



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS (AGROECOLOGIA)**



**ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE POPULAÇÕES
DE CACTÁCEAS NATIVAS DA CAATINGA NO BREJO E
CURIMATAÚ PARAIBANO**

FABIANA DOS ANJOS BARBOSA

**BANANEIRAS - PB
AGOSTO - 2020**

FABIANA DOS ANJOS BARBOSA

**ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE POPULAÇÕES
DE CACTÁCEAS NATIVAS DA CAATINGA NO BREJO E
CURIMATAÚ PARAIBANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias (Agroecologia).

Área de concentração: Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável.

Comitê de Orientação:

Orientador: Dra. Nair Helena Arriel Castro

Co-orientadora: Prof^a Vênia Camelo de Souza

**BANANEIRAS - PB
AGOSTO - 2020**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

B238e Barbosa, Fabiana Dos Anjos.

Estrutura e distribuição espacial de populações de cactáceas nativas da caatinga no brejo e Curimataú paraibano / Fabiana Dos Anjos Barbosa. - João Pessoa, 2020.

82f. : il.

Orientação: Nair Helena Arriel Castro.

Coorientação: Vênia Camelo de Souza.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHSA.

1. Caatinga. 2. Ecologia de Populações. 3. Facheiro. 4. Xique-xique. I. Castro, Nair Helena Arriel. II. Souza, Vênia Camelo de. III. Título.

UFPB/CCHSA-BANANEIRAS

CDU 63

**ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE POPULAÇÕES DE
CACTÁCEAS NATIVAS DA CAATINGA NO BREJO E CURIMATAÚ
PARAIBANO**

FABIANA DOS ANJOS BARBOSA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias (Agroecologia).

Aprovada em: 25 de Agosto de 2020

COMISSÃO EXAMINADORA



Dra. Nair Helena Arriel Castro (DSc. Produção Vegetal - Embrapa Algodão)
Orientadora



Prof^a. Dra. Vênia Camelo de Souza (Departamento de Ciências Básicas e Sociais
/UFPB/CCHSA)
Co-orientadora



Dr. Francisco de Oliveira Mesquita (Pesquisador do Instituto Nacional do
Semiárido/INSA)
Examinador Externo

*Ao meu querido esposo **Alex da Silva Barbosa**, ao meu amado filho **Brener dos Anjos Barbosa** e, aos meus pais, **Antonio e Maria de Lourdes**.*

Dedico este trabalho!

AGRADECIMENTOS

Ao **PAI** pela vida, ao **FILHO** pela oportunidade de salvação, ao **ESPÍRITO SANTO** pela perseverança e ao Sagrado Coração de Maria pelo amor;

Ao meu esposo, o Prof. Dr. **Alex da Silva Barbosa**, pelo apoio, companheirismo, atenção e compreensão em todos os momentos difíceis que passei, além de sua importante contribuição para condução e conclusão deste trabalho;

Em especial ao meu filho **Brener dos Anjos Barbosa**, minha companhia nas longas madrugadas de estudos, e que apesar de tão pequeno sempre me ensinou a ser uma pessoa melhor, me fornecendo força para não desistir dos meus objetivos, mesmo diante dos inúmeros obstáculos que surgiram durante esta trajetória, sempre pensando em seu futuro;

Aos meus pais **Antônio dos Anjos** e **Maria de Lourdes dos Anjos**, por sempre me apoiarem nessa caminhada com seus princípios e ensinamentos;

Ao **Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia)** da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), por disponibilizar a oportunidade do mestrado, fornecendo todo aparato para minha formação;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-**CAPES**, pela concessão da bolsa durante o período de realização do curso;

Ao corpo docente do **Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da UFPB**, pela colaboração de cada um para minha formação, desde a graduação até o mestrado, em particular os docentes do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) - **PPGCAG**. A todos, a minha eterna gratidão;

Aos familiares, **primos(as), tios(as), irmãos(as) e sobrinhos(as)**, que acompanharam e torceram para realização de mais um objetivo em minha trajetória acadêmica;

Aos colegas de curso que sempre compartilharam a jornada do mestrado com muita benevolência, **Sara Beatriz, Ana Paula, Jazielly, Ivan Sérgio, Roberto Balbino, Tiago Coaracy, David, Stéfano, Milena, Josinaldo, Moisés, André, Erica e Amanda**, sou grata a todo por esses momentos

Aos colaboradores e pesquisadores do grupo **ECOVAR**, **Elisson** e **Welisson** pela coleta de dados em campo, sendo de fundamental importância na realização e sucesso dessa pesquisa;

*A minha orientadora **Dra. Nair Helena Arriel Castro**, pela orientação, paciência, ensinamentos, auxílio e amizade durante a condução da pesquisa, a qual sempre se mostrou compreensiva comigo diante do meu estado gestacional e emocional;*

*A Prof^a. **Dra. Vênia Camelo de Souza**, pela co-orientação desse trabalho a qual foi de uma importância muito relevante para conclusão da pesquisa;*

*A **Weleson Barbosa da Fonseca e Elisson dos Santos Moreira**, pelo auxílio nas coletas de dados de campo.*

*A **João Henrique Constantino Sales Silva**, pela leitura e correções pertinentes.*

A banca examinadora pelas contribuições pertinentes.

ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE POPULAÇÕES DE CACTÁCEAS NATIVAS DA CAATINGA NO BREJO E CURIMATAÚ PARAIBANO

RESUMO GERAL

As cactáceas são plantas sensíveis às perturbações antrópicas por apresentarem endemismos, distribuição geográfica específica, baixa taxa de crescimento relativo e necessidade de agentes polinizadores para seu sucesso reprodutivo. Neste sentido, estudos de distribuição espacial de espécimes em áreas de caatinga com algum grau de antropização são necessários para subsidiar ações de manejo e conservação da família na região. O objetivo do estudo foi analisar a estrutura e a distribuição espacial de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) e *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl em populações naturais no Brejo e Curimataú Paraibano, nos municípios de Bananeiras, Arara e Tacima, respectivamente. Nas áreas de estudo foram demarcadas 25 parcelas de 20 x 20 m totalizando uma área amostral de 10.000 m² (1ha). Dentro das parcelas, todos os indivíduos foram etiquetados e a altura total e a circunferência foram mensuradas ao nível da base do caule com auxílio de uma fita métrica. As populações foram descritas pela Densidade (DAi), Frequência (FAi), Dominância Absoluta ($DoAi$) e Índice de Agregação de Payandeh (Pi). Os mapas de distribuição espacial das isolinhas em relação ao número de indivíduos por parcela foram elaborados com auxílio dos programas SURFER® v. 8.0. Em cada parcela foram aferidos a altura e diâmetro de cada espécime ao nível do solo (DNS), com o auxílio de vara tubular graduada e uma suta dendrométrica, respectivamente. Para as populações de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* foram amostrados 61 espécimes na vegetação de Bananeiras, apresentando densidade absoluta de 61 ind. ha⁻¹ e frequência absoluta (FA) de 52%. Foram amostrados 64 espécimes na área de Arara, apresentando densidade absoluta de 64 ind. ha⁻¹ e frequência absoluta (FA) de 56 %. As duas populações estavam dispostas em padrão de agrupamento ($Pi = 3,74$ e $3,47$, respectivamente). Os indivíduos de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* das duas áreas possuem hábito de crescimento agregado e estrutura populacional com reduzido número de indivíduos regenerantes. Para as populações de *P. gounellei* foram amostrados 31 espécimes do ecossistema de Bananeiras, apresentando densidade absoluta de 31 ind. ha⁻¹ e frequência absoluta (FA) de 52 %. Foram amostrados 41 espécimes na mata de Tacima, apresentando densidade absoluta de 41 ind. ha⁻¹ e frequência absoluta (FA) de 44%. As duas populações estavam dispostas em padrão de agrupamento ($Pi = 4,97$ e $2,35$, respectivamente). Os indivíduos de *P. gounellei* das duas áreas possuem hábito de crescimento agregado e estrutura populacional com baixo recrutamento de indivíduos. As ações antrópicas regionais exercem pressão sobre a taxa de recrutamentos das populações e esse estudo aponta para ações conservacionistas das espécies de Cactaceae para garantir a sobrevivência desses indivíduos no Brejo e Curimataú Paraibano.

