehea paniculata</i> Mart. & Zucc.	Açoita-cavalo2	Cer	54.641*
	<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A.Robyns	Embiratanha	Caa	-
Moraceae	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Inharé	Cer	13.689
Myrtaceae	<i>Psidium myrsinites</i> DC.	Araçá-bravo	Cer	13.537
Olacaceae	<i>Ximenia americana</i> L.	Ameixa	Caa	-
Rubiaceae	<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.	Quína-Quina	Cer	54.746*
	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schldt.	Veludo-branco	Cer	13.491
	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schldt.) K.Schum.	Jenipapo	Cer	13.483
Rutaceae	<i>Zanthoxylum</i> sp.	Laranjinha	Cer	-
Salicaceae	<i>Laetia</i> sp.	Pau-piranha	Caa	13.467
	<i>Prockia crucis</i> P. Browne ex L.	Farinha-seca	Cer	54.741*
	<i>Xylosma ciliatifolia</i> (Clos) Eichler	Espinho-de-judeu	Cer	-
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Pau-Paraíba	Cer	13.648
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Pau-terra	Cer	13.463
	<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	Carvoeiro	Cer	13.462

Onde: *Espécies identificadas no Herbário Prisco Bezerra (EAC), Universidade Federal do Ceará – UFC. Cer = Cerrado; Caa = Caatinga.

Estudos realizados na Chapada do Araripe, no Ceará (a cerca de 50 km em linha reta ao Sul do local da amostragem) em área de Cerrado *s.s.* (município de Barbalha), por Costa e Araújo (2007) e por Bezerra (2018), em área de Cerradão no município de Crato, apontaram para resultados semelhantes sobre representatividade das famílias e números de táxons. Outros trabalhos realizados em áreas de Cerrado em diferentes regiões do Brasil corroboram com estes resultados: Medeiros *et al.* (2008), Lemos *et al.* (2013) e Oliveira *et al.*, (2015) em áreas de Cerrado no Nordeste; Saporetti-Junior *et al.* (2003); Assunção e Felfili (2004), Matos e Felfili (2010) e Oestreich-Filho (2014), em Cerrado central do Brasil.

Acerca do número de indivíduos, as sete famílias melhor representadas correspondem a 80,3% do total de indivíduos amostrados, estando assim distribuídos: Fabaceae (20,3%), Vochysiaceae (19,9%) Anacardiaceae (11,1%), Annonaceae (9,6%), Bignoniaceae (6,7%), Rubiaceae (6,6%) e Myrtaceae (6,1%). As demais famílias obtiveram valores abaixo de 5% em número de indivíduos. Resultados semelhantes foram obtidos por Gentry *et al.* (1997) e Mendonça *et al.* (1998), que evidenciaram ser Fabaceae e Vochysiaceae as famílias de maior representação em número de indivíduos nos Cerrados do Brasil central. Estes resultados compactuam com a tendência de poucas famílias prevalecerem sobre as demais nas fitofisionomias de Cerrado *s.s.* no Brasil (SAMPAIO *et al.*, 2018).

O sucesso de Vochysiaceae pode estar fortemente associado à capacidade de acumulação de alumínio por parte de algumas das suas espécies (HARIDASAN, 2000; MEWS *et al.*, 2011), o que também configura vantagem competitiva em solos distróficos com baixa saturação de bases trocáveis, baixa capacidade de troca catiônica, alta acidez e altas concentrações de Al no perfil, como é o caso da maioria dos solos no bioma Cerrado. Além disso, muitas espécies das referidas famílias têm estratégias reprodutivas bem adaptadas às condições climatológicas do Cerrado, apresentando dispersão das sementes no início da estação chuvosa, boa germinação e ausência de dormência nas sementes (OLIVEIRA, 2008).

A diversidade alfa, medida pelo índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') foi de 3,18; a Equabilidade de Pielou (J') foi de 0,83 e o índice de concentração de Simpson (C') foi de 0,05. Esses valores sugerem alta riqueza de espécies (diversidade alfa elevada), alta uniformidade no tamanho das populações e baixa concentração de espécies. De acordo com Saporetti Jr. *et al.* (2003), valores de H' acima de 3,11 apontam para formações vegetais bem conservadas. Teoricamente, esse valor de J' sugere que seria necessário o incremento de apenas mais 17% de espécies para que fosse atingida a diversidade máxima da comunidade, conforme Brower *et al.* (1998).

Resultados mais aproximados aos deste trabalho foram apontados por Silva-Neto *et al.* (2016), em que valores de H' e J' foram 3,21 e 0,86, respectivamente, em área de Cerrado *s.s.* no Estado do Tocantins, região central do Brasil. É possível observar, neste caso, a heterogeneidade florística do componente arbóreo considerada alta, seguida de baixa dominância ecológica.

A diversidade alfa na mancha de Cerrado na Serra do Boqueirão é considerada elevada quando comparada com áreas de Caatinga do Nordeste do Brasil, nas quais os índices de Shannon variam de 1,10 a 3,09 (CALIXTO JÚNIOR; DRUMOND, 2014). Medeiros *et al.* (2008), aponta os valores do índice de Shannon entre 3,11 e 3,62 como sendo representativos de diversas áreas de Cerrado Central nos Estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás e no Distrito Federal.

A presença de espécies raras não é muito evidenciada, já que apenas duas (*Prockia crucis* e *Luetzelbugia auriculata*) ocorreram de forma isolada (apenas um indivíduo encontrado) e outras quatro (*Coutarea hexandra*, *Pseudobombax marginatum*, *Helicteres macropetala* e *Mimosa tenuiflora*) apresentaram dois indivíduos, apenas. Treze espécies (28,2%) são representadas por cinco ou menos indivíduos. *P. crucis* e *H. macropetala* são citadas em levantamentos fitossociológicos no Sul do Ceará pela primeira vez neste trabalho.

A ocorrência de *Coutarea hexandra* (quina-quina), outra espécie rara e de alto valor terapêutico, faz intensificar a relevância de estudos como este, já que espécies como esta tem sido historicamente dizimadas, da mesma forma em que o fragmento em questão, que vem sendo modificado, além das modificações climáticas, por ações antrópicas como a construção civil (loteamentos), aliadas a o desinteresse na preservação e aceleração do desmatamento, ambas observadas em localidades na Serra do Boqueirão, o que afeta a resistência e resiliência dessa comunidade vegetal em forma de relíquia.

Das espécies amostradas, 30 (65,2%) são típicas de ambientes de Cerrado. As demais (34,8%) são espécies características de Caatinga que já adentram ao enclave, e com essa intromissão, competem com as espécies de Cerrado, sem ainda chegar, no entanto, a mascarar a fisionomia, conforme o que foi observado por Figueiredo e Fernandes (1987). *Pseudobombax marginatum* e *Mimosa tenuiflora*, juntamente a outras 14 espécies típicas de ambientes de Caatinga correspondem a 8,6% do número de indivíduos inventariados. Dentre estas, *Aspidosperma pyrifolium* (12 espécimes), *Ximenia americana* (8) e *Amburana cearensis* (6), foram as mais representadas.

Destaca-se ainda a presença de 11 indivíduos de *Curatella americana* (lixeira ou simbaíba), abundante no Cerrado central brasileiro, mas ausente em levantamentos no

Cerrado *s.s.* da Chapada do Araripe (COSTA; ARAÚJO, 2007) ou ocorrente com baixa frequência em vegetação savânica sobre tabuleiros pré-litorâneos em Fortaleza, Ceará (MORO; CASTRO, ARAÚJO, 2011). A espécie, pelo seu desempenho e potencial adaptativo, pode ser considerada colonizadora ou, mesmo, nucleadora em áreas savânicas (WINTERHALDER, 1996; REIS, 2010; CALGARO *et al.*, 2015), e pelas adaptações ao fogo, como caule fendilhado e folhas largas, é exemplo típico de um recobrimento fisionômico maior que abrangeu essa área de forma bem mais ampla, ficando hoje apenas essa relíquia vegetacional. Conforme Figueiredo e Fernandes (1987), este fato é evidenciado pela evolução global da paisagem, notadamente no que se refere à estrutura superficial e aos solos. O intemperismo profundo, ocorrente em pleno semiárido, confirma a ocorrência de condições climáticas diferentes das atuais, que possibilitaram o desenvolvimento do perfil fitogeográfico na Serra do Boqueirão e outras áreas que se ora se apresentam sob as condições de manchas.

Castro *et al.* (1998), advertem sobre a falta de conhecimento do patrimônio florístico do Cerrado, citando-o como um problema, que pode interferir de forma negativa na oferta de variabilidade genética para as futuras gerações, além disso, aponta que a fitodiversidade e a arquitetura compartimentada do domínio Cerrado, dificulta a extrapolação dos resultados alcançados pelos levantamentos florísticos quantitativos.

Análise dos Parâmetros Fitossociológicos

Os valores de área basal total e densidade absoluta total foram de 5,17 m²/ha⁻¹ e 2.097,22 ind./ha⁻¹, respectivamente. Valores próximos foram encontrados por Felfili *et al.* (1997), que ao comparar 11 áreas nas Chapadas da Pratinha e dos Veadeiros (Cerrado Central do Brasil), apontaram valores de área basal entre 5,8 e 11,3 m²/ha⁻¹. No entanto, o valor da área basal apresentado neste trabalho diverge do encontrado por Costa e Araujo (2007), na Chapada do Araripe (Barbalha, Ceará), que foi de 19,2 m²/ha⁻¹, apesar da convergência no valor da densidade absoluta (2.224 m²/ha⁻¹). Isto se dá em face de diferenças pedológicas e de altitude, já que a Chapada do Araripe apresenta uma comunidade arbórea que configura um quadro fisionômico com aspecto de Cerradão, ocorrente em áreas com altimetria mais elevada, com cerca de 950 m, aliado a solos profundos e arenosos. Espécies como o pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) e o visgueiro (*Parkia platycephala* Benth), por exemplo, que apresentam altos valores de área basal quando adultos, dominando os ambientes em que se concentram, estão presentes em abundância no Cerradão da Chapada do Araripe, mas não sobrevivem sob as condições reinantes nos topos tabulares de menor altitude da Serra do

Boqueirão, suportando as altas temperaturas que a circunda, com regimes pluviométricos menores.

Medeiros *et al.* (2008), apresentaram valor de área basal total de $6,8 \text{ m}^2/\text{ha}^{-1}$ em trabalho realizado em área considerada como Cerrado ralo no Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil, assemelhando-se, por este critério, ao da Serra do Boqueirão em Lavras da Mangabeira.

A densidade e a área basal em diferentes comunidades de Cerrado é bastante variada, desde 664 até 8.135 indivíduos por hectare e áreas basais desde $4,73 \text{ m}^2/\text{ha}$ até $42,19 \text{ m}^2/\text{ha}$ (COSTA; ARAÚJO, 2007; MORO; CASTRO; ARAÚJO, 2011). Isso se deve à grande variação fisionômica do Cerrado *sensu lato*, desde ambientes florestais (cerradão) até campestres (campo limpo) (GOTTSBERGER; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, 2006; RIBEIRO; WALTER, 2008). Fisionomias intermediárias (savânicas) são aquelas designadas como cerrado *sensu stricto* (RIBEIRO; WALTER, 2008) e a densidade e área basal da comunidade estudada se enquadram naquela registrada para outras áreas de cerrado *sensu stricto* (FELFILI *et al.* 2002; FIDELIS; GODOY, 2003; MORO, CASTRO, ARAÚJO, 2011).

As espécies com maiores índices de valor de importância (IVI) foram: *A. occidentale*, *Q. parviflora*, *H. stgnocharpa*, *C. fasciculata* e *A. leptopetala* (Tabela 2). Resultado semelhante foi obtido por Sampaio *et al.* (2018), em área de Cerrado *sensu stricto* na bacia do Rio Parnaíba, Nordeste brasileiro, em que *Qualea parviflora* foi a espécie de maior IVI.

Vinte e duas espécies apresentaram valores de IVI menores que 3,8%, número que representa menos de 10% do valor máximo observado (38,29%), o que indica que essas espécies são pouco comuns na área estudada, sendo que 50% destas, são características de Caatinga, adentrando ao fragmento como competidoras.

Neste trabalho, *Q. parviflora* foi a espécie mais abundante, seguida de *A. leptopetala*, *H. stgnocharpa* e *C. fasciculata*. Dentre estas, nota-se duas espécies de Vochysiaceae, família de ocorrência predominante em Cerrado e inexistente nos levantamentos realizados em flora da Caatinga, entre as quatro mais representativas (em números de indivíduos) da flora amostrada. Outra espécie de grande ocorrência, o cajuí (*Anacardium occidentale*) é apontada como de maior IVI apenas no trabalho de Moro, Araújo e Castro (2011), em outros levantamentos de Cerrado no Nordeste, o que pode ser reflexo da escassez de descrições fitossociológicas em áreas marginais de Cerrados no Ceará ou ocorrer pela mescla de fatores ambientais como a constituição dos solos, a pluviometria e a altitude característicos da Serra do Boqueirão. No entanto, a referida espécie é considerada comum em formações savânicas (RATTER *et al.*, 2003), principalmente na porção norte-nordeste do bioma Cerrado, onde ocorre

abundantemente (CASTRO *et al.*, 1998, OLIVEIRA-FILHO, 2006; MATOS; FELIFILI, 2010).

Tabela 2: Parâmetros fitossociológicos do fragmento de Cerrado na Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Nordeste do Brasil. Valores decrescentes pelo Índice de Valor de Importância (IVI), onde: N = Número de indivíduos; DA = Densidade Absoluta; FA = Frequência Absoluta; DoA = Dominância Absoluta; DR = Densidade Relativa (%); FR = Frequência Relativa (%); DoR = Dominância Relativa (%); IVC = Índice de Valor de Cobertura e IVI = Índice de Valor de Importância.

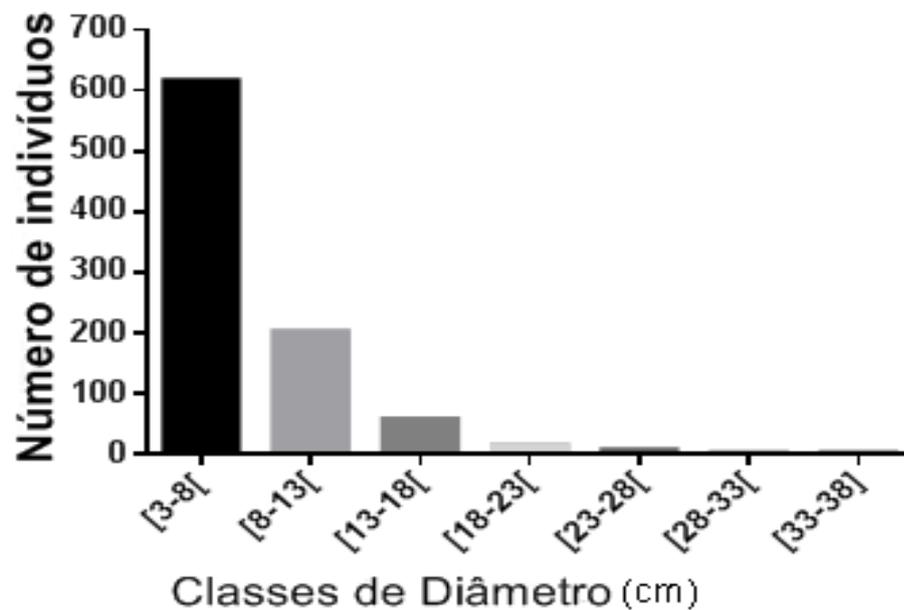
Espécies	N	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI
<i>A. occidentale</i>	71	164,4	7,84	91,67	5,31	3,01	25,14	32,98	38,29
<i>Q. parviflora</i>	103	238,4	11,37	66,67	3,86	1,04	8,66	20,02	23,89
<i>H. stagnocarpa</i>	85	196,8	9,38	33,33	1,93	1,29	10,75	20,13	22,07
<i>C. fasciculata</i>	78	180,6	8,61	91,67	5,31	0,66	5,5	14,1	19,42
<i>A. leptopetala</i>	87	201,4	9,6	83,33	4,83	0,42	3,48	13,08	17,91
<i>G. virbunoides</i>	54	125	5,96	58,33	3,38	0,6	4,98	10,94	14,32
<i>P. myrsinites</i>	56	129,6	6,18	75,00	4,35	0,24	2,04	8,22	12,57
<i>A. fraxinifolium</i>	30	69,4	3,31	91,67	5,31	0,42	3,5	6,81	12,13
<i>D. cearensis</i>	19	44	2,1	91,67	5,31	0,45	3,73	5,83	11,15
<i>D. araripensis</i>	15	34,7	1,66	58,33	3,38	0,66	5,51	7,17	10,55
<i>H. impetiginosus</i>	27	62,5	2,98	83,33	4,83	0,28	2,35	5,33	10,16
<i>P. reticulata</i>	26	60,2	2,87	50,00	2,9	0,39	3,29	6,16	9,06
<i>A. cuspa</i>	29	67,1	3,2	66,67	3,86	0,1	0,8	4	7,86
<i>C. argentea</i>	19	44	2,1	83,33	4,83	0,08	0,7	2,79	7,63
<i>B. gaudichaudii</i>	20	46,3	2,21	33,33	1,93	0,39	3,29	5,49	7,43
<i>C. americana</i>	11	25,5	1,21	25,00	1,45	0,38	3,13	4,34	5,79
<i>T. aurea</i>	15	34,7	1,66	25,00	1,45	0,21	1,77	3,42	4,87
<i>A. pyrifolium</i>	12	27,8	1,32	50,00	2,9	0,06	0,53	1,86	4,76
<i>B. crassifolia</i>	12	27,8	1,32	41,67	2,42	0,06	0,53	1,86	4,27
<i>L. replicata</i>	20	46,3	2,21	16,67	0,97	0,08	0,65	2,86	3,82

<i>X. americana</i>	7	16,2	0,77	41,67	2,42	0,02	0,17	0,94	3,36
<i>C. vitifolium</i>	5	11,6	0,55	33,33	1,93	0,09	0,76	1,31	3,24
<i>M. acutifolium</i>	7	16,2	0,77	16,67	0,97	0,17	1,45	2,22	3,19
<i>Zanthoxylum sp.</i>	6	13,9	0,66	33,33	1,93	0,07	0,59	1,25	3,18
<i>C. glaucocarpum</i>	5	11,6	0,55	25,00	1,45	0,12	1,04	1,59	3,04
<i>A. cearensis</i>	6	13,9	0,66	33,33	1,93	0,05	0,4	1,06	2,99
<i>C. jamacaru</i>	5	11,6	0,55	25,00	1,45	0,1	0,84	1,39	2,84
<i>J. caroba</i>	6	13,9	0,66	25,00	1,45	0,06	0,5	1,16	2,61
<i>V. macrocarpa</i>	8	18,5	0,88	16,67	0,97	0,07	0,6	1,48	2,45
<i>L. paniculata</i>	4	9,3	0,44	25,00	1,45	0,06	0,51	0,95	2,4
<i>Laetia sp.</i>	4	9,3	0,44	25,00	1,45	0,06	0,46	0,9	2,35
<i>L. candicans</i>	8	18,5	0,88	16,67	0,97	0,04	0,35	1,23	2,2
<i>C. leptopholeos</i>	3	6,9	0,33	25,00	1,45	0,04	0,29	0,63	2,08
<i>Xylosma sp.</i>	5	11,6	0,55	16,67	0,97	0,04	0,32	0,87	1,84
<i>C. jacobinensis</i>	5	11,6	0,55	16,67	0,97	0,02	0,18	0,73	1,7
<i>L. ferrea</i>	4	9,3	0,44	16,67	0,97	0,03	0,28	0,72	1,68
<i>Bauhinia sp.</i>	5	11,6	0,55	16,67	0,97	0,02	0,15	0,7	1,66
<i>C. leprosum</i>	4	9,3	0,44	16,67	0,97	0,02	0,16	0,6	1,57
<i>T. formosa</i>	4	9,3	0,44	16,67	0,97	0,01	0,11	0,55	1,52
<i>S. amara</i>	6	13,9	0,66	8,33	0,48	0,02	0,19	0,85	1,33
<i>C. hexandra</i>	2	4,6	0,22	16,67	0,97	0	0,04	0,26	1,22
<i>P. marginatum</i>	2	4,6	0,22	8,33	0,48	0,01	0,1	0,32	0,8
<i>H. macropetala</i>	2	4,6	0,22	8,33	0,48	0,01	0,06	0,28	0,77
<i>M. tenuiflora</i>	2	4,6	0,22	8,33	0,48	0	0,04	0,26	0,75
<i>L. auriculata</i>	1	2,3	0,11	8,33	0,48	0,01	0,05	0,16	0,65
<i>P. crucis</i>	1	2,3	0,11	8,33	0,48	0	0,04	0,15	0,63

Distribuição Diamétrica e Hipsométrica.

Observando a distribuição dos indivíduos por classes de diâmetro, o gráfico que representa a comunidade estudada apresentou forma de “J-reverso” (exponencial negativo) estando constituído, em sua maioria, por árvores jovens, com 68,1% com diâmetros menores ou iguais a 8cm (Figura 3). O valor de diâmetro médio foi de 7,26cm. O diâmetro máximo encontrado foi de 36,3cm em um indivíduo de *A. occidentale* (espécie de maior dominância na área).

Figura 3: Distribuição dos indivíduos por classe de diâmetro em um fragmento de Cerrado em Lavras da Mangabeira, Nordeste do Brasil.



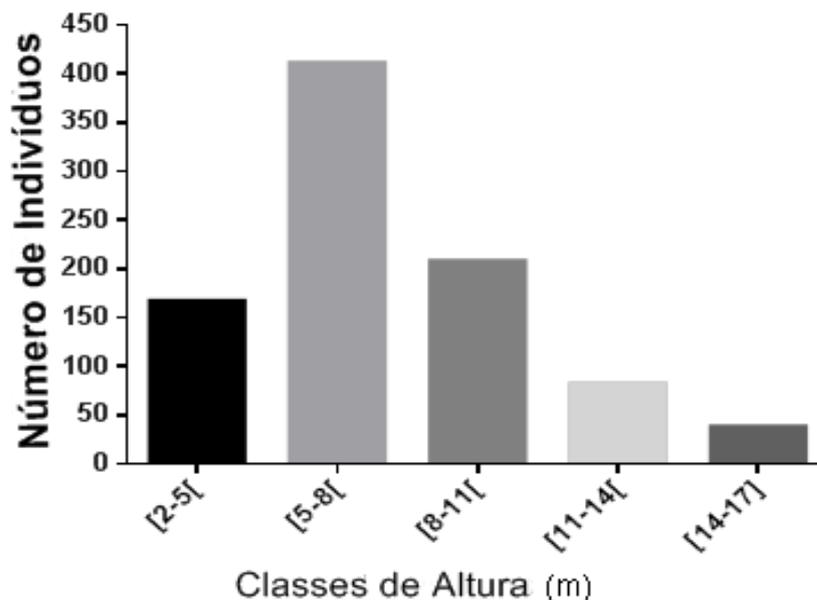
Os dados corroboram com os resultados obtidos por Assunção e Felfili (2004), em área de Cerrado *sensu stricto* no Distrito Federal, em que foi também observada a distribuição diamétrica na forma de “J-invertido”, assim como em levantamento feito por Ferreira *et al.* (2015), em Cerrado *sensu stricto* no Estado do Tocantins, com 75% dos indivíduos jovens de diâmetros inferiores a 12 cm. O modelo de distribuição de classes de diâmetro no padrão “J-invertido” sugere que a área é auto regenerativa (ASSUNÇÃO; FELFILI, 2004; FERREIRA *et al.*, 2015; CERQUEIRA *et al.*, 2017). A presença de muitos indivíduos jovens, com diâmetros inferiores a 8cm, aponta que a área estudada na Serra do Boqueirão sofreu perturbações, podendo estar em estágio de recuperação, o que reforça a necessidade de preservação. No entanto, cabe destacar, que a possibilidade de auto regeneração contrasta com

a crescente intervenção antrópica a qual vem sofrendo a área, junto a fatores climáticos e edáficos que dificultam o desenvolvimento desse fragmento.

Conforme Marangon *et al.* (2008), através do estudo da estrutura vertical é possível analisar o estágio de desenvolvimento das formações florestais, baseando-se na distribuição dos indivíduos nos diferentes níveis de classes de altura, juntamente com os dados obtidos nas classes diamétricas.

Na distribuição em classes de altura (Figura 4), a maior concentração de indivíduos está nas classes intermediárias, o que corresponde a 68,3% do total. A classe 2 (de 5 a 7,9m de altura) representa, isoladamente, 45,3% de todos os indivíduos do levantamento. No entanto, 120 indivíduos (13%) apresentam altura superior a 11m, o que configura semelhança com estrato arbóreo de Cerradão.

Figura 4: Distribuição dos indivíduos por classe de altura em um fragmento de Cerrado em Lavras da Mangabeira, Nordeste do Brasil.



Foi evidenciada semelhança entre os dados das classes de diâmetro e altura, neste estudo, com os resultados obtidos por Ferreira *et al.* (2015), em levantamento realizado em Cerrado *sensu stricto* em Gurupi, Tocantins, onde a média de altura foi 7,31m. Esses dados corroboram também com os encontrados por Assunção e Felfili (2004), em estudo feito na APA do lago Paranoá, Brasília e sugerem que o fragmento de Cerrado na Serra do Boqueirão pode estar em processo de transição fitofisionômica.

A maior altura observada foi de 17m em alguns indivíduos de *D. araripensis* (angelim). A média total hipsométrica foi de 7,15m, valor esse, que se aproxima do critério de inclusão que classifica as formações florestais pertencentes ao domínio Cerrado, que é de 8 metros (FERREIRA *et al.*, 2015).

Análise de Similaridade

Conforme Magurran (1988), a diversidade beta ou diversidade entre habitats se relaciona com as diferenças na composição de espécies e suas abundâncias entre comunidades, o que reflete a dissimilaridade florística (MATOS; FELFILI, 2010).

Os índices de similaridade florística (matriz de Jaccard) calculados entre a área de estudo e outras dez áreas de Cerrado em diferentes regiões do Brasil estão expressos na Tabela 3 e apontam para alta heterogeneidade entre as áreas, como baixos valores de similaridade florística, o que representa alta diversidade beta entre a área em estudo e as demais analisadas.

Tabela 3. Matriz de similaridade de Jaccard de onze áreas de Cerrado consideradas em diferentes regiões do Brasil.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	1										
B	0,0737	1									
C	0,08	0,1764	1								
D	0,0652	0,2752	0,2428	1							
E	0,1153	0,2517	0,2407	0,2177	1						
F	0,1525	0,1263	0,0961	0,0882	0,0901	1					
G	0,1408	0,1650	0,2280	0,1917	0,2407	0,1632	1				
H	0,0987	0,2549	0,3220	0,4179	0,2792	0,1206	0,2187	1			
I	0,0416	0,2127	0,2075	0,1095	0,1743	0,1333	0,1428	0,0909	1		
J	0,1296	0,0989	0,0869	0,1551	0,0961	0,0882	0,1363	0,1153	0,0101	1	
k	0,0816	0,4646	0,1728	0,3827	0,2230	0,0789	0,1728	0,3205	0,1558	0,1363	1

Conforme Kent e Coker (1992), valores de índices de comparação maiores ou iguais a 0,5 apontam para alta similaridade. Com isto, afirma-se que a similaridade observada entre as áreas pelo índice de Jaccard é considerada baixa. Os índices de comparação entre o Cerrado da Serra do Boqueirão e outras 10 áreas variaram de 0,0416 (Cerrado *s.s.* em Pirinópolis, Estado de Goiás) a 0,1525 (zona urbana do município de Fortaleza, Ceará), apontando, portanto, maior similaridade com mancha de vegetação savânica em tabuleiro pré-litorâneo no Estado do Ceará, com precipitação média anual de 1.338 mm (Tabela 4). Na comparação com a outra área no Estado do Ceará, Cerrado *s.s.* da Chapada do Araripe, em Barbalha (há cerca de 50 Km em linha reta, do local deste estudo), observou-se a terceira maior similaridade da análise (0,1296), valor inferior ao comparado com Cerrado *s.s.* em Carolina, Sul do Estado do Maranhão.

A baixa similaridade florística evidenciada neste trabalho entre áreas próximas geograficamente, assim como áreas mais distantes, corrobora com a existência de padrões fitogeográficos baseados na distribuição das espécies. As diferenças observadas sugerem que as espécies das florestas tropicais se caracterizam por se distribuírem espacialmente em mosaicos e mesmo as comunidades situadas em áreas próximas apresentam-se florística e estruturalmente diferenciadas, o que corrobora com resultados de trabalhos que relatam a alta diversidade da flora das áreas tropicais, como o Cerrado brasileiro (FERREIRA-JÚNIOR *et al.*, 2008).

Tabela 4: Variáveis florístico/ambientais entre 11 áreas (A-K) de Cerrado localizadas nas regiões Nordeste, Centro-oeste e Sudeste do Brasil.

Área	NE	NF	AM/ha	IPA/mm	Alt./m	CI/cm	DA m ² /ha ⁻¹
A	46	22	0,43	904	289	DNS \geq 3	2097
B	85	44	0,30	1.400	480	CAS \geq 10	4463
C	41	21	0,20	1.500 a 1.600	329	CAP \geq 15	--
D	54	30	1,00	1.400 a 1.450	1050	DNS \geq 5	882
E	114	36	3,28	--	500	DNS \geq 5	1740
F	37	24	1,00	1.338	16	PNS \geq 9	1218
G	53	25	1,00	1.718	150	DNS \geq 5	--
H	58	24	2,00	1059	918	DNS \geq 5	1027

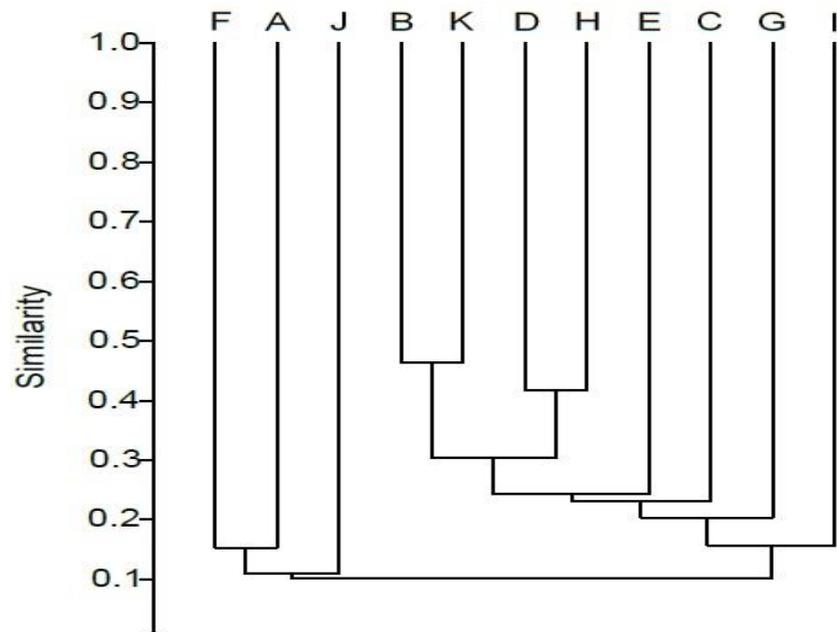
I	83	38	0,40	1.500	810	DAP \geq 5	1855
J	43	28	0,08	760	900	DNS \geq 3	2224
K	91	38	0,60	1059	918	CAS \geq 10	6476

Onde: A = Serra do Boqueirão, Sul do Estado do Ceará (este trabalho); B = Saporette-Junior et al. (2003), município de Abaeté, Estado de Minas Gerais; C = Silva-Neto et al. (2016), município de Dueré, Estado do Tocantins; D = Assunção; Felfili (2004) na APA do Paranoá, Distrito Federal; E = Finger; Finger (2015), Chapada dos Guimarães e Baixada Cuiabana, Estado do Mato Grosso; F = Moro et al. (2011) na zona urbana de Fortaleza, Ceará; G = Medeiros et al. (2008), município de Carolina, Estado do Maranhão; H = Oliveira et al. (2015), município de Jaborandi, oeste do Estado da Bahia; I = Imaña-Encinas et al. (2007) em área do EcoMuseu do Cerrado, Pirinópolis, Estado de Goiás; J = Costa; Araújo (2007), Chapada do Araripe, Barbalha, Estado do Ceará; K = Neri et al. (2007) na bacia do rio Jequitinhonha, Estado de Minas Gerais. Onde: NE = Número de espécies; NF = Número de famílias; AM = Área amostral; IPA = Índice de Pluviosidade Anual; Alt. = Altitude; CI = Critério de Inclusão e DA = Densidade absoluta total.