PALAVRAS-CHAVE: Caatinga; Ecologia de Populações; Facheiro; Xique-xique.

SPATIAL STRUCTURE AND DISTRIBUTION OF NATIVE CACTACEA POPULATIONS IN CAATINGA IN BREJO AND CURIMATAU PARAIBANO

GENERAL ABSTRACT

Cacti are plants sensitive to anthropogenic disturbances because they have endemism, specific geographic distribution, very low relative growth rate and need for pollinating agents for their reproductive success. In this sense, studies on the spatial distribution of their species specimens in Caatinga areas with some degree of anthropization are necessary to support family management and conservation actions in the region. The aim of the study was to analyze the structure and spatial distribution of *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) and *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl in natural populations in Brejo and Curimataú Paraibano, in the municipalities of Bananeiras and Arara and Bananeiras and Tacima, respectively. In the study areas, 25 plots of 20 m x 20 m were demarcated, totaling a sample area of 10,000 m² (1ha). Within the plots, all individuals were labeled and the total height and circumference were measured at the base of the stem with the aid of a tape measure. The populations were described by Density (DA_i), Frequency (FA_i) and Absolute Dominance (DoA_i) and Payandeh Aggregation Index (P_i) calculated in Microsoft Excel 2013. The spatial distribution maps of the isolines in relation to the number of individuals per plot of the Cactaceae specimens were elaborated with the aid of SURFER® v. 8.0. In each plot, the height and diameter of each specimen at ground level (DNS) were obtained, with the aid of a graduated tubular rod and a dendrometric suture, respectively. For populations of *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* 61 specimens were sampled in the vegetation of Bananeiras, presenting an absolute density of 61 ind. ha⁻¹ and absolute frequency (FA) of 52%. 64 specimens were sampled in the Arara area, with an absolute density of 64 ind. ha⁻¹ and absolute frequency (FA) of 56 %. The two populations were arranged in a cluster pattern ($P_i = 3.74$ and 3.47 , respectively). *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* of the two areas have a habit of aggregate growth and population structure with a reduced number of regenerating individuals. For the populations of *P. gounellei*, 31 specimens from the Bananeiras ecosystem were sampled, with an absolute density of 31 ind. ha⁻¹ and absolute frequency (FA) of 52 %. 41 specimens were sampled in the Tacima forest, with an absolute density of 41 ind. ha⁻¹ and absolute frequency (FA) of 44 %. The two populations were arranged in a cluster pattern ($P_i = 4.97$ and 2.35 , respectively). *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* of the two areas have a habit of aggregate growth and population structure with a reduced number of regenerating individuals. For the populations of *P. gounellei*, 31 specimens were sampled in the Caatinga of Bananeiras, with an absolute density of 31 ind. ha⁻¹ and absolute frequency (FA) of 52 %. 41 specimens were sampled in the Caatinga of Tacima, with an absolute density of 41 ind. ha⁻¹ and absolute frequency (FA) of 44%. The two populations were arranged in a cluster pattern ($P_i = 4.97$ and 2.35 , respectively). *P. gounellei* individuals from both areas have a habit of aggregate growth and population structure with low recruitment of individuals. Regional human actions exert pressure on the recruitment rate of populations and this study points to conservationist actions of Cactaceae species to guarantee the survival of these individuals in Brejo and Curimataú Paraibano.

KEYWORDS: Caatinga; Population Ecology; Facheiro; Xique-xique.

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

CAPITULO I: ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE POPULAÇÕES DE *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) NO BREJO E CURIMATAÚ PARAIBANO

- Tabela 1.** Estrutura horizontal de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi em áreas de caatinga do estado da Paraíba, Brasil. 32
- Figura 1.** Localização geográfica das áreas de estudo nos municípios de Arara e Bananeiras, microrregiões do Curimataú Ocidental e Brejo Paraibano, respectivamente. 24
- Figura 2.** Precipitação pluvial (mm), Umidade Relativa do Ar e temperaturas máxima e mínima (°C) dos municípios de Arara e Bananeiras (2019-2020), microrregiões do Curimataú Ocidental e Brejo Paraibano, respectivamente (INMET, 2020).25
- Figura 3.** População de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi, Sítio Umburana município de Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil. 26
- Figura 4.** População *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi, Zona Rural de Arara no estado da Paraíba, Brasil..... 27
- Figura 5.** Croqui de distribuição das parcelas nos fragmentos de caatinga estudados para o levantamento estrutural das espécies de Cactaceae..... 28
- Figura 6.** Estrutura hipsométrica da população de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi, A = Arara e B = Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil..... 34
- Figura 7.** Estrutura diamétrica da população de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi, A = Arara e B = Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil. 35

Figura 8. Distribuição de frequência da altura (A) do diâmetro (B) dos espécimes de populações de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi em Arara e Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil (Porção mais estreita dentro de cada caixa representa a mediana; limites do entalhe da caixa indicam o intervalo de confiança da mediana; limites inferior e superior da caixa mostram os quartis inferior e superior (25% e 75%, respectivamente); barras verticais apontam os valores de máximo e mínimo). 37

Figura 9. Predição do padrão da distribuição espacial em relação a abundância absoluta de populações de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi em Arara (A) e Bananeiras (B) no estado da Paraíba, Brasil.40

CAPITULO II: ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE POPULAÇÕES DE *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl NO BREJO E CURIMATAÚ PARAIBANO

Tabela 1. Estrutura horizontal de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl. em áreas de caatinga do estado da Paraíba, Brasil..... 60

Figura 1. Localização geográfica das áreas de estudo nos municípios Tacima e Bananeiras, microrregiões do Curimataú Oriental e Brejo Paraibano, respectivamente. 53

Figura 2. Precipitação pluvial (mm), Umidade Relativa do Ar e temperaturas máxima e mínima (°C) dos municípios de Tacima e Bananeiras (2019-2020), microrregiões do Curimataú Oriental e Brejo Paraibano, respectivamente (INMET, 2020)..... 53

Figura 3. População de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl., Zona Rural de Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil..... 54

Figura 4. População de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl., Zona Rural de Tacima no estado da Paraíba, Brasil..... 55