A análise do diagrama de distância de ligação representado na Figura 5 aponta a formação de dois grupos, dependentes da localização das áreas, constatando-se, desta forma, que houve relação entre a localização geográfica das áreas e a formação dos grupos. O primeiro grupo foi formado por áreas do Estado do Ceará (municípios de Fortaleza - F, Barbalha - J e Lavras da Mangabeira - A). O segundo grupo foi formado por áreas localizadas em outros sete Estados do País, embora, façam parte da grande formação do Cerrado central brasileiro. Este segundo grupo dividiu-se em vários sub-grupos: o primeiro representando áreas no Estado de Minas Gerais: B (Município de Abaeté) e K (Vale do Jequitinhonha), os quais apontaram a maior similaridade florística entre as áreas analisadas (0,4646). O segundo sub-grupo (com segundo maior valor de similaridade) representando as áreas D e H (Distrito Federal e Oeste do Estado da Bahia), áreas que distam cerca de 650 Km em linha reta (SAPORETTI-JUNIOR *et al.*, 2003; SILVA-NETO *et al.*, 2016; ASSUNÇÃO; FELFILI, 2004; FINGER; FINGER, 2015; MORO *et al.*, 2011; MEDEIROS *et al.* 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2015; IMAÑA-ENCINAS *et al.*, 2007; COSTA; ARAÚJO, 2007; NERI *et al.*, 2007).

A heterogeneidade observada e os baixos índices na comparação da similaridade florística são fatores a serem considerados quando da busca por meios de se conservar essa relevante e ameaçada riqueza de diversidade biológica, expressa, neste caso, como remanescente de uma área maior de Cerrado que abrangeu a região no passado e que hoje, existente sobre a vegetação de Caatinga do embasamento Cristalino, no semiárido brasileiro, em áreas de topos não tão elevados, como na Serra do Boqueirão, agoniza, diante da negligência de esforços para a sua conservação, aliado a fatores climáticos decorrentes da mudança do Planeta desde a última era glacial.

Figura 5. Dendrograma gerado a partir do índice de similaridade de Jaccard entre 11 áreas de Cerrado consideradas em oito Estados do Brasil.



CAPÍTULO II

Artigo publicado em Journal of Agricultural Science (Qualis B1 -
Biodiversidade; Vol. 12, No. 5; 2020. (ANEXO I)

INFLUÊNCIA DO SOLO E AFLORAMENTOS ROCHOSOS SOBRE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES EM COMUNIDADE LENHOSA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.

Resumo:

O cerrado é um bioma de diferentes fitofisionomias, influenciadas pelos fatores edáficos, onde o tipo de substrato está fortemente relacionado a vegetação estabelecida. O presente estudo objetivou verificar como as composições físico-químicas do solo, bem como, a presença de afloramentos rochosos influenciam na distribuição das espécies lenhosas de um fragmento de Cerrado localizado em solos profundos e relevo tabular na Serra do Boqueirão (289 m Alt.), em Lavras da Mangabeira (6°72'24" S e 38°97'73" W), Nordeste do Brasil. Em 12 unidades amostrais de 12x30m (0,432 ha) foram inventariados todos os indivíduos com DNS \geq 3cm. Para as análises de Componentes principais utilizou-se o software PAST v. 3.23. As análises físicas e químicas do solo das amostras retiradas nas profundidades 0-20cm e 20-40cm. Foi evidenciado diferenças na diversidade, hierarquia e volume de dominância das populações vegetais arbóreas entre os ambientes com e sem a presença de afloramentos rochosos. O solo possui uma tendência a erosão hídrica e a saturação de Alumínio obteve concentrações de 7,9 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ com pH variando entre 4,1 a 4,2 nos ambientes com características rupestres. Os resultados obtidos sugerem que as espécies de *Q. parviflora* e *A. occidentale* parecem possuir um certo tipo de tolerância a toxicidade do Al em solos com pH abaixo de 5,0.

Palavras-Chaves: Afloramentos rochosos, comunidade lenhosa, Semiárido brasileiro.

1. Introdução

O Cerrado brasileiro é a savana com a maior riqueza em biodiversidade do mundo (SILVEIRA, 2010). Possui mais de 11 mil espécies de plantas nativas já catalogadas (KLINK; MACHADO, 2005). Abrange, no Brasil, uma área estimada em 2.036.448 quilômetros quadrado (IBGE, 2004), cobrindo 23% de todo território nacional (RIBEIRO; WALTER, 2008; MOTA *et al.*, 2014). O Cerrado *sensu stricto* ocorre em relevos de altitudes, principalmente em solos profundos e bem drenados, no qual, apresenta uma camada herbácea dominada por gramíneas e uma camada lenhosa com alturas variadas, principalmente de três a cinco metros (FELFILI; FAGG 2007).

Ribeiro e Walter (2008), determinaram 11 tipos fitofisionômicos distribuídos entre as formações florestais, savânicas e campestres; dentre estes, sendo o Cerrado *sensu stricto* o que apresenta maior extensão territorial, ocupando cerca de 70% do bioma (Felfili; Silva-Junior 2005; Mota et al. 2014). Esse padrão promove uma maior diversidade de subtipos, apresentando ambientes com vegetação densa, típica e rala sobre solos profundos e ambientes rupestres, com solos rasos e afloramentos rochosos, condicionando a presença de arbustos e vegetação arbórea (RIBEIRO; WALTER, 2008; MOTA *et al.*, 2014).

Alguns dos principais fatores que influenciam como determinantes dos tipos de vegetação do Cerrado, estão amplamente relacionados às condições edáficas, especialmente: a profundidade da água, drenagem, profundidade efetiva do perfil do solo e sua textura, assim como, a porcentagem de rochas expostas no ambiente (HARIDASAN, 2000; ABREU *et al.*, 2012). Esses fatores exercem influências nas fitofisionomias do Cerrado, tanto quanto a ação humana (PIVELLO; COUTINHO 1996; Neri *et al.*, 2007).

A composição química do solo no Cerrado, na maior parte, é distrófica com pH ácido e baixa concentração de cálcio e magnésio disponíveis e com alta concentração de alumínio trocável (LOPES; COX 1977; NERI *et al.* 2007). Dependendo do nível de concentração, alguns metais, como o alumínio, promovem uma toxicidade no solo, influenciando no crescimento de algumas espécies de plantas desse ambiente e atuando como um dos fatores limitantes para o crescimento de algumas espécies vegetais no domínio Cerrado (BALBINO-MIGUEL *et al.* 2010).

Abreu *et al.*, (2012), sugere que estudos comparativos da vegetação lenhosa e os afloramentos rochosos em locais típicos de cerrado, podem ajudar a avaliar os efeitos das condições edáficas nas suas composições florísticas e estruturais.

Para que se possam executar projetos de conservação da biodiversidade e planos de manejo sustentável é necessário que se conheça a vegetação da área de interesse, suas limitações e capacidade de resiliência (FERRAZ *et al.*, 2013).

Castro (1994), alertou sobre a falta de conhecimento do patrimônio florístico do Cerrado, o que pode interferir de forma negativa na oferta de variabilidade genética para as futuras gerações tecnológicas, além disso, a fitodiversidade e a arquitetura compartimentada do domínio Cerrado, dificulta a extrapolação dos resultados alcançados pelos levantamentos florísticos quantitativos.

As regiões de Cerrado ocorrentes no sul do Ceará, resumem-se a enclaves de pequenos relevos sedimentares identificados inicialmente por Figueiredo e Fernandes (1987), e estão localizados nos municípios de: Lavras de Mangabeira, Aurora, Granjeiro, Várzea Alegre, Farias Brito, Cedro, Jucás e sobre a Chapada do Araripe (FIGUEIREDO, 1997; MORO *et al.*, 2015; NEPOMUCENO *et al.*, 2016). Pouco se sabe sobre a diversidade de fauna/flora, estrutura e status de conservação desses fragmentos de Cerrado.

Diante da necessidade de conhecimento científico acerca desse ambiente e com o intuito de subsidiar ações de preservação e recuperação dos mesmos, este trabalho teve como objetivo analisar como a composição química e física do solo, bem como, a presença de afloramentos rochosos, com características rupestres, influenciam nos padrões de distribuição florística e na estrutura fitofisionômica das espécies lenhosas no fragmento de Cerrado *sensu stricto* localizado em meio a Caatinga do cristalino, região semiárida do Brasil.

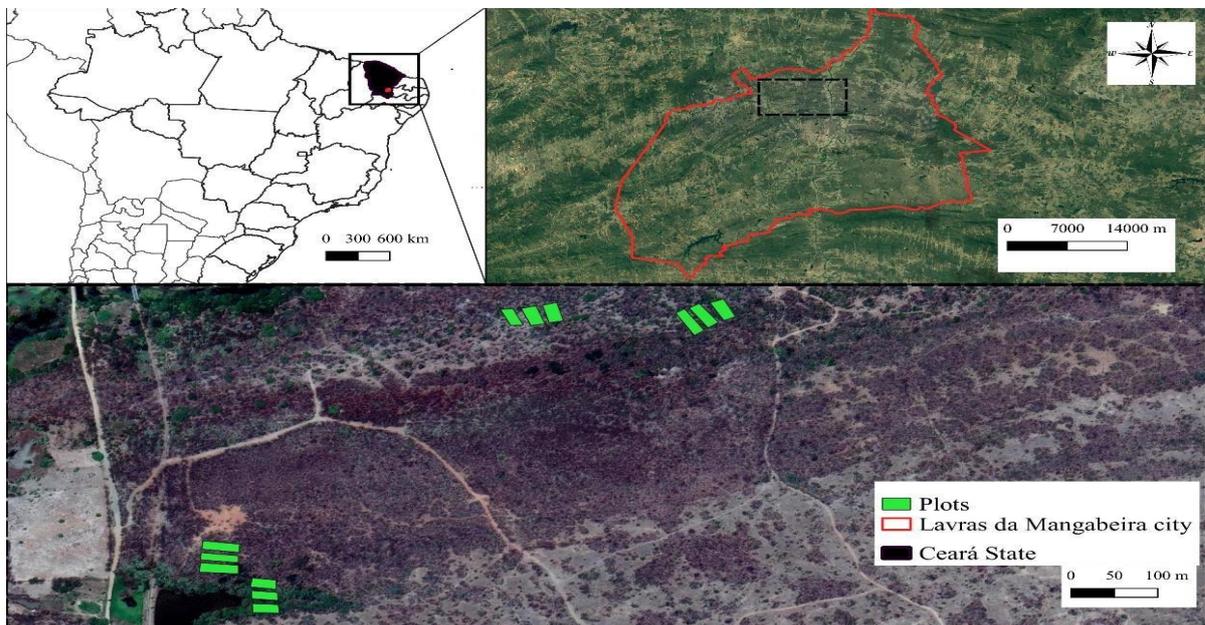
2. Material e Métodos

Área de estudo

A Serra do Boqueirão localiza-se no município de Lavras da Mangabeira, (6°72'24" S e 38°97'73" W) (Figura 1), com altitude que varia de 282 a 401m. O município está situado no semiárido do Nordeste brasileiro, na microrregião homônima e na mesorregião do Centro-Sul do Ceará (IBGE, 2010). O clima é o Tropical quente semiárido, com duas estações bem definidas (de inverno seco e verão úmido), (Aw) de acordo com a classificação de Köppen, apesar do caráter transitório com o clima semiárido do Nordeste do Brasil (BSh). A média da pluviosidade anual é de 908,9 mm com chuvas concentradas de janeiro a abril (FUNCEME, 2019). A temperatura média anual varia entre 26 a 28 °C (IPECE, 2019).

O relevo é constituído por superfícies dissecadas em cristais estruturais com vales e interflúvios alongados. Os interflúvios já em adiantado processo de dissecação guardam estreitas superfícies horizontais, apresentando em suas vertentes, sulcos paralelos que acompanham geralmente as fraturas (FIGUEIREDO; FERNANDES, 1987). A região faz parte da bacia do rio Salgado, tendo como vegetação predominante a Caatinga arbustiva aberta e Caatinga arbustiva densa, com solos que variam entre Argissolos, Luvisolos e Neossolos (IPECE, 2019). A região em estudo também aponta a presença de afloramentos rochosos nos locais de maiores altitudes.

Figura 1: Localização geográfica da Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Sul do Ceará, Brasil.



Fonte: Luciana da Silva Cordeiro

Coletas e Tratamento de Dados

Para realizar a amostragem da vegetação arbóreo-arbustiva foi conduzido inventário florestal pelo método das parcelas (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974). De forma sistemática, 12 unidades amostrais (360 m^2 - $12 \times 30\text{m}$) foram lançadas com distância de 100m, sendo que seis foram plotadas em ambiente sem afloramentos rochosos (Ambiente e seis em ambiente com afloramentos rochosos de características rupestres (Ambiente I, em área mais elevada, totalizando área de 0,432 ha. Em cada parcela foram registrados todos os indivíduos vivos com DNS (Diâmetro a 30 cm de altura do solo) ≥ 3 cm, mensurados com a suta dendrométrica e a altura total (HT) estimada utilizando a vara telescópica graduada (FERRAZ *et al.*, 2013).

Na existência de rebroto, foi mensurado o de maior diâmetro e estando este dentro dos critérios de inclusão, o mesmo e os demais rebrotos foram incluídos, conforme sugere Rodal (1992). Para a inclusão dos demais rebrotos foi utilizado a fórmula $\text{DNSf} = \sqrt{\text{DNS1}^2 + \text{DNS2}^2 + \dots + \text{DNSn}^2}$ como sugere Mota *et al.* (2014). Para a obtenção do parâmetro fitossociológico de Dominância Absoluta (DA) utilizou-se o *software* Fitopac 2.1.2 (SHEPHERD, 2010).

A identificação do material botânico foi realizada com base em caracteres morfológicos florais e vegetativos e com a utilização de coleções botânicas, pela comparação de exsicatas

coletadas com material catalogado nos Herbário Caririense Dárdano de Andrade-Lima, da Universidade Regional do Cariri (HCDAL-URCA) e Herbário Prisco Bezerra, da Universidade Federal do Ceará (EAC-UFC), além de consulta à literatura e especialistas. As espécies foram classificadas em famílias de acordo com o sistema do Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV, 2016) e a grafia dos táxons foi conferida nos bancos do Missouri Botanical Garden (2011) e Flora do Brasil 2020 (2019).

A avaliação da cobertura de rochas seguiu os critérios utilizados por Mota *et al.*, (2014), em todas as parcelas foi adaptado a escala de valores de Braun-Blanquet (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974). As notas atribuídas aos afloramentos foram feitas por um mesmo observador e variaram de zero a quatro, de acordo com a sua frequência em cada parcela, sendo zero na ausência do mesmo; um: 1-25% de ocorrência na parcela; dois: 26-50% de ocorrência; três: 51-75%, e quatro: 76-100%. O valor da nota dada a cada parcela foi tomado como variável categórica na matriz utilizada nas análises multivariadas (MOTA *et al.*, 2014). A parcela que recebeu nota ≥ 3 foi classificado como ambiente de afloramento rochoso com características rupestres (Ambiente II).

Na análise de solo, foram retiradas amostras em duas áreas distintas (ambientes I e II), nas profundidades de 0-20 e 0-40 cm, como sugere Drumond e Calixto-Junior (2018), e levadas ao Laboratório Água e Planta da Embrapa Semiárido (Petrolina, Pernambuco) para a obtenção dos valores e atributos químicos e físicos do solo.

Com o objetivo de avaliar a relação entre os atributos químicos do solo e a diversidade florística com os ambientes I e II, foram feitas análises multivariadas de componentes principais, retificada do inglês *Principal Component Analysis* (PCA), utilizando o software PAST v.3.23 (HAMMER *et al.*, 2001). Trata-se de uma técnica de ordenação indireta, descrita inicialmente por Karl Pearson (1901) e introduzida em estudos de vegetação por Órloci (1966). Os componentes gerados na PCA são conjuntos de variáveis independentes, não correlacionadas entre si, com distribuição normal. Na matriz de componentes gerada, cada unidade amostral (parcela) tem um valor para cada espécie e para cada variável ambiental. Cada indivíduo (espécie) tem um valor para cada componente, que juntos recebem o nome de valores de componentes, nos quais, variam em importância, sendo interessante expressar os mais significativos e/ou principais (FILFILE *et al.*, 2013).

3. Resultados e Discussões

Diversidade dos Ambientes I e II

Na análise relacionada à presença/ausência de afloramentos rochosos, as parcelas foram distribuídas em dois ambientes. No ambiente I (sem a presença de afloramentos rochosos) estiveram as seguintes unidades amostrais: 1, 2, 6, 7, 8, 9 e no ambiente II (com a presença dos afloramentos) as parcelas: 3, 4, 5, 10, 11 e 12.