- Figura 5.** Croqui de distribuição das parcelas nos fragmentos de caatinga estudados para o levantamento estrutural das espécies de Cactaceae..... 56
- Figura 6.** Estrutura hipsométrica da população de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl., A = Tacima e B = Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil. 63
- Figura 7.** Estrutura diamétrica da população de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl., A = Tacima e B = Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil 64
- Figura 8.** Distribuição de frequência da altura (A) do diâmetro (B) dos espécimes de populações de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl., em Tacima e Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil. (Porção mais estreita Rowl em Tacima e Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil. (Porção mais estreita dentro de cada caixa representa a mediana; limites do entalhe da caixa indicam o intervalo de confiança da mediana; limites inferior e superior da caixa mostram os quartis inferior e superior (25% e 75%, respectivamente); barras verticais apontam os valores de máximo e mínimo). 66
- Figura 9.** Predição do padrão da distribuição espacial em relação a abundância absoluta de populações de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl., em Tacima (A) e Bananeiras (B) no estado da Paraíba, Brasil. 68

LISTA DE ABREVIATÖES E SÍMBOLOS

AB - Área Basal

CCA - Centro de Ciências Agrárias

CCHSA - Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias

Dai - Densidade absoluta

DAP - Diâmetro ao Nível do Peito

DNS – Diâmetro ao Nível do Solo

DO - Dominância

DoAi - Dominância Absoluta

EAN - Escola de Agronomia do Nordeste “Herbário Jayme Coelho de Moraes”

EUA - *United States*

FAi - Frequência Absoluta

GPS - *Global Positioning System*

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

P_i - Índice de Agregação de Payandeh

P_i - Número de parcelas com ocorrência da espécie i

P_t - Número total de parcelas

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

UTM - (*Universal Transverse Mercator*)

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	viii
GENERAL ABSTRACT.....	ix
LISTA DE TABELAS E FIGURAS	x
LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS	xiii
 1. INTRODUÇÃO	 8
2. REVISÃO SOBRE A FAMÍLIA CACTACEAE	11
2. 1. A família Cactaceae	11
2. 2. O Gênero <i>Pilosocereus</i>	12
3. REFERÊNCIAS	14
 CAP. I: ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE POPULAÇÕES DE	
<i>Pilosocereus pachycladus</i> F. Ritter subsp. <i>pernambucoensis</i> (F. Ritter) NO BREJO E	
CURIMATAÚ PARAIBANO	
 1. INTRODUÇÃO	 21
2. MATERIAL E MÉTODOS	23
2. 1. Áreas de estudos.....	23
2. 1. 1. Área de Bananeiras-PB	23
2. 1. 2. Área de Arara-PB	23
2. 1. 3. Coleta dos dados experimentais	24
2. 2. Identificação florística da espécie	27
2. 3. Determinação da estrutura horizontal e vertical.....	28
2. 4. Determinação da distribuição espacial	30
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3. 1. Estrutura Horizontal	32
3. 2. Estrutura hipsométrica.....	33
3. 3. Estrutura diamétrica	34
3. 4. Distribuição de frequência da altura e diâmetro.....	36
3. 5. Estrutura Espacial.....	38

4. CONCLUSÕES.....	42
5. REFERÊNCIAS	43

**CAP. I: ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE POPULAÇÕES DE
Pilosocereus gounellei (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl NO BREJO E
CURIMATAÚ PARAIBANO**

1. INTRODUÇÃO	50
2. MATERIAL E MÉTODOS	52
2. 1. Áreas de estudo	52
2. 1. 1. Área de Bananeiras-PB	52
2. 1. 2. Área de Tacima-PB	52
2. 1. 3. Coleta dos dados experimentais	52
2. 2. Identificação florística da espécie	55
2. 3. Determinação da estrutura horizontal e vertical.....	56
2. 4. Determinação da distribuição espacial	58
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
3. 1. Estrutura horizontal.....	60
3. 2. Estrutura hipsométrica.....	62
3. 3. Estrutura diamétrica	63
3. 4. Distribuição de frequência da altura e diâmetro.....	65
3. 5. Estrutura Espacial.....	67
4. CONCLUSÕES.....	70
5. REFERÊNCIAS	71

1. INTRODUÇÃO

A família das Cactáceas é nativa das Américas e atualmente existem mais de 1.500 espécies de cactos descritos no mundo, encontrados em diferentes ambientes, desde áreas secas até florestas úmidas, que se diferenciam por suas características peculiares, expressando desse modo, uma beleza distinta e exuberante (CAVALCANTE et al., 2013).

A diversidade existente na família se expressa em diversas características: anatômicas, fisiológicas, morfológicas e adaptativas. Sua ocorrência é reportada a região neotropical do globo e na fitofisionomia do semiárido nordestino, uma vez que é considerado o centro de diversidade da tribo Cereeae (ANDERSON, 2001). A família encontra-se subdividida em três subfamílias: Opuntioideae, Cactoideae e Pereskioideae (NYFFELER, 2002).

O Brasil é considerado como sendo o terceiro maior centro de diversidade das cactáceas, após o México e sul dos Estados Unidos e a região dos Andes (Bolívia, Argentina e o Peru (ZAPPI, 2015). Ocorrem cerca de 330 espécies, distribuídas pelas Regiões: Nordeste, 90, Sudeste, 120, Centro-Oeste 33, Sul 70 e Norte 17. Deste total, 182 são endêmicas do país, concentrando o maior número de endemismo na região Sudeste, com cerca de 100 espécies (SILVA et al., 2011).

De acordo com Santos (2009), as formas de crescimento das cactáceas são influenciadas pelas variáveis ambientais, assim justifica-se estudos para melhor compreensão dessa relação das cactáceas com o ambiente. Alguns trabalhos denotam a presença de indivíduos da família no Agreste Paraibano cobrindo extensas áreas, o que sugere uma maior importância desses grupos que estabelecem densas formações monoespecíficas. Essa frequência se dá pela formação de micro habitats favoráveis ao desenvolvimento dessas plantas. Zappi e Taylor (2008), reportam que a ocorrência de cactáceas está determinada pela combinação específica de uma série de fatores abióticos (altitude, substrato, temperatura) e bióticos (germinação, polinização, dispersão, entomofauna, fitopatógenos, biota do solo, etc.).

Atualmente ambientes áridos e semiáridos de ocorrência da espécie vem experimentando impactos ambientais devido às alterações climáticas, secas extremas, superexploração dos recursos naturais e da desertificação; todos eles causando degradação e fragmentação do habitat e perda de biodiversidade (AYYAD, 2003; MCNEELY, 2003). Pesquisas recentes comprovaram que, a precipitação anual e a temperatura como sendo os dois principais fatores climáticos que mais influenciam na

distribuição geográfica das populações de cactáceas em áreas secas (ZEPEDA et al., 2017; ALBUQUERQUE et al., 2018; SIMÕES et al., 2019). Sendo os níveis de diversidade genética de populações vegetais dessas regiões sujeitos aos efeitos desses fatores, incluem-se também características intrínsecas da espécie como ciclo de vida, hábito de crescimento, taxa de autopolinização, sistema de cruzamento e distribuição geográfica (FIGUEREDO et al., 2010), bem como a perturbações ambientais, sobretudo a aquelas causadas por intervenções antrópicas, uma vez que possuem longos ciclos de vida, baixa taxa de crescimento individual, distribuição geográfica restrita e a dependência de outros organismos na sua fase reprodutiva (GODÍNEZ-ÁLVAREZ e ORTEGA-BAES, 2006; BARBOSA, 2017).