No levantamento fitossociológico foram encontradas, de forma geral, 906 indivíduos distribuídos em 46 espécies, 43 gêneros e 22 famílias botânicas. No ambiente I foram registradas 45 espécies e no ambiente II, 31 espécies.

As famílias mais representativas no ambiente I (Tabela 1) foram: Fabaceae (10 ssp.), Bignoneaceae (4 ssp.) e Malvaceae (4 ssp.), além de Rubiaceae e Salicaceae, ambas com três representantes. No ambiente II a família Fabaceae apresentou 5 espécies; Bignoneaceae (3). Rubiaceae, Salicaceae, Vochysiaceae e Anacardiaceae apresentam 2 espécies, apontando uma redução significativa na riqueza de espécies em comparação ao ambiente I.

Em relação ao número de indivíduos, dos 906 espécimes mensurados, 559 (61,6%) foram amostrados no ambiente I e 347 (38,4%) no ambiente II.

As espécies que obtiveram maiores valores de dominância absoluta foram: *A. Occidentale* (3,01); *H. stignocarpa* (1,29); *Q. parviflora* (1,04) *C. fasciculata* (0,66), *A. leptopetala* (0,66).

Até então, pôde-se observar redução tanto na diversidade quanto no volume da vegetação lenhosa nos ambientes onde ocorre a presença de afloramentos rochosos em comparação ao ambiente sem substrato rochoso.

Mota *et al.* (2014), em estudos conduzidos no Parque Estadual do Biribiri (PEB), em Diamantina, Estado de Minas Gerais (Sudeste brasileiro), reforçam que a presença dos afloramentos rochosos dentro de algumas parcelas influencia na diferenciação da composição florística.

Tabela 1: Composição florística em fragmento de Cerrado *sensu stricto*, Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Ceará, Brasil. Onde: AREA I = Ambiente sem presença de afloramentos rochosos; AREA II = Ambiente com presença de afloramentos rochosos; DA = Dominância absoluta e Aus. = Espécie ausente para o referido ambiente.

Família	Espécie	Nome Popular	Área I	Área II	DA
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> var. <i>microcarpum</i>	Cajuí	10	61	3.01
	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Gonçalo-Alves	12	18	0.42
Annonaceae	<i>Annona leptopetala</i> (R.E.Fr.) H.Rainer	Bananinha	65	20	0.42
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cuspa</i> (Kunth) S.F.Blake	Pereiro-branco	20	9	0.10
	<i>Aspidosperma pyriforme</i> var. <i>molle</i> (Mart.) Müll.Arg.	Pereiro-preto	5	7	0.06
Bignoniaceae	<i>Cuspidaria argentea</i> (Wawra) Sandwith	Cipó-rosa	5	14	0.08
	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-roxo	19	8	0.28
	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth & Hook.f. ex S. Moore	Craibeira	6	9	0.21
	<i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) DC.	Caroba-bocade-sapo	6	Aus.	0.06
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Pacoté	4	1	0.09
Burseraceae	<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	Umburana-de-cambão	2	1	0.04
Cactaceae	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Mandacaru	1	4	0.10
Combretaceae	<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	Sipaíba	4	1	0.12
	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Mofumbo	4	Aus.	0.02
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.	Lixeira	6	5	0.38
Euphorbiaceae	<i>Croton jacobinensis</i> Baill.	Marmeleiro	5	Aus.	0.02
	<i>Dahlstedria araripensis</i> (Benth.)	Angelim	6	9	0.66
	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	Umburana-de-cheiro	5	1	0.05
	<i>Dalbergia cearenses</i> Ducke	Violete	6	13	0.45
Fabaceae	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Pau-amarelo	16	10	0.39
	<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	Pau-mocó	Aus.	1	0.07
	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Jatobá-de-veado	85	Aus.	1.29
	<i>Bauhinia</i> sp.	Pata-de-vaca	5	Aus.	0.02
	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	Pau-ferro	4	Aus.	0.03
	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Coração-de-negro	7	Aus.	0.17
	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Jurema-preta	2	Aus.	0.00
	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	Amargoso	2	Aus.	0.01
Lythraceae	<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schltd. Subsp. <i>vandelliana</i>	Romã-brava	20	1	0.08
Malpighiaceae	<i>Byrsonima gardneriana</i> A. Juss.	Murici	11	1	0.06
	<i>Helicteres macropetala</i> A. St.-Hil.	Saca-rolha	2	Aus.	0.01
Malvaceae	<i>Luehea candicans</i> Mart. & Zucc.	Açoita-cavalo1	8	Aus.	0.04
	<i>Luehea paniculata</i> Mart. & Zucc.	Açoita-cavalo2	3	1	0.06
Moraceae	<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A.Robyns	Embiratanha	2	Aus.	0.01
	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Inharé	18	2	0.39
Myrtaceae	<i>Psidium myrsinites</i> DC.	Araçá-bravo	42	14	0.24
Olacaceae	<i>Ximenia americana</i> L.	Ameixa	5	2	0.02
	<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.	Quína-Quina	2	Aus.	0.00

Rubiaceae	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.	Veludo-branco	47	7	0.60
	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	Jenipapo	3	1	0.01
Rutaceae	<i>Zanthoxylum</i> sp.	Laranjinha	2	4	
	<i>Laetia</i> sp.	Pau-piranha	4	1	
Salicaceae	<i>Prockia crucis</i> P. Browne ex L.	Farinha-seca	1	Aus.	
	<i>Xylosma ciliatifolia</i> (Clos) Eichler	Espinho-de-judeu	3	2	
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Pau-Paraíba	8	Aus.	0.02
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Pau-terra	7	94	1.04
	<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	Carvoeiro	55	23	0.66

Moura *et al.* (2010), evidenciaram boa riqueza de espécies para área de Cerrado *sensu stricto* rupestre no Parque Estadual dos Pireneus no Estado de Goiás (Centro-Oeste brasileiro) em Latossolos profundos e bem drenados. Estudos semelhantes conduzidos por Amaral *et al.* (2006), Felfili; Fagg (2007), Felfili *et al.* (2007), Miranda *et al.* (2007), Moura *et al.* (2007) e Pinto *et al.* (2009) corroboram com essa mesma tendência, sugerindo que outros fatores, além da presença de rocha, podem também influenciar na composição florística dos ambientes estudados.

Análise Multivariada (PCA).

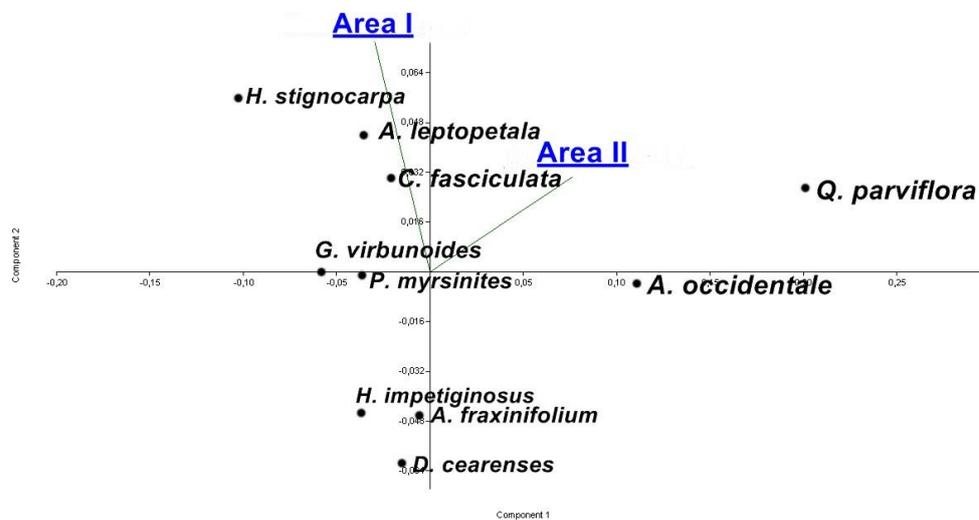
A análise dos componentes principais – PCA para a distribuição das espécie entre os dois ambientes, relacionou as espécies de: *H. stigonocarpa* (Fabaceae), *A. leptopetala* (Annonaceae); *C. fasciculata* (Vochysiaceae), *G. virbunoides* e *P. mysinites* como as que obtiveram os valores mais representativos no eixo que corresponde ao ambiente I. A PCA também demonstrou que *A. fragilifolium* (Anacardiaceae), *D. cearenses* (Fabaceae) e *H. impetiginosus* (Bignoneaceae) são as espécies que obtiveram valores mais aproximados aos dois eixos dos componentes principais, no qual, sugere que essas espécies estão distribuídas de forma mais homogênea entre os dois ambientes. Já *Q. parviflora* (Vochysiaceae) e *A. occidentale* (Anacardiaceae) obtiveram os valores mais representativos para o eixo do Ambiente II, apontando que essas duas espécies possuem os seus domínios estabelecidos nos ambientes onde ocorre afloramentos rochosos.

A análise também apontou para forte dependência das espécies de *H. stigonocarpa* e *Q. parviflora* ao mesmo tempo que evidencia notória dominância de ambas as espécies em seus respectivos substratos, o que é confirmado pelo fator numérico, sendo que todos os 85 indivíduos de *H. stigonocarpa* foram registrados apenas no ambiente I e *Q. parviflora*

demonstrou a mesma tendência numérica, pois dos 101 indivíduos encontrados, 94 (93%) encontram-se no ambiente II. *A. occidentale* parece disputar a dominância com *Q. parviflora* no substrato rupestre, já *C. fasciculata* demonstra ter boa competitividade no ambiente I. A presença de *A. leptopetala* na disputa pela dominância do ambiente I sugere que a vegetação de Caatinga pode estar invadindo o fragmento de Cerrado.

A evidência dessas variações hierárquicas entre as populações de espécies lenhosas nos diferentes tipos de substratos demonstrados nesse estudo, podem ser explicadas por Ricklefs (2010), no qual, afirma que, as plantas, por explorarem recursos pontualmente e terem o hábito de vida sésseis, os fatores abióticos do meio agem como as principais pressões seletivas à evolução, limitando a distribuição das espécies.

Figura 2: Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (PCA) das 10 espécies mais representativas em dois tipos de substratos no fragmento de Cerrado da Serra do Boqueirão, município de Lavras da Mangabeira, Ceará, Brasil. Onde: Área I = substratos sem afloramentos rochosos; Área II = substratos com afloramentos rochosos



Gomes *et al.* (2011), apontaram que as espécies de *A. occidentale* e *Q. parviflora* foram importantes nas estruturas da vegetação em solos profundos de Cerrado típico e solos rasos com afloramentos rochosos no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, Mato Grosso (Centro-Oeste brasileiro). Lemos *et al.* (2013), em estudos semelhantes em uma área de Cerrado *sensu stricto* no estado de Tocantins (Centro-Oeste) sugeriram que *A. occidentale* e *Q. parviflora* parecem não ser influenciadas nos diferentes tipos de substratos. Ratter *et al.*,

(2003) apontam que os táxons do gênero *Qualea* estão bem adaptados a diferentes substratos e, portanto, são amplamente distribuídos no Bioma Cerrado.

Fatos que não corroboram com o estudo em questão, pois como já foi demonstrado, as espécies de *A. occidentale* e *Q. parviflora* perdem de forma significativa a sua representatividade quanto ao número de indivíduos nos ambientes onde não ocorre a presença de afloramentos rochosos. Reforçando a hipótese de que os afloramentos rochosos não é o único fator determinante que pode estar influenciando na dinâmica de distribuição e competitividade das comunidades vegetais em questão.

Análise dos Aspectos Físicos e Químicos do Solo

O tipo do substrato no qual a comunidade vegetal se estabelece, segundo a classificação do IPECE (2019) para o 1º nível categórico, são variações de Neossolos e Luvisolos. Os testes granulométricos, seguindo o triângulo de classificação textural (LE MOS; SANTOS 1984) (Figura 3) demonstraram um solo arenoso com variações entre as classes de franco-arenoso e areia-franca para o ambiente I e apenas areia-franca para o ambiente II.

Os resultados obtidos para o fragmento de Cerrado da Serra do boqueirão com relação a porosidade (Tabela 2), ultrapassaram os 50% em ambos os tipos de substrato, sendo que para o ambiente I, esse nível (51,47%) foi identificado na porção 0-20cm e para o ambiente II a porosidade parece ser mais elevada, variando entre 53,82 a 54,77%. Seguindo uma tendência de percentagem maior de porosidade nas porções 0-20cm para ambos os tipos de substratos.

Houve pequenas variações da densidade do solo entre os dois ambientes. O ambiente I demonstrou uma densidade um pouco mais elevada em comparação ao ambiente II, porém o nível de densidade não ultrapassou os 1,39 Kg/dm³ na profundidade 20-40cm.

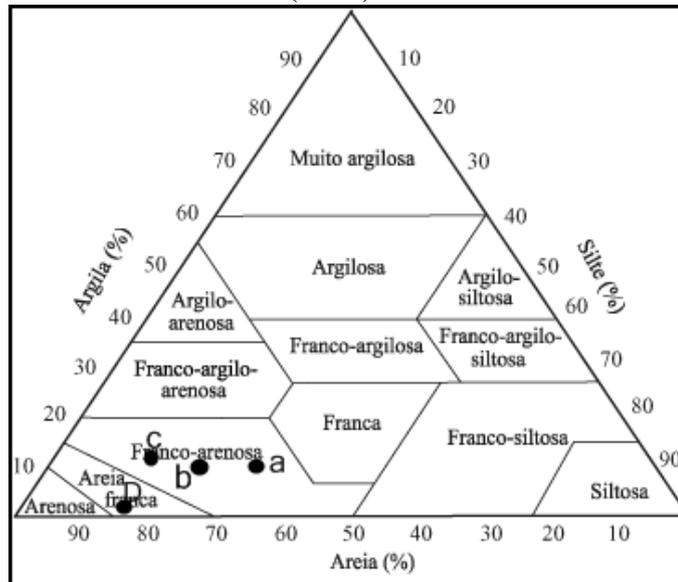
Skopp (2002) e Donagemma *et al.* (2016), entendem que densidade de solos arenosos varia de 1,4 a 1,9 g cm⁻³, o que reflete a ocorrência de maior empacotamento em materiais arenosos; neste caso, o valor de 1,85 g cm⁻³ é crítico para o desenvolvimento de raízes.

Ao realizar a conversão do valor máximo obtido nesse estudo para os valores avaliados por Skopp (2002) e Donagemma *et al.* (2016), obteve-se a máxima de 1,3 g cm⁻³, no qual, sugere que a densidade do solo não é um fator limitante para o desenvolvimento das espécies lenhosas da Serra do Boqueirão.

Donagemma *et al.* (2016), confirmam que os Neossolos Quartzarênicos se sobressaem

no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), e apresentam textura arenosa em todos os horizontes, até a profundidade de 1,50 m da superfície do solo, ou até o contato lítico, cobrindo cerca de 15% da área de Cerrado no Brasil.

Figura 3: Triângulo de classificação textural de solos em um fragmento de Cerrado *sensu stricto* na Serra do Boqueirão, município de Lavras da Mangabeira, (Ceará, Brasil. Adaptado de: Lemos e Santos (1984).



*Onde a = amostra de solo retirada nas profundidades de 0-20cm e b = amostras retiradas nas profundidades de 0-40cm em ambiente com afloramentos rochosos; c= amostras retiradas nas profundidades de 0-20cm e D= amostras retiradas nas profundidades de 0- 40 em ambientes sem a presença de afloramentos rochosos.

Tabela 2: Resultado analítico - física do solo de um fragmento de Cerrado *sensu stricto* localizado na Serra do Boqueirão município de Lavras da Mangabeira, Sul do Ceará, Brasil. Realizado pelo laboratório de análise de solo, água e planta da EMBRAPA semiárido (2019).

Substrato	Densidade de solo (Kg/dm ³)	Porosidade (%)
Ambiente I (0-20cm)	1,316	51,47
Ambiente I (20-40cm)	1,392	47,45
Ambiente II (0-20cm)	1,166	54,77
Ambiente II (20-40cm)	1,223	53,82

Tognon (1991), já defendia que a porosidade do solo interfere na aeração, condução e retenção de água, resistência à penetração e à ramificação das raízes no solo e, conseqüentemente, no aproveitamento de água e nutrientes disponíveis. Pessoa-de-Souza *et al.* (2015), em estudos conduzidos em Neossolos Quartzarênicos corroboram com os resultados

obtidos, onde o volume de porosidade total não atingiu 50% e, no entanto, evidenciaram um tipo de Neossolo Quartzarênico órtico, por não oferecer resistência para percolação da água, dessa forma, permitindo uma dinâmica físico-hídrica mais elevada do terreno, o que também contribui para uma susceptibilidade à erosão hídrica em decorrência do elevado nível de porosidade.