A antropização dos ecossistemas naturais vem causando mudanças no cenário biótico e abiótico mundial. Esse advento quando não planejado causa impactos ao meio e aos seus continentes, representando uma grande ameaça à biodiversidade, especialmente em ambientes com alto índice de endemismo e onde as espécies são profundamente adaptadas às condições ambientais específicas, como é o caso das florestas tropicais sazonalmente secas, como a Caatinga (SIMÕES et al., 2019). As condições edafoclimáticas da Caatinga favorecem o desenvolvimento de espécies vegetais bem adaptadas à região (SOUZA et al., 2019), a exemplo das cactáceas, que apresentam características adaptativas às áreas com déficit hídrico e elevada amplitude térmica.

Existe um número elevado de espécies ameaçadas de extinção na família Cactaceae (FERRER-CERVANTES et al., 2012; GODÍNEZ-ÁLVAREZ et al., 2003) e muitas outras estão na lista de espécies com risco de extinção do IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (SANCHES et al., 2007). Em sua grande maioria os fatores que ameaçam a permanência desta família no ambiente são causados por pressões antrópicas como a destruição de seu habitat (DIAS et al., 2008) e características intrínsecas das espécies.

As cactáceas constituem a segunda ordem em tamanho das plantas nativas do continente Americano, representantes importantes da flora da caatinga e, em seu ambiente natural vem sofrendo com a exploração predatória de suas populações e com a degradação dos seus sítios de ocupação (FABRICANTE e OLIVEIRA, 2013).

Os impactos antrópicos incidentes nas populações de cactáceas são intensificados pelo tipo da espécie, como elevadas taxas de endemismos e restrição em sua distribuição geográfica (FERRER-CERVANTES et al., 2012; VALVERDE et al., 2004), como

também, na fragilidade das espécies as alterações do meio, em decorrência da baixa taxa de crescimento individual os que as tornam altamente vulneráveis, principalmente no início de seu desenvolvimento (GODÍNEZ-ÁLVAREZ et al., 2003). Neste sentido, o número de espécimes de cactáceas vem reduzindo drasticamente e algumas populações dizimadas (DIAS et al., 2008)

Pesquisas sobre a distribuição espacial de Cactaceae são extremamente recentes no Brasil, a exemplo dos estudos com *Cereus hildmannianus* (PEREIRA, 2000), *Frailea* spp., *Gymnocalycium* sp., *Parodia* spp. (SARAIVA, 2010), *Melocactus zehntneri* (FABRICANTE et al., 2010), *Melocactus ernestii* (HUGHES et al., 2011; FABRICANTE e OLIVEIRA, 2013), *Melocactus conoideus* (FREIRE, 2013), *Pilosocereus pachycladus* (BARBOSA, 2015), *Cereus jamacaru* (BARBOSA et al., 2017a), *Tacinga palmadora* (BARBOSA et al., 2017b) e *Pilosocereus gounellei* (SOARES, 2017), esses estudos apontaram importantes considerações sobre o comportamento das espécies, todavia estudos que apontem estruturas comparativas em decorrência do tipo da habitat onde as espécies estão inseridos.

Diante do contexto, objetivou-se com esta pesquisa caracterizar a estrutura populacional e a distribuição espacial de Cactaceae em sua área de ocorrência natural nas microrregiões do Brejo e Curimataú Paraibano.

2. REVISÃO SOBRE A FAMÍLIA CACTACEAE

2. 1. A família Cactaceae

Com origem no continente Americano as cactáceas apresentam-se como mais de 1.500 espécies, ocorrendo com elevada riqueza de espécies e abundância desde o Canadá até a Argentina. No Brasil, para a família Cactaceae 254 espécies são nativas, das quais 181 espécies são endêmicas (CAVALCANTE et al., 2013). A família encontra-se subdividida em três subfamílias: *Opuntioideae*, *Cactoideae* e *Pereskioideae* (NYFFELER, 2002).

De acordo com Barthlott e Hunt (1993), o norte do México e a região semiárida do Oeste dos Estados Unidos constituem o primeiro centro de origem das cactáceas, caracterizado pelas tribos *Cactae* e *Pachycereeae*. Na América do Sul está situado na região árida e semiárida Andina, parte do Peru, Bolívia, Chile e Argentina o segundo centro de diversidade, sendo os representantes deste centro *Browningieae*, *Notocactaeae* e *Trichocereaeae* e a caatinga é o centro da tribo *Cereeae* caracterizado como terceiro centro de origem.

As cactáceas caracterizam-se por apresentarem alta capacidade de adaptação ao ambiente xérico, expressando-se fenotipicamente por características, quer sejam: anatômicas, fisiológicas, morfológicas e adaptativas. As raízes das cactáceas situam-se logo abaixo do solo, são responsáveis pela absorção de água, nutrientes do solo e ainda como sinalizadoras para a parte aérea da planta. Normalmente são rasas e dispersas junto à superfície para coletar água. Arruda et al. (2005) estudando quatro espécies de cactáceas com fins de entendimento das adaptações destas plantas ao ambiente observaram a presença de raízes adventícias surgirem da base do hipocótilo, constituindo um sistema radicular fasciculado.

O caule apresenta-se verde, revestido por espinhos, de forma, cor, dimensão e disposições variáveis possuindo aréolas, substituindo as folhas (BARROSO et al., 2002). Apresenta forma variável, constituído basicamente por um eixo globoso ou alongado (*Melocactus* sp.), ou alongado e com gomos colunares (*Cereus* sp., *Pilosocereus* spp.) ou cladódios achatados no plano do eixo maior e segmentado (*Opuntia* sp., *Epiphillum* sp.) ou ainda, excepcionalmente cilíndrico (*Rhipsalis* sp.).

As flores surgem das aréolas, sendo que nas espécies *Myrtillocactus geometrizans* podem surgir mais de uma flor por aréola. Geralmente são andróginas,

regulares ou irregulares, solitárias ou agrupadas em inflorescências, vistosas formadas por inúmeros segmentos, dos quais mais externos são verdes e calicinos e os mais internos são coloridos e petalóides, soldados em maior ou menor extensão na base (JOLY, 2002).

De acordo com Anderson (2001), o grão de pólen varia de 35 – 125 μm e o número de cromossomos da espécie é de $x=11$, entretanto é comum encontrar na natureza indivíduos poliplóides, tetraplóides. Segundo Castro (2008), as contagens cromossômicas para *Cactaceae* mostram que aproximadamente 30% apresentam poliploidia, principalmente em *Opuntinoideae* e *Cactoideae* sendo a maior porcentagem encontrada na primeira. Os frutos podem ser deiscentes ou indeiscentes, em seu interior há uma polpa gelatinosa onde estão contidas as sementes de cor escura. São brancos, amarelos e rosáceos, é tipo baga ou cápsula carnosa com até três mil sementes (EFLORAS, 2010). Os frutos de *Cereus jamacaru* apresentam aproximadamente 90,4% de umidade, 0,17%, de cinzas, 11,0% de sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$), 10,1% de açúcares redutores totais e 0,24% de ácido cítrico (ALMEIDA et al., 2009).

As sementes da grande maioria das cactáceas são de coloração amarelada, avermelhada, castanha, preta ou aparentando esbranquiçada (completamente escuras cobertas por uma mucilagem pálida), resistente, raramente globosa ou pubescente, reniforme, piriformes, obovoide, lenticular, ou semicirculares, com 0,4-12mm de diâmetro; tegumento brilhante ou fosco; raramente com apêndices (EFLORAS, 2010).

Muitas espécies possuem valor ornamental, o que as tornam economicamente viáveis pela variedade de formas e porque são fáceis de cultivar, não são plantas muito exigentes, sob o ponto de vista técnico, necessitam de poucas regas, pois são adaptadas a climas secos, necessitam de poucos tratos culturais sendo cultivadas como alimentares, ornamentais, paisagísticas e fitoterápicas.

Mundialmente há uma procura por essas plantas, fato esse que está motivando seu cultivo, principalmente no Brasil. Atualmente vem sendo responsável pela geração de emprego e renda, uma vez que para o cultivo intensivo com alta produtividade por área há necessidade de mão-de-obra para todas as operações desde o preparo de mudas, transplante, tratos culturais e colheita individualizada (TAKANE et al., 2009).

2. 2. O Gênero *Pilosocereus*

Dentre as cactáceas, o facheiro e o xique-xique compreendem espécies com ampla distribuição em áreas de caatinga no Agreste da Paraíba. Essas espécies pertencem

ao gênero *Pilosocereus* encontrado no México e na América do Sul, pertencente à subfamília *Catoideae*, tribo *Cereeae*. O gênero *Pilosocereus* Byles & Rowley, compreende 36 espécies neotropicais (ZAPPI, 1994). Com maior ocorrência no Brasil com aproximadamente 26 espécies, distribuídas na caatinga, em rochas e dunas, em afloramentos rochosos, nas florestas de espinho e agrestes e nos campos rupestres do Planalto Brasileiro (ZAPPI, 1994). Segundo Zappi e Taylor (2008) de 160 espécies de cactáceas ocorrentes em nosso país, 42 espécies, representando 26 % da família ocorrem nos campos rupestres, ao passo que 31 % estão distribuídas na caatinga.

As cactáceas nativas, sobretudo o gênero *Pilosocereus* necessitam de estudos que possam demonstrar a distribuição das populações e suas relações com o ambiente em que vivem, pois por meio destes conhecimentos pode-se conhecer melhor o comportamento dessas populações e estabelecer programas de conservação futuros para estas espécies.

3. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F.; BENITO, B.; RODRIGUEZ, M. Á. M.; GRAY, C. Potenciais mudanças na distribuição da *Carnegiea gigantea* em cenários futuros. **PeerJ**, Corte Madeira - Califórnia, v. 6, n. 5623, p: 1-17, 2018.
- ALMEIDA, M. M.; SILVA, F. L. H.; CONRADO, L. S.; FREIRE, R. M. M.; VALENÇA, A. R. Caracterização física e físico-química de frutos do mandacaru. **Rev. Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande - PB, v.11, n.1, p:15-20, 2009.
- ANDERSON, E. F. **The cactus family**. Timbre Press. Portland, Oregon, 2001. 777p.
- ARRUDA, E.; MEIO-DE-PINA, G. F.; ALVES, M. Anatomia dos órgãos vegetativos de *Cactaceae* da Caatinga Pernambucana. **Rev. Brasileira de Botânica**, São Paulo - SP, v. 28, n. 3, 2005.
- AYYAD, M. A. Case studies in the conservation of biodiversity: degradation and threats. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam - Holanda, v. 54, n. 1, p: 165-182, 2003.
- BARBOSA, A. S.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, J. N. B.; ANDRADE, A. P. BARBOSA NETO M. A. Estrutura e padrão espacial de *Tacinga palmadora* (Britton & Rose) NP Taylor & Stuppy (Cactaceae) em vegetação de caatinga conservada. **Caderno de Pesquisa**, Santa Cruz do Sul - Rio Grande do Sul, v. 29, n. 2, p: 36-44, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17058/cp.v29i2.9404>.
- BARBOSA, A. S. **Ecologia Populacional, Características Anatômicas e Perfil Metabolômico de *Pilosocereus cattingicola* (Gurke) Byles & Rowley subsp. salvadorensis (Werderm.) Zappi (Cactaceae)**. 2015. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Centro de Ciências Agrárias, Areia - PB, 237p.
- BARBOSA, A. S.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA JÚNIOR, L. R.; BRUNO, R. L. A.; MEDEIROS, R. L.; BARBOSA NETO, M. A. ESTRUTURA POPULACIONAL E ESPACIAL DE *Cereus jamacaru* DC. EM DUAS ÁREAS DE CAATINGA DO AGRESTE DA PARAÍBA, BRASIL. **Ciência Florestal**, Santa Maria - Rio Grande do Sul, v. 27, n. 1, p.315-324, 2017.
- BARROSO, G. M.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F.; GUIMARÃES, E. F.; COSTA, C. G. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. 2ed. Viçosa-MG, Editora Universitária/UFV, v. 1, 2002. 309p.
- BARTHLOTT, W.; D. R. HUNT. **Cactaceae**. Pages 161-196 in The Families and Genera of Vascular Plants. v. 2. K. Kubitzki (ed.). Berlin, Springer-Verlag. 1993. BDMEP. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em:< <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>> Acessado em 31 de dezembro de 2014.
- CAVALCANTE, A.; TELES, M.; MACHADO, M. Cactos do semiárido do Brasil: guia ilustrado. Campina Grande: **INSA**, 2013.

CASTRO, J. P. Números cromossômicos em espécies de Cactaceae ocorrentes no nordeste do Brasil. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Centro de Ciências Agrárias, Areia - PB, 72p.

DIAS, M. M.; NIETSCH, SILVIA.; PEREIRA, M. C. T.; MATRANGOLO, C. A. R. Emergência e desenvolvimento da cactácea rabo-de-raposa (*Arrojadoa* spp) em diferentes meios de cultura e recipientes. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 2, p:117-123, 2008.

EFLORAS. Disponível em: http://www.efloras.org/florataxon.asp.x?flora_id=1&taxon_id=10141 Acessado em: 16 de março de 2010.

FABRICANTE, J. R.; ANDRADE, L. A.; MARQUES, F. J. Caracterização populacional de *Melocactus zehntneri* (Britton & Rose) Luetzelburg (Cactaceae) ocorrente em um inselbergue da Caatinga paraibana. **Revista Biotemas**, Florianópolis - SC, v. 23, n. 1, p: 61-67, 2010.

FABRICANTE, J. R.; OLIVEIRA, C. R. S. Estrutura populacional de *Melocactus ernestii* Vaupel subsp. *ernestii* (Cactaceae). **Rev. Scientia Plena**, São Cristóvão - SE, V. 9, n. 6, 2013.