Com relação aos atributos químicos, a PCA (Figura 4) demonstrou uma alta concentração de Alumínio (Al) ($1,00 \text{ cmolc dm}^{-3}$ – 0-20cm / $1,15 \text{ cmolc dm}^{-3}$ 20-40cm) e maior acidez (pH: 4,2 – 0-20cm / 4,1 – 20-40cm) para o ambiente II (Tabela 3). Os valores para a concentração de Potássio (K); Sódio (Na), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) também foram registrados em maior quantidade no substrato rochosos, contudo, em baixa concentração para ambos os locais de estudo. A saturação de Alumínio atingiu níveis elevados nos horizontes mais profundos do solo no ambiente II ($7,9 \text{ cmolc dm}^{-3}$ – 20-40cm).

Balbino-Miguel *et al.* (2010), afirmam que em solos com pH abaixo de 5,0 a elevada concentração de alumínio (Al) disponível é um dos fatores que causam maiores problemas de toxicidade, o que constitui um fator limitante ao crescimento das plantas, pois a presença do Al reduz o crescimento e o desenvolvimento das raízes, assim como, diminui a absorção de nutrientes. Haridasan (2000); Salvador *et al.* (2000); Echart e Cavalli-Molina (2001) e Gomes *et al.* (2011), corroboraram com essas mesmas tendências e nos ajudam a explicar a perda da riqueza e volume de dominância no ambiente II.

Abreu *et al.* (2012), confirmam uma alta saturação de alumínio associadas a ambiente com características de solos arenosos e observa que as análises químico-físicas do solo, explicam melhor as diferenças estruturais e florísticas das vegetações.

Contudo, as espécies de *Q. parviflora* e *A. occidentale* parecem não sofrer limitações em relação a concentração de Alumínio no ambiente mencionado, indicando um tipo de tolerância a esse elemento, ao julgar pelo fato de que a PCA em consonância com os valores de dominância absoluta, demonstraram que essas espécies possuem um maior domínio estabelecidos em substratos com alta saturação de alumínio e pH ácido.

Haridasan (2000), destaca que várias espécies da família Vochysiaceae são acumuladoras de alumínio e, portanto, conferem a elas uma vantagem adaptativa nos ambientes com a presença de Alumínio trocável.

Figura 4: Análise multivariada de componentes principais (PCA) dos atributos químicos do solo em um fragmento de Cerrado *sensu stricto* localizado na Serra do Boqueirão, município de Lavras da Mangabeira, Ceará, Brasil. Onde: Área I = substratos sem afloramentos rochosos; Área II = substratos com afloramentos rochosos; Al = alumínio; K = Potássio; Na = Sódio; Ca = Cálcio e Mg = Magnésio.

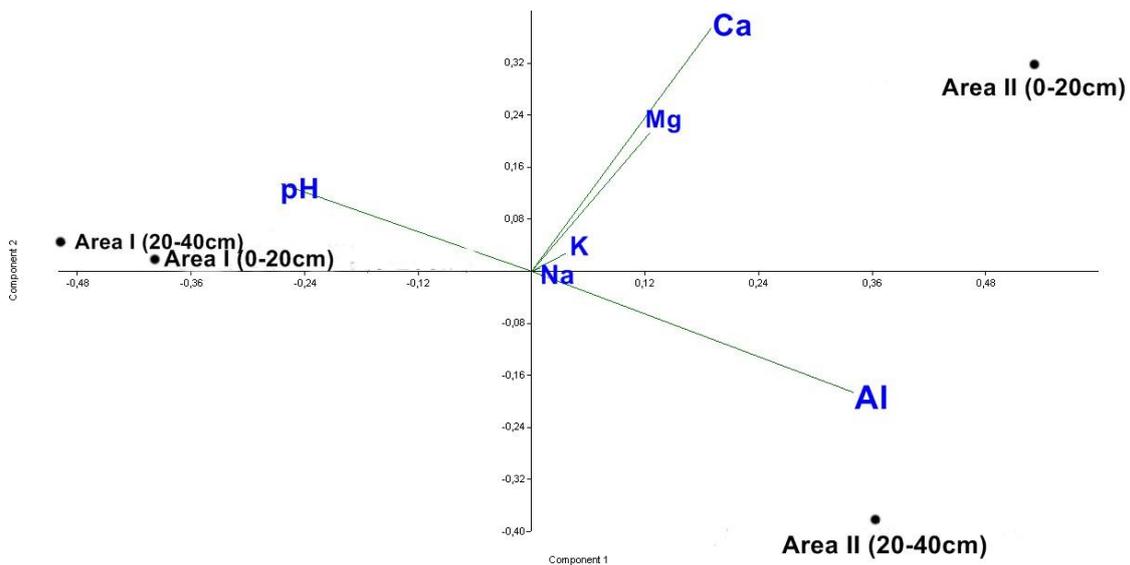


Tabela 3: Análise Química do solo de fragmento de Cerrado *sensu stricto* na Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Sul do Ceará, Brasil. Laboratório de análise de solo, água e planta - Embrapa Semiárido (2019).

Substrato	pH	K	Na	Ca	MgAl	Al + H
		----- cmol. dm ⁻³ -----				
Area I (0-20 cm)	4.6	0.16	0.10	0.5	0.450.45	2.4
Area I (20 -40 cm)	4.7	0.20	0.10	0.5	0.400.40	1.4
Area II (0-20 cm)	4.2	0.27	0.12	1.1	0.601.00	7.4
Area II (20-40 cm)	4.1	0.22	0.11	0.5	0.251.15	7.9

Mota *et al.* (2014), seguindo a mesma tendência dos resultados obtidos neste estudo, confirmaram essa hipótese e indicaram que Vochysiaceae e Fabaceae são as famílias mais representativas do Cerrado brasileiro, e que, no entanto, Fabaceae apesar de possuir a capacidade de fixação de nitrogênio como uma de suas vantagens adaptativas para esse domínio, parece sofrer mais influências de afloramentos rochosos em relação a Vochysiaceae.

A resistência da espécie de *A. occidentale* encontrada no presente estudo, pode ser reflexo de mutações gênicas, na qual, conferiram a ela um sucesso adaptativo mediante os fatores limitantes do ambiente. Echart e Cavalli-Molina (2001), explicam que a tolerância ao Al pode ser controlada de diferentes formas, desde um único gene dominante até uma forma complexa com genes de efeitos aditivos agindo em diferentes rotas bioquímicas. Em estudos genéticos conduzidos pela EMBRAPA (2018) em mudas de *A. occidentale*, apontou-se tolerância do Alumínio em dois genótipos distintos (CCP 06 e BRS 275), no qual, não apresentaram sintomas de toxicidade na presença desse elemento em 60 dias de aplicação.

Neri *et al.* (2007), confirmam que o solo no Cerrado, em sua maioria, possui pH ácido e baixa concentração de cálcio e magnésio disponíveis, com alta concentração de alumínio trocável, o que corrobora com as características de grande parte do solo da área estudada, portanto, sugere-se que os atributos químicos do solo associados a alta concentração de Al, podem ser os fatores decisivos para o estabelecimento de espécies comum do Cerrado em meio a Caatinga da Serra do Boqueirão, uma vez que, as espécies de Cerrado são mais adaptadas a habitarem substratos com essas condições.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da fitossociologia e diversidade florística apontam para a existência de um fragmento de Cerrado *sensu stricto* localizado em meio à Caatinga do cristalino, na região semiárida do Nordeste do Brasil, município de Lavras da Mangabeira, sendo este, o primeiro trabalho a observar a estrutura da vegetação da área.

Espécies típicas de Cerrado como *Qualea parviflora* e *Callisthene fasciculata* (ambas Vochysiaceae) e *Anacardium occidentale* (Anacardiaceae) apresentaram os maiores IVI no fragmento analisado, enfatizando vínculos estruturais e florísticos da área com a de savana costeira do litoral cearense, principalmente, assim como de outras áreas de Cerrado central e marginais do Brasil.

Os valores dos índices de diversidade, equabilidade e concentração sugerem alta riqueza de espécies (diversidade alfa elevada), alta uniformidade no tamanho das populações e baixa concentração de espécies. A diversidade beta é considerada alta pela heterogeneidade na comparação com outras áreas de Cerrado localizadas em outras regiões do País.

Em relação aos resultados obtidos pela análise de distribuição das espécies relacionada as características edáficas pode-se inferir que houve diferenças na diversidade, hierarquia e de

dominância das populações vegetais arbóreas entre os ambientes com e sem a presença de afloramentos rochosos. As características físicas do solo, sugerem que o fragmento de Cerrado possui susceptibilidade à erosão hídrica em decorrência do elevado nível de porosidade.

O alumínio em consonância com os afloramentos rochosos, atuam como fatores abióticos limitantes para o estabelecimento e desenvolvimento das espécies lenhosas no fragmento de Cerrado, fato esse, que corrobora para a persistência de espécies típicas do Cerrado-Central em meio a Caatinga do cristalino na região estudada, uma vez que espécies do Cerrado tendem a possuir uma maior evolução adaptativa a essas condições.

O presente trabalho traz importantes contribuições para o diagnóstico de diversidade florística, hierarquia ecológica e padrões de distribuição das espécies de vegetação lenhosa estabelecidas no fragmento de Cerrado da Serra do Boqueirão, assim como, analisa fatores edáficos que contribuem no padrão de distribuição e fatores limitantes que nos ajuda a explicar a persistência dessas espécies típicas do Cerrado ainda agonizando em meio a Caatinga do Cristalino.

Com esses resultados obtidos de forma inédita, pode-se dizer que foi feito um “Raio-X” do fragmento de Cerrado que pode e deve contribuir para estudos posteriores, assim como, e aspectos fisionômicos, base para um plano de conservação e/ou manejo sustentável da área, uma vez que, essas espécies agonizam frente as problemáticas fortemente relacionada com a ação humana, o que torna essencial a proteção dessa área, pois, trata-se de uma relíquia ecológica que nos ajuda a explicar a dinâmica de distribuição dos ecossistemas da Terra ao longo de milhares de anos atrás. Onde os períodos de glaciação e interglaciação, assim como, mudanças nos padrões biogeográficos contribuíram para o “desenho” ecológico da vegetação atual, deixando vestígios dessas mudanças como esse fragmento de Cerrado descrito no presente trabalho.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. F.; PINTO, L. M.; GOMES, L.; OLIVEIRA, E. A.; MARIMON, B. S. MARIMON-JUNIOR, B. H.; FARIAS, J.; LENZA, E. Influence of edaphic variables on the floristic composition and structure of the tree-shrub vegetation in typical and rocky outcrop cerrado areas in Serra Negra, Goiás State, **Brazil. Revista Brazilian Journal of Botany**. v. 35, n. 3, p. 259-272, 2012.

ALVIM, P. T. Repensando a teoria da formação dos campos cerrados. *In: Simpósio Sobre o Cerrado*, 8.; International Symposium on Tropical Savannas, 1., 1996, Brasília, DF. Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados - **Anais/Biodiversity and sustainable production of food and fibers in the tropical savannas - Proceedings**. Planaltina: Embrapa-CPAC, p. 56-58. 1996.

AMARAL, A. G.; PEREIRA, F. F. O.; MUNHOZ, B. R. Fitossociologia de uma área de cerrado rupestre na fazenda Sucupiara, Brasília – DF. **Revista Cerne Lavras**. v. 12, n. 4, p. 350-359, 2006.

BALBINO-MIGUEL, P. S.; GOMES, F. T.; ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, C. A.; OLIVEIRA, A. V. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**. v. 24, n.1, p. 2010.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: **Mapas. Biomas**. Disponível em: <ftp://ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/>. Acessado em: 18. Ago. 2018.

BRASIL, **Projeto Flora do Brasil 2019** (2020). Disponível: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>. Acessado em: 12. Mar. 2019.

CALIXTO JÚNIOR, J. T.; DRUMOND, M. A. Estudo comparativo da estrutura fitossociológica de dois fragmentos de Caatinga em níveis diferentes de conservação. **Pesquisa Florestal Brasileira Colombo**, v. 34, n. 80, p. 1-11, 2014. DOI: 10.4336/2014.pfb.34.80.670.

CASTRO, A. A. J. F.; MARTINS, F. R. **Comparação Florístico-geográfica (Brasil) e Fitossociológica (Piauí – São Paulo) de amostras de Cerrado**. 1994. Tese (doutorado) em Botânica – Universidade Federal do Piauí.

CAVASSAN, O. & MARTINS, F.R. **Estudos florísticos e fitossociológicos em áreas de vegetação nativa no município de Bauru-SP**. *Salusvita*, p.41-47. 1989.

CEARÁ, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - funceme. **Calendário chuvoso** disponível em: ><http://www.funceme.br/>< Acessado em: 25. Mar. 2019.

CEARÁ, Secretaria do Planejamento e Gestão: Instituto de Pesquisa Econômica do Ceará - ipece – **Perfil municipal de Lavras da Mangabeira**. Disponível em: <<http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-municipal.xhtml>>. Acessado em: 18. Set. 2019.

CEARÁ, Secretaria do Planejamento e Gestão: Instituto de Pesquisa Econômica do Ceará – ipece - **Mapas Classes de Solos**. Disponível em: >http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/pdf/1.2.4_classes_de_solos.pdf<. Acessado em: 23. Set. 2019.

DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L.; BALIEIRO, F. C.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; VIANA, J. H. M.; ARAUJO-FILHO, J. C.; SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE, M. R.; MACEDO, M. C. M.; TEXEIRA, P. C.; AMARAL, A. J.; BORTOLON, E.; BORTOLON, L. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesq. Agropec. Bras.** v.51, n.9, p.1003-1020, 2016. DOI: 10.1590/s0100-204x2016000900001.

ECHART, C. L.; CAVALLI-MOLINA, S. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Revista Ciência Rural, Santa Maria**, v. 31, n. 3, p. 531-541, 2001. DOI: 10.1590/S0103-84782001000300030.

EITEN, G. **Vegetação do Cerrado**. In **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas** (M.N. Pinto coord.). Brasília: UNB; SEMATEC. p. 1-65. 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA - **Boletim de pesquisa e desenvolvimento 178**: Efeitos do alumínio no desenvolvimento de mudas de cajueiro / Carlos Alberto Kenji Taniguchi [et al.]. Embrapa Agroindústria Tropical. 2018.

FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRANETO, J. A. A. **Fitossociologia no Brasil: Métodos e Estudos de caso**. Ed. Universidade Federal de Viçosa, v.1, 2013.

FELFILI, J. M.; FAGG, C. W. Floristic composition, diversity and structure of the “cerrado” sensu stricto on rocky soils in northern Goiás and southern Tocantins, Brazil. **Revista Brasil Bot.** v. 30, n. 3, p. 375-385, 2007. DOI: /10.1590/S0100-84042007000300004.

FELFILI, J.M.; REZENDE, A.V.; SILVA JÚNIOR, M.C. **Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Editora da Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

FELFILI, J. M.; SILVA-JUNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; NOGUEIRA, P.E.; WALTER, B. M. T., SILVA, M. A.; ENCINAS, J. I. Comparação florística e fitossociológica do cerrado nas chapadas Pratinha e dos Veadeiros. *In*: L. Leite & C.H. Saito (Eds.). **Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado**. Ed. Universidade de Brasília. Brasília,DF,p. 6-11, 1997.

FERRAZ, R. C.; MELLO, A. A.; FERREIRA, R. A.; NACIMENTO-PRADA, A. P. Levantamento Fitossociológico em área de caatinga no monumento natural Grota do Angico, Sergipe, Brasil. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 26, n. 3, p. 89-98, 2013.

FIGUEIREDO, M. A.; FERNANDES, A. Encraves de Cerrado no interior do Ceará. **Revista Cien. Agron.**, v. 18, n. 2, p. 103-106, 1987.

GOMES, L.; LENZA, E.; MARACAHIPES, L.; MARIMON, B. S.; OLIVEIRA, E. A. Comparações florísticas e estruturais entre duas comunidades lenhosas de cerrado típico e cerrado rupestre, Mato Grosso, Brasil. **Revista Acta Botânica Brasílica**. v. 25, n.4. p. 865-875, 2011.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.12, n.1, p.54-64, 2000.