FERRER-CERVANTES, M. E.; MÉNDEZ-GONZÁLEZ, M. E.; QUINTANA-ASCENCIO, P. F.; DORANTES, A.; DZIB, G.; DURÁN, R. Population dynamics of the cactus *Mammillaria gaumeri*: an integral projection model approach. **Population Ecology**, v. 54, n. p: 321-334, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10144-012-0308-7>

FIGUEREDO, C. J.; NASSAR, J. M.; GARCÍA-RIVERAS, A. E.; GONZÁLEZ-CARCACÍA, J. A. Population genetic diversity and structure of *Pilosocereus tillianus* (Cactaceae, Cereaceae), a columnar cactus endemic to the Venezuelan Andes. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam - Holanda, v. 74, n. 11, p: 1392 - 1398, 2010.

FREIRE H. P. L. **Efeito do agrupamento espacial na taxa de crescimento e sobrevivência de *Melocactus conoideus* Buining & Brederoo (Cactaceae): uma espécie endêmica e ameaçada de extinção do Nordeste do Brasil.** 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Itapetinga - BA, 83p.

GODÍNEZ-ALVAREZ, H.; VALVERDE, T.; ORTEGA-BAES, P. Demographic trends in the Cactaceae. **The Botanical Review**, New York, v. 69, n. 2, p: 173-203, 2003.

HUGHES, F. M.; DE LA CRUZ ROT, M.; ROMÃO, R. L.; CASTRO, M. S. Dinâmica espaço-temporal de *Melocactus ernestii* subsp. *ernestii* (Cactaceae) no Nordeste do Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo - SP, v. 34, n. 3, p: 389-402, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042011000300012>.

JOLY, A. B. **Introdução a Taxonomia Vegetal**. Companhia Editora Nacional, São Paulo 2002.

MCNEELY, J. A. Biodiversity in arid regions: values and perceptions. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam - Holanda, v. 54, n. 1, p: 61-70, 2003.

NYFFELER, R. Phylogenetic relationships in the cactus family (Cactaceae) based on evidence from trnK/matK and trnF sequences. **American Journal of Botany**, v. 89, n. 2, p: 312-326, 2002.

PEREIRA, I. M. **Levantamento florístico do estrato arbustivo-arbóreo e análise da estrutura fitossociológica de ecossistema de caatinga sob diferentes níveis de antropismo**. 2000. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Centro de Ciências Agrárias, Areia - PB, 70p.

SANTOS, M. R. **Influência de variáveis ambientais e espaciais na distribuição geográfica da família cactaceae no leste do Brasil**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada). Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, 79p.

SÁNCHEZ, O.; MEDELLÍN, R. A.; ALDAMA, A.; GOETTSCHE, B.; SOBERÓN, J.; TAMBUTTI, M. Método de Evaluación del Riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER). SEMARNAT, INE, Instituto de Ecología, UNAM, CONABIO. 2007.

SARAIVA, D. D. **Estrutura de comunidades de cactos (Cactaceae) rupestres em campos subtropicais da América do Sul**. 2010. Dissertação (Mestrado em Biologia). Universidade do Vale do Rio dos Sinos - São Leopoldo, RS, 45p.

SILVA, S. R.; ZAPPI, D. C.; TAYLOR, N.; MACHADO, M. (orgs.). **Plano de ação nacional para a conservação das cactáceas**. Série Espécies Ameaçadas nº 24. Instituto Chico Mendes, Brasília - DF, 2011, 112p.

SIMÕES, S. S.; ZAPPI, D.; COSTA, G. M.; OLIVEIRA, G.; AONA, L. Y.S. Spatial niche modelling of five endemic cacti from the Brazilian Caatinga: Past, present and future. **Austral Ecology**, Hemisfério Sul da Austrália, v. 45, n.1, p.35-47, 2019.

SOARES, G. S. C. **Distribuição espacial, composição químico-bromatológica e cinética da fermentação ruminal in vitro de Pilosocereus gounellei (A. Weber ex K. Schum.) Bly ex Rowl**. 2017. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Centro de Ciências Agrárias, Areia - PB, 116p.

SOUZA, M. T. C.; SILVA, A. M.; LIMA JÚNIOR, D. M.; ANDRADE, A. P. Variability of a vegetation in Caatinga areas in the Northeast of Brazil. **Revista Agrária Acadêmica**, Colina Park Imperatriz - MA, v. 2, n. 3, p: 115-121, 2019.

TAKANE, R. J.; PIVETTA, K.F. L.; YANAGISAWA, S. S. **Cultivo técnico de cactos & suculentas ornamentais**. Fortaleza: GrafHouse, 2009. 172p.

VALVERDE, T.; QUIJAS, S.; VILLAVICENCIO, M. L.; ARGÜERO, S. C. Population dynamics of Mammillaria magnimamma Haworth (Cactaceae) in a lava-field in central Mexico. **Plant Ecology**, Holanda - v. 170, n. 2, p: 167-184, 2004.

ZAPPI, D. C. et al. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro - R J, v. 66, n. 4, p: 1085 - 1113, 2015.

ZAPPI, D. C. *Pilosocereus* (Cactaceae). **The genus in Brazil**. Succulent Plant Research, v. 3 ed., 1994. 160p editora D. Hunt, 1994

ZAPPI, D.; TAYLOR, N. Diversidade e endemismo das cactaceae na cadeia do Espinhaço. **Rev. Megadiversidade**, Belo Horizonte - MG, v. 4, n. 1-2, p: 111 - 116, 2008.

ZEPEDA, V., J. GOLUBOV Y M. C. MANDUJANO. Distribución espacial, estructura de tamaños y reproducción de *Astrophytum ornatum* (Cactaceae). **Acta Botanica Mexicana**, Pátzcuaro - Michoacán, v. 119, p: 35-49, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21829/abm.119.2017.1230>.

CAPÍTULO I

ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE POPULAÇÕES DE *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) NO BREJO E CURIMATAÚ PARAIBANO

CAPÍTULO I

ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE POPULAÇÕES DE *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) NO BREJO E CURIMATAÚ PARAIBANO

Resumo: Conhecer a distribuição e o padrão espacial de espécies dentro de uma comunidade vegetal é imprescindível para o planejamento de estratégias de conservação e estabelecer medidas de manejo sustentável em formações florestais, sobretudo em áreas de Caatinga. Nesse sentido, o objetivo do estudo foi analisar a estrutura e a distribuição espacial de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) em populações naturais no Brejo e Curimataú Paraibano, nos municípios de Bananeiras e Arara, respectivamente. Nas áreas de estudo foram demarcadas 25 parcelas de 20 m x 20 m totalizando uma área amostral de 10.000 m² (1ha). Dentro das parcelas, todos os indivíduos foram etiquetados e a altura total e a circunferência foram auferidas ao nível da base do caule com auxílio de uma fita métrica. A estrutura espacial das populações foi obtida pela coleta da coordenada geográfica de cada indivíduo em cada área e expressa por meio de mapas de distribuição espacial. Foram amostrados 61 espécimes na Caatinga do município de Bananeiras, apresentando densidade absoluta de 61 ind. ha⁻¹ e frequência absoluta (FA) de 52%. Foram amostrados 64 espécimes no bioma do município de Arara, apresentando densidade absoluta de 64 ind. ha⁻¹ e frequência absoluta (FA) de 56%. As duas populações estavam dispostas em padrão de agrupamento ($P_i = 3,74$ e $3,47$, respectivamente). Os indivíduos de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* das duas áreas possuem hábito de crescimento agregado e estrutura populacional com poucos indivíduos regenerantes. As ações regionais de conservação das espécies de Cactaceae em seu habitat precisam levar em consideração essas descobertas para garantir a sobrevivência dessas espécies.