HAMMER, O.; D.A.T. HARPER & P.D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. ***Paleontologia Eletrônica***. v4, n.1, p. 1-9, 2011.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **A conservação do cerrado brasileiro**. Megadiversidade, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 147-155, jul. 2005.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

LEMOS, H.L.; PINTO, J.R.R.; MEWS, H.A.; LENZA, E. Structure and floristic relationships between Cerrado sensu stricto sites on two types of substrate in northern Cerrado, Brazil. ***Biota Neotrop.*** v. 13, n. 4, p. 121-132, 2013. DOI: /10.1590/S1676-06032013000400013.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R.D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2ed. Campinas: SBCS/SNLCS. p.45, 1984.

LIMA, T.A.; PINTO, J.R.R.; LENZA, E.; PINTO, A.S. Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em uma área de cerrado rupestre no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás. ***Revista Biota Neotrop.*** v. 10, n. 2, 2010. DOI: /10.1590/S1676-06032010000200020.

LOPES, A. S.; COX, F. R. A survey of the fertility status of surface soils under 'cerrado' vegetation in Brazil. ***Soil Science Society of America Journal***, v.41, p.741-747, 1977.

MIRANDA, S.C., SILVA JÚNIOR, M.C. & SALLES, L.A. A comunidade lenhosa de cerrado rupestre na Serra Dourada, Goiás. ***Heringeriana***. v.1, p.43-53, 2007.

Missouri Botanical Garden. National Historic Landmark summary listing. National Park Service. **Archived from the original on March 1, 2009**. Retrieved June 28, 2008

MORO, M. F.; CASTRO, A. S. F.; ARAUJO, F. S. Composição florística e estrutura de um fragmento de vegetação savânica sobre os tabuleiros pré-litorâneos na zona urbana de Fortaleza, Ceará. **Rodriguésia**, v. 62, p.407-423, 2011. DOI: 10.1590/2175-7860201162214.

MOTA, S. L. L.; PEREIRA, I. M.; MACHADO, E. L. M.; OLIVEIRA, M. L. R.; BRUZINGA, J. S.; FARNEZI, M. M. M.; MEIRA-JUNIOR, M. S. Influência dos Afloramentos Rochosos sobre a Comunidade Lenhosa no Cerrado *stricto sensu*. **Floresta e Ambiente**. v. 21, n. 1, p. 8-18, 2014.

MOURA, I. O.; GOMES-KLEIN, V. L.; FELFILI, J. M.; FERREIRA, H. D.; Diversidade e estrutura comunitária de cerrado sensu stricto em afloramentos rochosos no Parque Estadual dos Pireneus, Goiás. **Revista Brasil. Bot.** v.33, n.3, p.455-467, 2010. DOI: /10.1590/S0100-84042010000300008.

MOURA, I.O., GOMES-KLEIN, V.L., FELFILI, J.M.; FERREIRA, H.D. Fitossociologia da comunidade lenhosa de uma área de cerrado rupestre no Parque Estadual dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás. **Revista de Biologia Neotropical**. v. 4 n. 2, 2007. DOI: 10.5216/rbn.v4i2.5208.

MUELLER-DUMBOIS, D.; ELLENBERG. H. Aims and methods of Vegetation Ecology. J. Wiley & Sons, New York, p. 525, 1974.

NEPOMUCENO, I. V. et al. Flora de um enclave de cerrado no município de granja, ce – dados preliminares (1) **Anais in: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido**, I., Campina Grande – PB, 2016.

NERI, A. V. et al. Análise da estrutura de uma comunidade lenhosa em área de cerrado sensu stricto no município de Senador Modestino Gonçalves, Norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Árvore**, v.31,n.1,p.123-134,2007.DOI:10.1590/S0100-67622007000100014.

ORLOCI, L. Genometric models in ecology. I. The theory and application of some ordination methods. **J. Ecol.** v.54, p. 193–215, 1966.

PEARSON, Karl. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. **Philosophical Magazine**. v. 2, n. 11, p. 559-572, 1901.

PESSOA-DESOUZA, M. A.; ALMEIDA, R. T. S.; NEVES, M. N.; CASTRO, J. P. V.; CASTRO, S. S. Comportamento químico de Neossolos Quartzarênicos em mineiros, Sudoeste Goiano. **Geociências**. v. 34, n. 3, p.335-347, 2015.

PINTO, J.R.R.; LENZA, E.; PINTO, A.S. Composição florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em um cerrado rupestre, Cocalzinho de Goiás, Goiás. **Revista Brasileira de Botânica**. v.32, n.1, p.1-10, 2009. DOI: 10.1590/S0100-84042009000100002.

PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M. A qualitative successional model to assist in the management of Brazilian cerrados. **Forest Ecology and Management**, v.87, p.127-138, 1996. DOI: /10.1016/S0378-1127(96)03829-7.

RATTER J.A.; BRIDGEWATER S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Revista Edinburgh Journal of Botany**. v.60, p.57-109, 2003. DOI: 10.1017/S0960428603000064

RICKLEFS, R.E. **Economia da Natureza**. 6ª ed Guanabara Koogan, p. 503, 2010

SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Influência do alumínio no crescimento e na acumulação de nutrientes em mudas de goiabeira. **Revista Bras. Ci. Solo**. v. 24, p.787-796, 2000.

SHEPERD, G. J. FITOPAC 2: **Manual do usuário**. Campinas: Unicamp, 2010. 91p.

SILVA, E.M.; LIMA, J.E.F.W.; AZEVEDO, J.A. ; RODRIGUES, L.N. Valores de tensão na determinação da curva de retenção de água de solos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.323-330, 2006. DOI: 10.1590/S0100- 204X2006000200018.

SILVEIRA, E.P. **Florística e estrutura da vegetação de Cerrado sensu stricto em Terra Indígena no noroeste do estado de Mato Grosso**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT. 2010.

TOGNON, A. A. **Propriedades físico-hídricas do Latossolo Roxo da região de Guairá-SP sob diferentes sistemas de cultivo**. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1991.

TROPICOS - **Missouri Botanical Garden** – banco de dados online com mais de 3.766.657 espécies. Disponível em: < <https://www.tropicos.org>>. Acessado em: 30 mar. 2019.

Influence of Soil Type and Rocky Outcrops on the Species Distribution in a Woody Plant Community at Brazilian Semiarid

José Cícero de Moura¹, Maria Amanda Nobre Lisboa², Brenda Luana Muniz Gonçalves², Gabriel Venâncio Cruz², Eduardo S. S. Tavares Barreto², Antonio Ivanildo Pinho², Marcos Aurélio Figueiredo dos Santos³, Luciana da Silva Cordeiro³, Ana Cleide Alcântara Morais Mendonça³, Maria Arlene Pessoa da Silva^{1,3}, Luiz Marivando Barros^{1,2}, Toshik Iarley da Silva⁴, Leonardo Silvestre Gomes Rocha⁵, Marcos Antônio Drumond⁶ & João Tavares Calixto Júnior^{1,2}

¹ Master's Program in Biological Diversity and Natural Resources, Regional University of Cariri, Crato, Ceará State, Brazil

² Laboratory of Studies of the Regional Flora of the Cariri (LEFLORE), Regional University of Cariri, Crato, Ceará State, Brazil

³ Herbarium Caririense Dárdano de Andrade-Lima (HCDAL), Regional University of Cariri, Crato, Ceará State, Brazil

⁴ Doctoral Program in Phytotechnics, Federal University of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais State, Brazil

⁵ Department of Animal Biology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

⁶ Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA Semiárido), Petrolina, Pernambuco State, Brazil

Correspondence: João Tavares Calixto Júnior, Laboratory of Studies of the Regional Flora of the Cariri (LEFLORE), Regional University of Cariri, Crato, Ceará State, Brazil. Tel: 55-88-3102-1213. E-mail: joao.calixto@urca.br

Received: February 13, 2020 Accepted: March 17, 2020 Online Published: April 15, 2020 doi:10.5539/ URL: <https://doi.org/10.5539/>

Abstract

Cerrado is a biome that holds many phytophysiognomies, influenced by the edaphic factors, where the type of substrate is strongly related to the established vegetation. This study aims to verify on how soil physicochemical properties, as well as the presence of rocky outcrops, influence the species distribution of woody plants in a Cerrado fragment located in deep soils and tabular relief at Serra do Boqueirão (289 m elev.) Lavras da Mangabeira municipality (6°72'24" S; 38°97'73" W), Northeastern Brazil. Every individual with a DNS \geq 3 cm in 12 sampling units with an area of 12 × 30 m (0.432 ha) was sampled. PAST v. 3.23 software was used in the Main Component analyses. The physical and chemical analyses of the soil were

made with samples collected at 0-20 cm and 20-40 cm depths. Differences in diversity, hierarchy and dominance volume of woody plant populations were found between sites with or without the presence of rocky outcrops. The soil has a tendency for water erosion and the aluminum saturation reached values of concentration of $7.9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, with a pH value between 4.1-4.2 in rocky environments. The obtained results suggest that *Q. parviflora* and *A. occidentale* probably have some kind of resistance to the toxicity of aluminum in soil with a pH value below 5.0.

Keywords: rocky outcrops, woody plant community, Brazilian semiarid, vegetal ecology, cluster analyses

1. Introduction

Brazilian Cerrado is the world's richest savanna in terms of biodiversity (Silveira, 2010), with 11,000 species of native plants already cataloged (Klink & Machado, 2005). It ranges through an estimated area of 2,036,448 Km^2 , exclusively in Brazil (IBGE, 2018), covering 23% of the national territory (Ribeiro & Walter, 2008; Mota et al., 2014). Cerrado *sensu stricto* is found in high elevation reliefs, mainly in deep and well-drained soils, having an herbaceous layer dominated by grasses and a woody layer with diverse heights, varying mainly from three to five meters (Felfili & Fagg, 2007).

Ribeiro and Walter (2008) determined 11 phytophysiognomic types for the Cerrado biome, distributed between forest, savanic and prairie formations, with Cerrado *sensu stricto* having the largest territorial extension, occupying ca. 70% of the biome (Felfili et al., 2013; Mota et al., 2014). This pattern promotes a greater diversity of subtypes, as landscapes with typic dense and thin vegetation over deep soils and rocky landscapes with shallow soils and rocky outcrops conditioning the presence of bushes and arboreal vegetation (Ribeiro & Walter, 2008; Mota et al., 2014).

Some of the main influencing factors on the vegetation types of Cerrado are largely related to the edaphic conditions, especially the following: water depth, drainage, actual soil profile depth and texture, as well as the percentage of exposed rocks (Haridasan, 2000; Abreu et al., 2012). These factors influence Cerrado phytophysiognomies as much as anthropic action does (Pivello & Coutinho, 1996; Neri et al., 2007).

The Cerrado soil chemical composition is mostly dystrophic, with low pH, low available calcium and magnesium concentrations and high exchangeable aluminum concentration (Lopes & Cox, 1977; Neri et al., 2007). Depending on concentration level, some metals, such as aluminum, cause soil toxicity, influencing the growth of some native plant species and acting as one of the limiting factors for the growth of some plant species of the Cerrado dominion (Balbino-Miguel et al., 2010).

Abreu et al. (2012) suggest that comparative studies on woody vegetation and rocky outcrops in typical Cerrado sites can aid on the evaluation of the effects of edaphic conditions in their floristic and structural compositions.

For the execution of biodiversity conservation projects and sustainable managing plans, the knowledge of the vegetation, its limitations and resilience on the area of interest is necessary (Ferraz et al., 2013).

Castro (1994) warned about the lack of knowledge on the floristic heritage of Cerrado, which can negatively influence the supply of genetic variability for the future technological generations, and the high phytodiversity and compartmentalized architecture of the Cerrado biome difficults extrapolation of the results achieved by quantitative floristic surveys.

The few Cerrado regions on Southern Ceará state are restrict to enclaves of small sedimentary

reliefs, first identified by Figueiredo and Fernandes (1987), located at Lavras de Mangabeira, Aurora, Granjeiro, Várzea Alegre, Farias Brito, Cedro and Jucás municipalities and over the Chapada do Araripe (Figueiredo, 1997; Moro et al., 2011; Nepomuceno et al., 2016). Little is known on the diversity of fauna/flora, structure and conservation status of those Cerrado fragments.

In face of the demand for scientific knowledge on this biome and looking forward to support recover and preservation actions on it, this study aims to analyze on how the physicochemical composition of the soil, as well as the presence of rocky outcrops influence the patterns of floristic distribution and phytophysiological structure of woody species in that fragment of Cerrado *strictu sensu* located in the crystalline Caatinga, Brazilian Semiarid.

2. Methods

Area of Study

Serra do Boqueirão is located at the municipality of Lavras da Mangabeira (6°72'24" S; 38°97'73" W) (Figure 1), at an elevation from 282 to 401 m above sea level. This municipality belongs to the semiarid portion of Northeastern Brazil, officially regionalized as Lavras da Mangabeira microregion and Southern-Central Ceará mesoregion (IBGE, 2010). The local site on study lies near the Lavras da Mangabeira sedimentary basin, a set of three small basins covering circa 60.27 km² in a private property, surprisingly well-preserved, without any agropecuary activity. The climate is defined as Warm Tropical Semiarid (Aw), according to the Köppen classification, with two well-defined seasons (dry winters and humid summers), despite the transitory nature of the semiarid climate on Northeastern Brazil (BSh). The average annual pluviosity is 908.9 mm (FUNCEME, 2019), the rain season being from January to April. The average annual temperature is 26.8 °C (INPE, 2019).

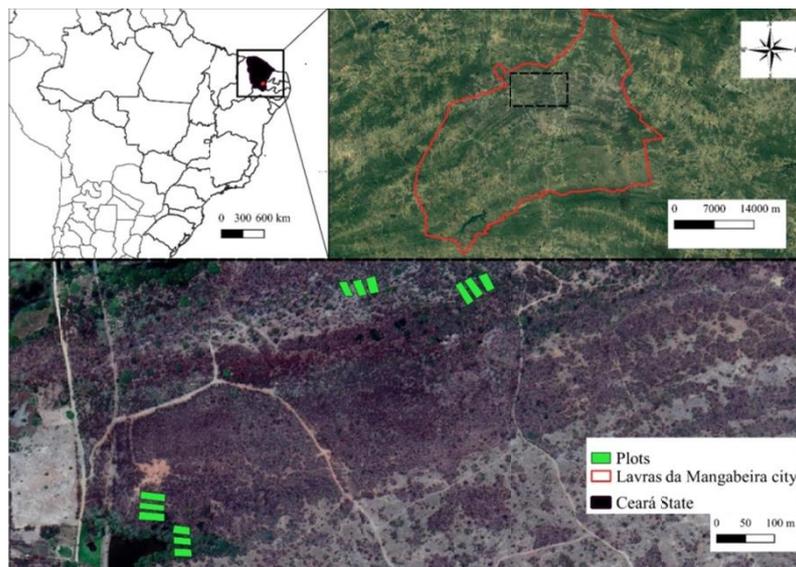


Figure 1. Geographical location of Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Southern Ceará, Brazil

The relief consists on desiccated structural crystal surfaces, with elongated dales and interfluvia. The interfluvia are in an advanced desiccation process, with narrow horizontal surfaces, having parallel grooves in their strands, usually following the fractures (Figueiredo & Fernandes, 1987). The region is part of the Salgado river basin, with the open bushy Caatinga and dense bushy Caatinga as dominant vegetation. Soil types vary between Argisoil,

Luvisol e Neosol (IPECE, 2019). This region has rocky outcrops even in higher elevations.

Data Collection and Treatment

The sampling of arboreous-arbustive vegetation was conducted by a forest inventory based on the parcel method (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974). Twelve sampling units (360 m²— 12 × 30 m) were launched within the distance of 100m, six of them in a site with no rocky outcrops (Environment I) and the remaining six in a site with rocky outcrops (Environment II), in a higher elevation area, totalizing an area of 0.432 ha. Each individual with a DNS (30 cm height from soil diameter) ≥ 3 cm was registered. DNS was measured with a dendrometric t-bevel, and total height (HT) was estimated using a telescopic graduate rod (Ferraz et al., 2013). In case of existence of resprout, the one of greater diameter and within the inclusion criterions was measured, and the remaining were included, as suggested by Rodal (1992). For the inclusion of the remaining resprouts the following formula was used below proposed by Mota et al. (2014):

$$\text{DNSf} = \sqrt{\text{DNS}_1^2 + \text{DNS}_2^2 + \dots + \text{DNS}_n^2}$$

To obtain the phytosociological parameter of Absolute Dominance (DA), the *software* Fitopac 2.1.2 (Shepherd, 2010) was used.

The botanical determination of the specimens was based in floral and vegetative morphological characters and with the use of botanical collections, by comparison of collected exsiccates with determined material at Herbário Caririense Dárdano de Andrade-Lima, Universidade Regional do Cariri (HCDAL-URCA) and Herbário Prisco Bezerra Universidade Federal Ceará (EAC-UFC), in addition to expert and literature consulting.