Palavras-Chave: Cactaceae; Ecologia de Populações; Facheiro.

**SPATIAL STRUCTURE AND DISTRIBUTION OF *Pilosocereus pachycladus* F.
Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) IN BREJO AND CURIMATAU
PARAIBANO**

Abstract: Knowing the distribution and spatial pattern of species within a plant community is essential for planning conservation strategies and establishing sustainable management measures in forest formations, especially in Caatinga areas. In this sense, the aim of the study was to analyze the structure and spatial distribution of *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) in natural populations in Brejo and Curimataú Paraibano, in the municipalities of Bananeiras and Arara, respectively. In the study areas, 25 plots of 20 m x 20 m were demarcated, totaling a sample area of 10,000 m² (1ha). Within the plots, all individuals were labeled and the total height and circumference were measured at the base of the stem using a measuring tape. The spatial structure of the populations was obtained by collecting the geographic coordinate of each individual in each area and expressed through maps of spatial distribution. 61 specimens were sampled in the Caatinga of Bananeiras, with an absolute density of 61 ind. ha⁻¹ and absolute frequency (FA) of 52 %. 64 specimens were sampled in the Caatinga of Arara, with an absolute density of 64 ind. ha⁻¹ and absolute frequency (FA) of 56 %. The two populations were arranged in a cluster pattern ($Pi = 3.74$ and 3.47 , respectively). *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* of the two areas have a habit of aggregate growth and population structure with few regenerating individuals. Regional conservation actions for Cactaceae species in their habitat need to take these findings into account to ensure the survival of these species.

Key words: Cactaceae; Population Ecology; Facheiro.

1. INTRODUÇÃO

A distribuição da vegetação no Nordeste do Brasil é profundamente influenciada pelos gradientes climáticos que vão desde a úmida costa leste até o sertão, pela umidade do solo, precipitação, relevo e altitude (SANTOS, 2009). Os fatores edafoclimáticos favorecem o desenvolvimento de uma vegetação adaptada às condições do semiárido, formada em sua maioria, por plantas xerófilas e caducifólias, que quando agrupadas compõem um tipo de formação florestal denominada de caatinga (LIMA, 1996).

A vegetação da caatinga é composta de grupos taxonômicos endêmicos como espécies e gêneros de Cactaceae, as quais ocupam densas áreas da paisagem natural e cultural do semiárido Paraibano, sendo plantas bastante utilizadas como recurso alimentar para os animais. Atualmente, o ambiente semiárido, onde ocorre um número expressivo de espécies endêmicas, vem experimentando impactos ambientais devido às alterações climáticas, secas extremas, superexploração dos recursos naturais e da desertificação; todos eles causando degradação e fragmentação do habitat e perda de biodiversidade (AYYAD, 2003; MCNEELY, 2003).

Pesquisas recentes apontam que, a precipitação média anual e a temperatura são os dois principais fatores climáticos que mais influenciam na distribuição geográfica das populações de cactáceas em áreas secas (ZEPEDA et al., 2017; ALBUQUERQUE et al., 2018; SIMÕES et al., 2019). Não obstante, as cactáceas constituem um grupo de plantas com sensibilidade a perturbações ambientais, sobretudo a aquelas causadas por intervenções antrópicas, uma vez que possuem longos ciclos de vida, baixa taxa de crescimento individual, distribuição geográfica restrita, como também a dependência de outros organismos na sua fase reprodutiva (GODÍNEZ–ALVAREZ e ORTEGA–BAES, 2006; BARBOSA et al., 2017a).

Segundo Ribeiro (2011), em áreas antropicamente perturbadas, as cactáceas podem se apresentar como oportunistas em relação a outras espécies quando associadas a condições de solo favoráveis, no entanto quando a perturbação atinge a predação dos agentes polinizadores essa relação é invertida. Assim, estudos que possibilitem demonstrar a distribuição e a forma como estas plantas se comportam em ambientes naturais e com algum nível de antropização são importantes para o desenvolvimento de programas de manejo e conservação dos espécimes da família na região.

Investigações científicas abordando a distribuição espacial de Cactaceae são recentes em nosso país, estudos com *Cereus hildmannianus* (PEREIRA, 2009), *Frailea* spp., *Gymnocalycium* sp., *Parodia* spp. (SARAIVA, 2010), *Melocactus zehntneri*

(FABRICANTE et al., 2010), *Melocactus ernestii* (HUGHES et al., 2011; FABRICANTE e OLIVEIRA, 2013), *Melocactus conoideus* (FREIRE, 2013), *Pilosocereus pachycladus* (BARBOSA et al., 2015; BRUNO et al., 2016), *Cereus jamacaru* (BARBOSA et al., 2017a), *Tacinga palmadora* (BARBOSA et al. 2017b), *Pilosocereus gounellei* (SOARES, 2017), *Astrophytum ornatum* (ZEPEDA et al., 2017) e *Carnegiea gigantea* (ALBUQUERQUE et al., 2018) apontaram importantes considerações sobre o comportamento dos espécimes, todavia é necessário apontar estruturas comparativas em decorrência do tipo do habitat onde os espécimes estão inseridos.

Nesse sentido, há necessidade de investigações que caracterizem o comportamento de populações de cactáceas em seu ambiente natural como meio de estabelecer padrões estruturais e de distribuição no sentido de dar suporte para o estabelecimento de programas voltados para a conservação das espécies em áreas de caatinga do semiárido Paraibano.

O objetivo do estudo foi analisar a estrutura e a distribuição espacial populacional de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) da caatinga no Brejo e Curimataú Paraibano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2. 1. Áreas de estudos

A escolha das áreas se deu devido ao endemismo existentes para ambas as espécies, apresentando domínio na vegetação. Os fragmentos de caatinga apresenta algum grau de antropização em decorrência da atividade pecuária, corte de lenha e agricultura próxima, condições edafoclimáticas diferentes e fatores bióticos numa perspectiva de identificar se tais fatores interferem na distribuição espacial das plantas de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) em seu habitat natural.

2. 1. 1. Área de Bananeiras-PB

A área de estudo situa-se em um fragmento florestal de Caatinga localizado no município de Bananeiras, Paraíba, com características de fitofisionomias sucessionais localizadas na Mesorregião do Agreste e na Microrregião do Brejo Paraibano. A fitofisionomia do município de Bananeiras (Figura 1) apresenta altitude aproximada de 526 metros, com as coordenadas de Latitude: 06° 45' 00" S Longitude: 35° 38' 00" W inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema (Figura 2). Os recursos vegetais (Figura 3) desta área apresentam-se por espécies caducifólica e subcaducifólica. O clima da região é o As' (tropical chuvoso) quente e úmido (Classificação de Köppen) e se caracteriza por apresentar temperatura máxima de 28.5 °C e mínima de 115.6 °C, com chuvas de outono a inverno (concentradas nos meses de maio a agosto). O solo apresenta-se em sua maior parte como um Latossolo vermelho amarelo, textura franco arenosa a franco argilosa. O ambiente de estudo está localizado a aproximadamente 11 km da sede do município de Bananeiras, PB.