Family-level classification follows the system of Angiosperm Phylogeny Group IV-APG IV 2016 and the spelling of taxa was checked at the data banks of Missouri Botanical Garden (2008) and Flora do Brasil 2020 (Brasil, 2019).

The cover evaluation followed the criterions of Mota et al. (2014), adapted all parcels the rocky outcrops in the study.

Braun-Blanquet value scale (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974). The grades were given to the outcrops by the same observer and varied from zero to four, depending on the frequency of the outcrop in each parcel, being zero for absence; one: 1-25% of occurrence in the parcel; two: 26-50% of occurrence in the parcel; three: 51-75% and four: 76-100%. The value of the grade given to each parcel was used as a categoric variable in the multivariate analysis matrix (Mota et al., 2014). The parcels with a grade ≥ 3 were classified as a rocky outcrop land cape (Environment II).

In the soil analysis, samples were collected from two different areas (Environments I and II), at the depths of 0-20 and 0-40 cm, (Drumond & Calixto-Junior, 2018) and taken to the Water and Plant Lab, EMBRAPA Semiárido (Petrolina, Pernambuco State) to obtain the physical and chemical values and attributes of the soil.

To evaluate the relationship between soil chemical attributes and floristic diversity at Environments I and II, a Principal Component Analysis (PCA), using the software PAST v.3.23 (Hammer et al., 2001) was made. This is an indirect sorting technique, originally described by Pearson (1901) and introduced in vegetation studies by Órloci (1966). The components generated in PCA are sets of independent, uncorrelated variables, with normal distribution. In the generated component matrix, each sampling unit (parcel) has a value for each species and for each environmental variable. Each individual (species) has a value for each component, and receive together the name of component values, which vary in importance, being of interest to show the most significant and/or main (Filfili et al., 2013).

3. Results

Diversity on Environments I and II

In the presence/absence of rocky outcrop analysis, parcels were sorted in two environments: Environment I (without rocky outcrops) with sampling units 1, 2, 6, 7, 8 and 9; and environment II (with rocky outcrops) with sampling units 3, 4, 5, 10, 11 and 12.

The phytosociological survey encountered 906 individuals distributed in 46 species, 43 genera and 22 botanical families. In environment I, 45 species were registered, and in environment II, there were 31 species.

The most representative families in environment I (Table 1) were: Fabaceae (10 spp.), Bignoneaceae (4 spp.),

Malvaceae (4 spp.), Rubiaceae and Salicaceae, both with three species. In environment II, family Fabaceae had 5 species; Bignoneaceae (3), Rubiaceae, Salicaceae, Vochysiaceae and Anacardiaceae had 2 species, pointing to a significant reduction of species richness in comparison with environment I.

In relation to the number of individuals, 559 (61.6%) of the 906 measured specimens were sampled at

environment I and 347 (38.4%) at environment II. The species with highest absolute dominance values were: *Anacardium occidentale* (3.01); *Hymenaea stignocarpa* (1.29); *Qualea parviflora* (1.04) *Callisthene fasciculata* (0.66) and *Annona leptopetala* (0.66).

Multivariate Analysis (PCA)

The PCA analysis for the distribution of species between the two environments related *H. stignocarpa*

(Fabaceae), *A. leptopetala* (Annonaceae); *C. fasciculata* (Vochysiaceae), *Guettarda virbunoides* and *Psidium myrsinites* as the ones obtaining the most significative values for Environment I axis (Figure 2). The analysis also demonstrated that *Astronium fraxinifolium* (Anacardiaceae), *Dalbergia cearenses* (Fabaceae) and *Handroanthus impetiginosus* (Bignoniaceae) are the species with more similar values between the two main component axes, suggesting that these species are more homogeneously distributed between the two environments. *Q. parviflora* (Vochysiaceae) and *A. occidentale* (Anacardiaceae) had the most representative values for the Environment II axis, pointing that these species dominate environments where there are rocky outcrops.

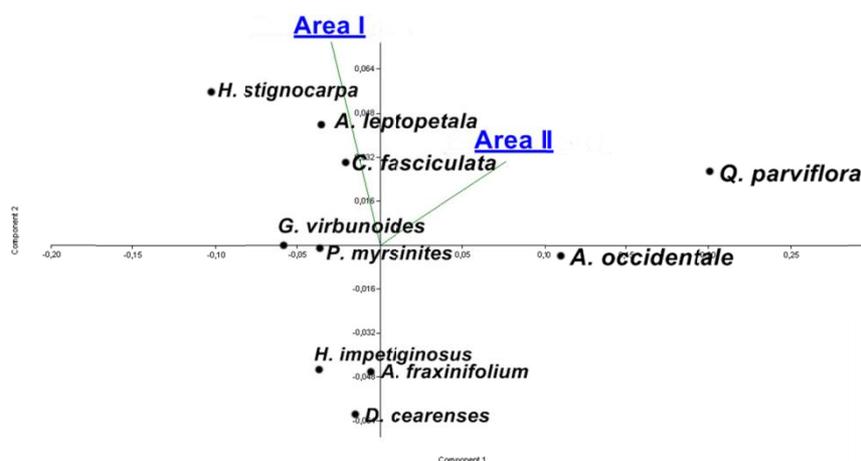


Figure 2. Ordering diagram of Principal component analysis (PCA) of 10 most representative species on two substrate types of a Cerrado fragment at Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Ceará, Brazil

Table 1. Floristic composition of a Cerrado *Sensu stricto*, Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Ceará, Brazil

Family	Species	Common name	Area I	Area II	AD
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> var. <i>microcarpum</i>	Cajuí	10	61	3.01
	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Gonçalo-Alves	12	18	0.42
Annonaceae	<i>Annona leptopetala</i> (R.E.Fr.) H.Rainer	Bananinha	65	20	0.42
	<i>Aspidosperma cuspa</i> (Kunth) S.F.Blake	Pereiro-branco	20	9	0.10
	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> var. <i>molle</i> (Mart.) Müll.Arg.	Pereiro-preto	5	7	0.06
	<i>Cuspidaria argentea</i> (Wawra) Sandwith	Cipó-rosa	5	14	0.08
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-roxo	19	8	0.28
	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth & Hook.f. ex S. Moore	Craibeira	6	9	0.21
	<i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) DC.	Caroba-bocade-sapó	6	Aus.	0.06
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Pacoté	4	1	0.09
Burseraceae	<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	Umburana-de-cambão	2	1	0.04
Cactaceae	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Mandacaru	1	4	0.10
Combretaceae	<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	Sipaúba	4	1	0.12
	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Mofumbo	4	Aus.	0.02
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.	Lixeira	6	5	0.38
Euphorbiaceae	<i>Croton jacobinensis</i> Baill.	Marmeleiro	5	Aus.	0.02
	<i>Dahlstedtia araripensis</i> (Benth.)	Angelim	6	9	0.66

	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	Umburana-de-cheiro	5	1	0.05
	<i>Dalbergia cearenses</i> Ducke	Violete	6	13	0.45
	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Pau-amarelo	16	10	0.39
	<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	Pau-mocó	Aus	1	0.07
Fabaceae	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Jatobá-de-veado	85	Aus.	1.29
	<i>Bauhinia</i> sp.	Pata-de-vaca	5	Aus.	0.02
	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	Pau-ferro	4	Aus.	0.03
	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Coração-de-negro	7	Aus.	0.17
	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Jurema-preta	2	Aus.	0.00
	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	Amargoso	2	Aus.	0.01
Lythraceae	<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schltd. Subsp. vandelliana	Romã-brava	20	1	0.08
Malpighiaceae	<i>Byrsonima gardneriana</i> A. Juss.	Murici	11	1	0.06
	<i>Helicteres macropetala</i> A. St.-Hil.	Saca-rolha	2	Aus.	0.01
Malvaceae	<i>Luehea candicans</i> Mart. & Zucc.	Açoita-cavalo1	8	Aus.	0.04
	<i>Luehea paniculata</i> Mart. & Zucc.	Açoita-cavalo2	3	1	0.06
	<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A.Robyns	Embiratanha	2	Aus.	0.01
Moraceae	<i>Brosimum gaudiehaudii</i> Trécul	Inharé	18	2	0.39
Myrtaceae	<i>Psidium myrsinites</i> DC.	Araçá-bravo	42	14	0.24
Oleaceae	<i>Ximenea americana</i> L.	Ameixa	5	2	0.02
	<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.	Quina-Quina	2	Aus.	0.00
Rubiaceae	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.	Veludo-branco	47	7	0.60
	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	Jenipapo	3	1	0.01
Rutaceae	<i>Zanthoxylum</i> sp.	Laranjinha	2	4	
	<i>Laetia</i> sp.	Pau-piranha	4	1	
Salicaceae	<i>Prockia crucis</i> P. Browne ex L.	Farinha-seca	1	Aus.	
	<i>Xylosma ciliatifolia</i> (Clos) Eichler	Espinho-de-judeu	3	2	
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Pau-Paraíba	8	Aus.	0.02
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Pau-terra	7	94	1.04
	<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	Carvoeiro	55	23	0.66

Note. Area I = Environment without rocky outcrops; Area II = Environment with rocky outcrops; AD = Absolute dominance e Aus. = Absent species for this environment.

Physical/Chemical Aspects of the Soil

The kind of substrate in which the plant community grows, according to the classification of IPECE (2019) for the 1st cathegoric level are variations of Neosoil and Luvisols. Granulometric tests, according to textural classification triangle (Lemos & Santos, 1984) (Figure 3) demonstrate a sandy soil with variations between the classes “franco-arenoso” and “areia franca” for environment I and just “areia franca” for environment II.

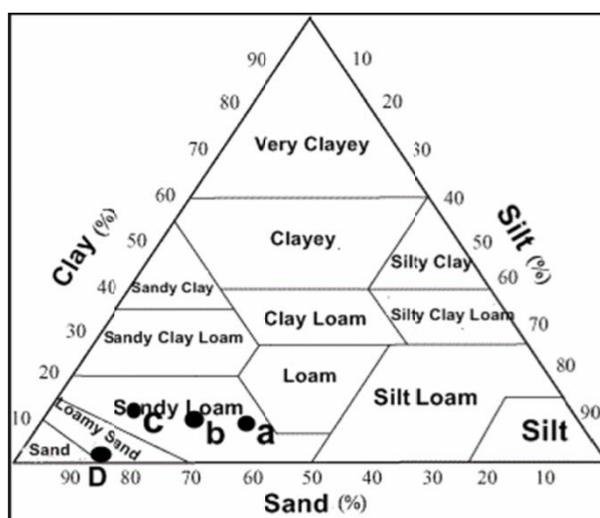


Figure 3: Soil textural classification triangle of a Cerrado *Sensu stricto* fragment at Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Ceará, Brazil. Adapted from Lemos and Santos (1984)

Note. a = soil sample taken at depths of 0-20 cm and b = samples taken at depths of 0-40 cm in a rocky outcrop environment; c = samples taken at depths of 0-20 cm and D = samples taken at depths of 0-40 in environ without rocky outcrops.

The results obtained for porosity (Table 2) are over 50% in both substrates, in wich this value (51.47%) was reached at the 0-20 cm level for environment I and for environment II porosity is even higher, varying from 53.82 to 54.77% also the 0-20 cm level.

Table 2. Analytical result—soil physics of a Cerrado *Sensu stricto* fragment located at Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Southern Ceará, Brazil. Carried out by Soil, water and plant analysis laboratory, Taniguchi (2018)

Substrate	Soil density (Kg/dm ³)	Porosity (%)
Area I (0-20 cm)	1.316	51.47
Area I (20-40 cm)	1.392	47.45
Area II (0-20 cm)	1.166	54.77
Area II (20-40 cm)	1.223	53.82

Regarding chemical attributes, PCA (Figure 4) showed a high concentration of Aluminum (Al) (1.00 cmol_c dm⁻³—0-20 cm/1.15 cmol_c dm⁻³—20-40 cm) and higher acidity (pH: 4.2—0-20 cm/4.1—20-40 cm) for environment II (Table 3). The values for the potassium concentration (K); Sodium (Na), Calcium (Ca and Magnesium (Mg) were also recorded in larger amounts in the rocky substrate, however, in low concentration for both study sites. Aluminum saturation reached high levels in the deepest horizons of soil (7.9 in environment I cmol_c dm⁻³—20-40 cm).

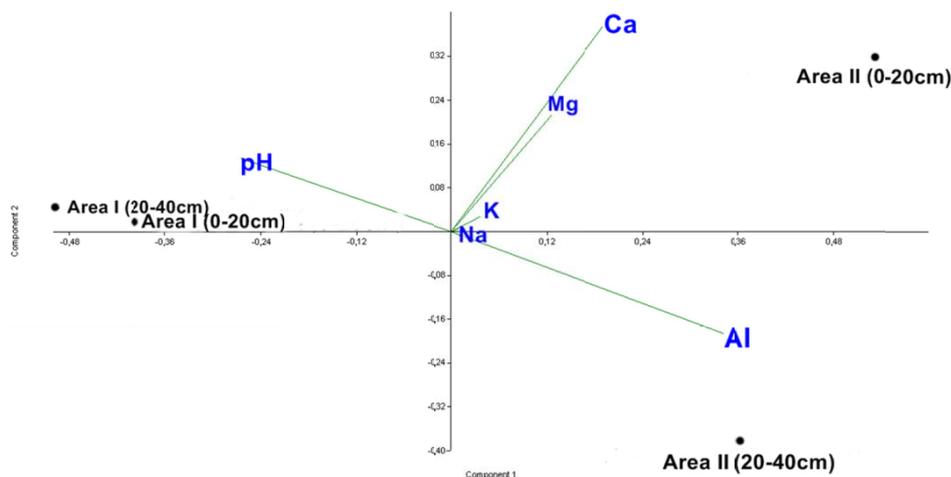


Figure 4. Multivariate Principal Component Analysis (PCA) of soil chemical attributes in a Cerrado *Sensu stricto* fragment at Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Ceará, Brazil

Note. Environment I = substrates without rock outcrops; Environment II = substrates with rocky outcrops; Al = aluminum; K = Potassium; Na = Sodium; Ca = Calcium and Mg = Magnesium.

Table 3. Chemical soil analysis of a Cerrado *sensu stricto* fragment at Serra do Boqueirão, Lavras da Mangabeira, Southern Ceará, Brazil. Soil, water and plant analysis laboratory, Taniguchi (2018)

Substrate	pH	K	Na	C	M	Al	Al + H
Area I (0-20 cm)	4	0.16	0	0.5	0	0.45	2.4
	6		1		4		
Area I (20-40 cm)	4	0.20	0	0.5	0	0.40	1.4
	7		1		4		
Area II (0-20 cm)	4	0.27	0	1.1	0	1.00	7.4
	2		1		6		
Area II (20-40 cm)	4	0.22	0	0.5	0	1.15	7.9
	1		1		2		
			1		5		

4. Discussion

Until then, a reduction both in diversity and volume of woody vegetation can be observed, at environ

ents

where there are rocky outcrops, in comparison with environments without them. Studies conducted by Mota et al. (2014) at Parque Estadual do Biribiri (PEB), Diamantina, Minas Gerais State (Southeastern Brazil), reinforce that the presence of rocky outcrops inside

some parcels influence the differentiation of floristic composition. Moura et al. (2010) evidence the good species richness for a rocky Cerrado *sensu stricto* area at Parque Estadual dos Pirineus, Goiás State (Mid-west Brazil), in deep and well-drained latosols. Similar studies conducted by Amaral et al. (2006), Felfili and Fagg (2007), Felfili et al. (2007), Miranda et al. (2007), Moura et al. (2007) and Pinto et al. (2009) corroborate this tendency, suggesting that other factors, besides the presence of rock, may also influence the floristic composition of the studied environments.

The PCA analysis also pointed to a strong dependence for *H. stignocarpa* and *Q. parviflora*, while evidenced a notorious dominance of both species in their respective substrates, what is confirmed by the numeric factor, all the 85 individuals of *H. stignocarpa* were registered only at environment I and *Q. parviflora* demonstrated the same numerical tendency, for of the 101 individuals registered, 94 (93%) are at environment II. *A. occidentale* seems to vie the dominance with *Q. parviflora* in the rocky substrate, whilst *C. fasciculata* demonstrates good competitiveness in environment I. The presence of *A. leptopetala* in the vie for dominance in environment I suggests that the Caatinga vegetation may be invading the Cerrado fragment.

The evidence for these hierarchical variations between woody species populations in different kinds of subs rates demonstrated in this study can be explained by Ricklefs (2010), who states that plants, by exploiting resources punctually and having a sessile life habit, have the abiotic factors as the main selective pressures to evolution, thus limiting species distribution.

Gomes et al. (2011) point that *A. occidentale* and *Q. parviflora* were important for the vegetation structure in deep soils of typical Cerrado and shallow soils with rocky outcrops at Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, Mato Grosso state (Mid-west Brazil). Lemos et al. (2013), in similar studies in a Cerrado *sensu stricto* area in Tocantins state (Mid-west Brazil) suggest that *A. occidentale* and *Q. parviflora* seem not to be influenced by different kinds of substrates. Ratter et al. (2003) point that taxa of the genus *Qualea* are well-adapted to different substrates, and thus are widely distributed by the Cerrado biome.

Those facts do not corroborate this study, for as demonstrated, *A. occidentale* and *Q. parviflora* significantly lose their representativeness in number of individuals in environments where rocky outcrops are absent, reinforcing the hypothesis that the presence of rocky outcrops is not the only determinant factor that may be influencing the distribution and competitiveness dynamics of the studied plant communities.

There were little variations in soil density between the two environments. Environment I demonstrated a slightly higher density in comparison to environment II, but the density value did not surpass 1.39 Kg/dm³. Skopp (2002) and Donagemma et al. (2016) understand that sandy soil density varies from 1.4 to 1.9 g cm⁻³, what reflects the occurrence of a greater clustering in sandy materials; in this case, the value of 1.85 g cm⁻³ is critical for root development.

Converting the maximum value in this study to the values evaluated by Skopp (2002) and Donagemma et al. (2016), the maximum of 1.3 g cm⁻³ was obtained, whic suggests that soil density is not a limitant factor to the development of the woody species of Serra do Boqueirão.

Donagemma et al. (2016) confirm that Quartzarenics Neossolos stand out in the Brazilian System of Soil Classification (SiBCS), having sandy texture in all horizons, reaching 1.50m from the surface or reaching the lithic bed, covering ca. 15% of the Cerrado area in Brazil.

Tognon (1991) defends that soil porosity interferes in aeration, water conduction and retention, resistance to penetration and ramification of roots, and consequently in the utilization of available water and nutrients. Pessoa-de-Souza et al. (2015), in studies conducted with Quartzarenics Neossolos corroborate the obtained results, where the total porosity volume did not reach 50%, and by the way evidenced a kind of orthic Neossolo Quartzarênico, for not offering resistance to water percolation, thus allowing a higher physical-hydric dynamics of the terrain, which also contributes to a susceptibility to water erosion due to the high level of porosity.

Balbino-Miguel et al. (2010) declared that in soils with pH below 5.0, the high concentration of available aluminum (Al) is one of the factors that cause major toxicity problems, which is a limiting factor to plant growth, since the presence of Al reduces root growth and development, as well as decreases nutrient absorption. Haridasan (2000), Salvador et al. (2000), Echart and Cavalli-Molina (2001), and Gomes et al. (2011) corroborated these same trends and help us explain the loss of richness and dominance volume in the environment II.

Abreu et al. (2012) confirm a high aluminum saturation associated with environment with characteristics of sandy soils and observe that the physico-chemical analyses of the soil better explain the structural and floristic differences of the vegetation.

However, *Q. parviflora* and *A. occidentale* do not seem to be limited in relation to the aluminum concentration in the mentioned environment, indicating a type of tolerance to this element, judging by the fact that the PCA in consonance with the absolute dominance values, demonstrated that these species have a larger domain established in substrates with high aluminum saturation and acid pH.

Haridasan (2000) points out that several species of family Vochysiaceae are aluminum accumulators a trait which, therefore, gives them an adaptive advantage in environments with the presence of exchangeable aluminum.

Mota et al. (2014), following the same trend of the results obtained in this study, confirmed this hypothesis and indicated that Vochysiaceae and Fabaceae are the most representative families of the Brazilian Cerrado and that, nevertheless Fabaceae, despite having the nitrogen fixation capacity as one of its adaptive advantages for this domain, seems to be more influenced by rocky outcrops than Vochysiaceae.

The resistance of *A. occidentale* found in the present study may be a reflection of gene mutations, which conferred adaptive success through the limiting factors of the environment. Echart and Cavalli-Molina (2001) explain that Al tolerance can be controlled in different ways, from a single dominant gene to a complex one with additive effect genes acting on different biochemical pathways. In genetic studies conducted by EMBRAPA (2018) in *A. occidentale* seedlings, aluminum tolerance was pointed out in two distinct genotypes (CCP 06 and BRS 275), in which no symptoms of toxicity were present in presence of this element within 60 days of application.

Neri et al. (2007) confirm that most of Cerrado soil has acid pH and low concentration of available calcium and magnesium, with high concentration of exchangeable aluminum, which corroborates the characteristics of most of the soil of the studied area. It suggests that the chemical attributes of the soil associated with high all concentration may be the decisive factors for the establishment of common Cerrado species in the middle of Caatinga of Serra do Boqueirão, since Cerrado species are more adapted to inhabit substrates under these conditions.

5. Conclusions

The species *Anacardium occidentale*, *Hymenaea stigonocarpa* and *Qualea parviflora* were dominant in the Cerrado environment under study.

There were differences in diversity, hierarchy and dominance of arboreous plant populations between environments with and without the presence of rocky outcrops.

The physical characteristics of the soil suggest that the Cerrado fragment is susceptible to water erosion due to the high level of porosity.

Aluminum in consonance with the rocky outcrops, act as limiting abiotic factor for the establishment and development of woody species in the Cerrado fragment. *Q. parviflora* and *A. occidentale* have some kind of tolerance to aluminum toxicity in environments with pH below 5.0.

Acknowledgements

The authors thank Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Embrapa Semiárido and Universidade Regional do Cariri (URCA).

References

- Abreu, M. F., Pinto, L. M., Gomes, L., Oliveira, E. A., Marimon, B. S., Marimon-Junior, B. H., ... Lenza, E. (2012). Influence of edaphic variables on the floristic composition and structure of the tree-shrub vegetation in typical and rocky outcrop cerrado areas in Serra Negra, Goiás State, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 35(3), 259-272. <https://doi.org/10.1590/S1806-99592012000300005>
- Amaral, A. G., Pereira, F. F. O., & Munhoz, B. R. (2006). Fitossociologia de uma área de cerrado rupestre na fazenda Sucupiara, Brasília-DF. *Revista Cerne*, 12(4), 350-359.
- Balbino-Miguel, P. S., Gomes, F. T., Rocha, W. S. D., Martins, C. E., Carvalho, C. A., & Oliveira, A. V. (2010). Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: Mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. *CES Revista*, 24(1).
- Bortolon, E., & Bortolon, L. (2016). Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. *Pesq. Agropec. Bras.*, 51(9), 1003-1020. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900001>
- Brasil. (2019). *Projeto Flora do Brasil 2020*. Retrieved from <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>
- Calixto Júnior, J. T., & Drumond, M. A. (2014). Estudo comparativo da estrutura fitossociológica de dois fragmentos de Caatinga em níveis diferentes de conservação. *Pesquisa Florestal Brasileira Colombo*, 34(80), 1-11. <https://doi.org/10.4336/2014.pfb.34.80.670>
- Castro, A. A. J. F., & Martins, F. R. (1994). *Comparação Florístico-geográfica (Brasil) e Fitossociológica (Piauí, São Paulo) de amostras de Cerrado* (Tese (doutorado) em Botânica, Universidade Federal do Piauí, Brazil).
- Donagemma, G. K., Freitas, P. L., Balieiro, F. C., Fontana, A., Spera, S. T., Lumbreras, J. F.,

- ... Cavalli-Molina, S. (2001). Fitotoxicidade do alumínio: Efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. *Revista Ciência Rural*, 31(3), 531-541, <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000300030>
- Felfili, J. M., & Fagg, C. W. (2007). Floristic composition, diversity and structure of the “cerrado” sensu stricto on rocky soils in northern Goiás and southern Tocantins, Brazil. *Revista Brasil Bot.*, 30(3), 375-385. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000300004>
- Felfili, J. M., Eisenlohr, P. V., Melo, M. M. R. F., Andrade, L. A., & Meira-Neto, J. A. A. (2013). *Fitossociologia no Brasil: Métodos e Estudos de caso*. Universidade Federal de Viçosa, Brazil.
- Felfili, J. M., Rezende, A. V., & Silva Júnior, M. C. (2007). *Biogeografia do Bioma Cerrado: Vegetação e Solos da Chapada dos Veadeiros*. Editora da Universidade de Brasília, Brasília.
- Ferraz, R. C., Mello, A. A., Ferreira, R. A., & Nascimento-Prada, A. P. (2013). Levantamento Fitossociológico em área de caatinga no monumento natural Grota do Angico, Sergipe, Brasil. *Revista Caatinga*, 26(3), 89-98.
- Figueiredo, M. A., & Fernandes, A. (1987). Encraves de Cerrado no interior do Ceará. *Revista Cien. Agron.*, 18(2), 103-106.
- FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos). (2019). *Calendário chuvoso*. Ceará, Brazil. Retrieved from <http://www.funceme.br>
- Gomes, L., Lenza, E., Maracahipes, L., Marimon, B. S., & Oliveira, E. A. (2011). Comparações florísticas e estruturais entre duas comunidades lenhosas de cerrado típico e cerrado rupestre, Mato Grosso, Brasil. *Revista Acta Botânica Brasilica*, 25(4), 865-875. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062011000400013>
- Hammer, O., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2011). PAST: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. *Paleontologia Eletrônica*, 4(1), 1-9.
- Haridasan, M. (2000). Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12(1), 54-64.
- IGBE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). (2018). *Biomass*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brazil. Retrieved August 18, 2018, from ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). (2019). *Estado Ceará—Lavras da Mangabeira* (Nosa-12/AV/HRR). Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).
- IPECE (Instituto de Pesquisa Econômica do Ceará). (2019). *Mapas Classes de Solos*. Secretaria do Planejamento e Gestão, IPECE, Ceará, Brazil. Retrieved from http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/pdf/1.2.4_classes_de_solos.pdf
- IPECE (Instituto de Pesquisa Econômica do Ceará). (2019). *Perfil Municipal de Lavras da Mangabeira*. Secretaria do Planejamento e Gestão, IPECE, Ceará, Brazil. Retrieved from <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-municipal.xhtml>
- Klink, C. A., & Machado, R. B. (2005). A conservação do cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, 1(1), 147-155.
- Koppen, W., & Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes.
- Lemos, H. L., Pinto, J. R. R., Mews, H. A., & Lenza, E. (2013). Structure and floristic

relationships between Cerrado sensu stricto sites on two types of substrate in northern Cerrado, Brazil. *Biota Neotrop*, 13(4), 121-132. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032013000400013>

Lemos, R. C., & Santos, R. D. dos. (1984). *Manual de descrição e coleta de solo no campo* (2nd ed.). Campinas: SBCE/SNLCS.

Lima, T. A., Pinto, J. R. R., Lenza, E., & Pinto, A. S. (2010). Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em uma área de cerrado rupestre no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás. *Revista Biota Neotrop*, 10(2). <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000200020>

Lopes, A. S., & Cox, F. R. (1977). A survey of the fertility status of surface soils under 'cerrado' vegetation in Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, 41, 741-747. <https://doi.org/10.2136/sssaj1977.03615995004100040026x>

Miranda, S. C., Silva Júnior, M. C., & Salles, L. A. (2007). A comunidade lenhosa de cerrado rupestre na Serra Dourada, Goiás. *Heringeriana*, 1, 43-53.

Missouri Botanical Garden. (2008). *National Historic Landmark summary listing*. National Park Service.

Moro, M. F., Castro, A. S. F., & Araujo, F. S. (2011). Composição florística e estrutura de um fragmento de vegetação savânica sobre os tabuleiros pré-litorâneos na zona urbana de Fortaleza, Ceará. *Rodriguésia*, 62, 407-423. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201162214>

Mota, S. L. L., Pereira, I. M., Machado, E. L. M., Oliveira, M. L. R., Bruzina, J. S., Farnezi, M. M. M., & Meira-Junior, M. S. (2014). Influência dos Afloramentos Rochosos sobre a Comunidade Lenhosa no Cerrado stricto sensu. *Floresta e Ambiente*, 21(1), 8-18. <https://doi.org/10.4322/loram.2014.009>

Moura, I. O., Gomes-Klein, V. L., Felfili, J. M., & Ferreira, H. D. (2010). Diversidade e estrutura comunitária de cerrado sensu stricto em afloramentos rochosos no Parque Estadual dos Pireneus, Goiás. *Revista Brasil. Bot.*, 33(3), 455-467. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000300008>

Moura, I. O., Gomes-Klein, V. L., Felfili, J. M., & Ferreira, H. D. (2007). Fitossociologia da comunidade lenhosa de uma área de cerrado rupestre no Parque Estadual dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás. *Revista de Biologia Neotropical*, 4(2), <https://doi.org/1010.5216/rbn.v4i2.5208>

Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of Vegetation Ecology*. J. Wiley & Sons, New York.

Nepomuceno, I. V., et al. (2016). *Flora de um enclave de cerrado no município de granja, ce-dados preliminaries*. Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, I., Campina Grande, PB.

Neri, A. V., Meira-Neto, J. A. A., Silva A. F. da., Martins, S. V., & Batista, M. L. (2007). Análise da estrutura de uma comunidade lenhosa em área de cerrado sensu stricto no município de Senador Modestino Gonçalves, Norte de Minas Gerais, Brasil. *Revista Árvore*, 31(1), 123-134. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000100014>

Orloci, L. (1966). Genometric models in ecology. I. The theory and application of some ordination methods. *J. Ecol.*, 54, 193-215. <https://doi.org/10.2307/2257667>

Pearson, K. (1901). On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Philosophical Magazine*, 2(11), 559-572. <https://doi.org/10.1080/14786440109462720>

- Pessoa-Desouza, M. A., Almeida, R. T. S., Neves, M. N., Castro, J. P. V., & Castro, S. S. (2015). Comportamento químico de Neossolos Quartzarênicos em mineiros, Sudoeste Goiano. *Geociências*, 34(3), 335-347.
- Pinto, J. R. R., Lenza, E., & Pinto, A. S. (2009). Composição florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em um cerrado rupestre, Cocalzinho de Goiás, Goiás. *Revista Brasileira de Botânica*, 32(1), 1-10. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042009000100002>
- Pivello, V. R., & Coutinho, L. M. (1996). A qualitative successional model to assist in the management of Brazilian cerrados. *Forest Ecology and Management*, 87, 127-138. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03829-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03829-7)
- Ratter, J. A., Bridgewater, S., & Ribeiro, J. F. (2003). Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: Comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Revista Edinburgh Journal of Botany*, 60, 57-109. <https://doi.org/10.1017/S0960428603000064>
- Ribeiro, J. F., & Walter, B. M. T. (2008). As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In S. M. Sano, S. P. Almeida & J. F. Ribeiro (Eds.), *Cerrado: Ecologia e flora* (pp. 151-212). Embrapa Cerrados, Planaltina.
- Ricklefs, R. E. (2010). *Economia da Natureza* (6th ed., p. 503). Guanabara Koogan, Brazil.
- Salvador, J. O., Moreira, A., Malavolta, E., & Cabral, C. P. (2000). Influência do alumínio no crescimento e na acumulação de nutrientes em mudas de goiabeira. *Revista Bras. Ci. Solo*, 24, 787-796. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832000000400011>
- Sheperd, G. J. (2010). *FITOPAC 2: Manual do usuário* (p. 91). Campinas: Unicamp.
- Silva, E. M., Lima, J. E. F. W., Azevedo, J. A., & Rodrigues, L. N. (2006). Valores de tensão na determinação da curva de retenção de água de solos do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 323-330. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000200018>
- Silveira, E. P. (2010). *Florística e estrutura da vegetação de Cerrado sensu stricto em Terra Indígena no noroeste do estado de Mato Grosso* (Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais), Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil). <https://doi.org/10.5216/rbn.v6i2.12849>
- Skopp, J. M. (2002). Physical properties of primary particles. In A. W. Warrick (Ed.), *Soil physics companion* (pp. 1-16). Boca Raton: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420041651.ch1>
- Taniguchi, C. A. K. (2018). Efeitos do alumínio no desenvolvimento de mudas de cajueiro. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento* 178. Embrapa Agroindústria Tropical.
- Tognon, A. A. (1991). *Propriedades físico-hídricas do Latossolo Roxo da região de Guairá-SP sob diferentes sistemas de cultivo* (Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, Brasil).
- Tropicos. (2019). *Missouri Botanical Garden—Banco de dados online com mais de 3.766.657 espécies*.

Retrieved from <https://www.tropicos.org>

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).