2. 1. 2. Área de Arara-PB

O município de Arara está localizado na Mesorregião do Agreste e Microrregião do Curimataú Ocidental do Estado da Paraíba, com altitude aproximada de 467 metros, inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema formada por maciços e outeiros altos, com fertilidade do solo variada entre média e alta. A vegetação é formada

pela Caatinga com espécies subcaducifólica e caducifólica, tipicamente dos agrestes da Paraíba, com clima do tropical chuvoso e verão seco, a precipitação pluvial (Figura 2.), média anual de 666.13 mm (INMET, 2014). Essa região de Caatinga (Figura 4.) apresenta-se com características sucessionais em nível intermediário, contudo ainda com presença de corte seletivo de madeira e pastejo do gado bovino sazonal durante a estação seca. São encontradas também aberturas ao longo da vegetação para tráfego de animais, veículos e pessoas.

2. 1. 3. Coleta dos dados experimentais

A coleta dos dados foi realizada durante o período experimental de quatro meses (janeiro a abril de 2020), em ambas as áreas amostrais.

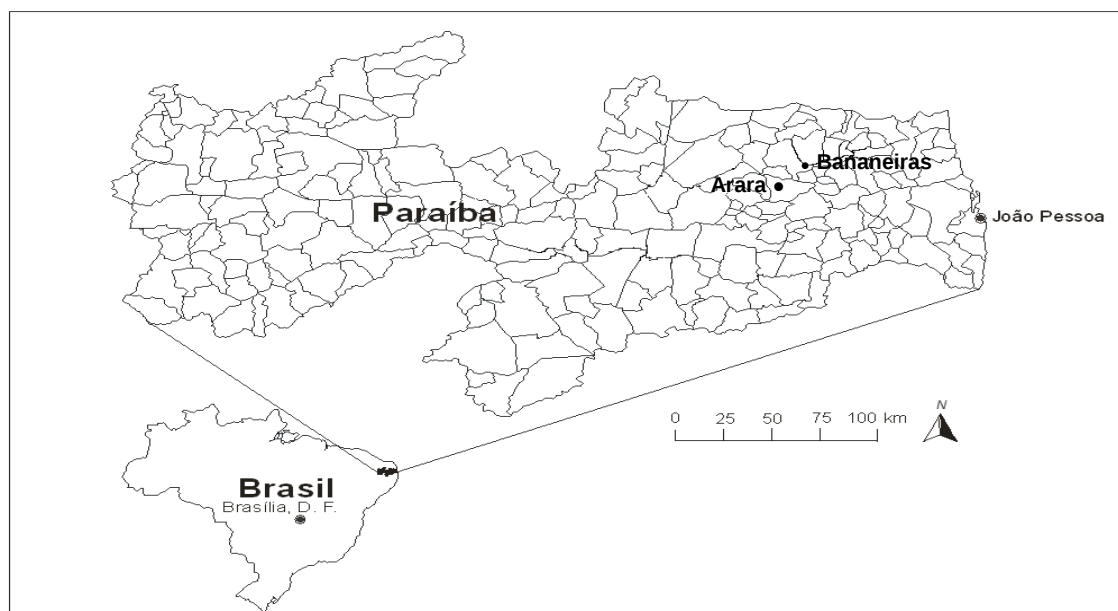


Figura 1. Localização geográfica das áreas de estudo nos municípios de Arara e Bananeiras, microrregiões do Curimataú Ocidental e Brejo Paraibano, respectivamente.

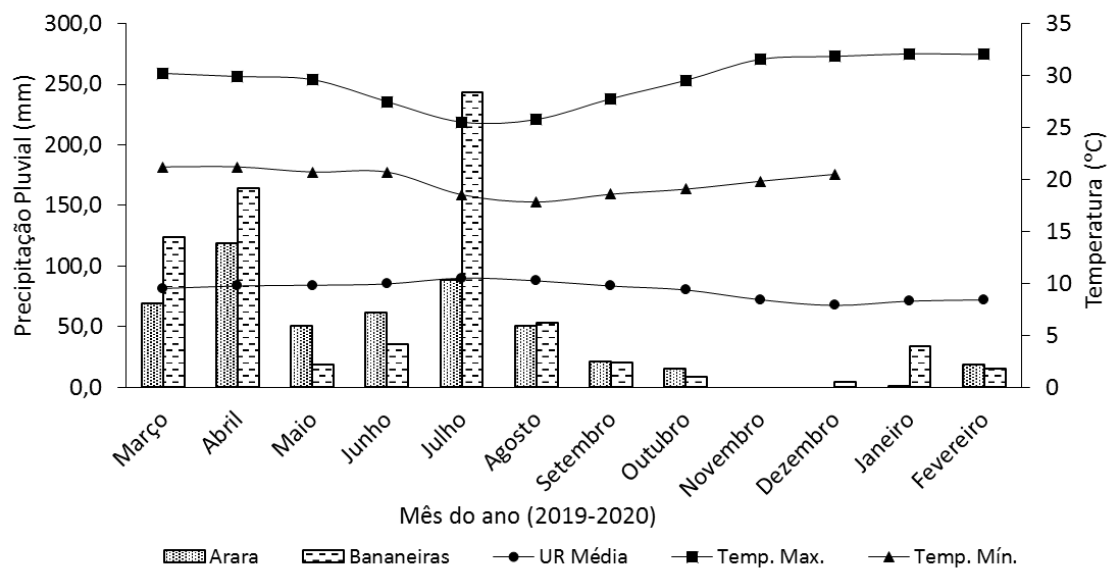


Figura 2. Precipitação pluvial (mm), Umidade Relativa do Ar e temperaturas máxima e mínima (°C) dos municípios de Arara e Bananeiras (2019-2020), microrregiões do Curimataú Ocidental e Brejo Paraibano, respectivamente (INMET, 2020).



Figura 3. População de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi, Sítio Umburana município de Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil.



Figura 4. População *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi, Zona Rural de Arara no estado da Paraíba, Brasil.

2. 2. Identificação florística da espécie

Para identificação dos espécimes foram coletadas partes botânicas com presença de descritores, as quais foram acondicionadas em estufa por 48 horas e posteriormente

herborizadas. As exsicatas foram identificadas no Centro de Ciências Agrárias (UFPB/CCA) “Herbário Jayme Coelho de Moraes” (EAN). A sinonímia e a grafia do táxon foram atualizadas mediante consulta ao índice de espécies do banco de dados Tropicos® do *Missouri Botanical Garden*, Saint Louis - Missouri, EUA.

2. 3. Determinação da estrutura horizontal e vertical

O método para amostragem dos indivíduos foi o de parcelas contíguas (MULLER-DOMBOIS et al., 1974; RODAL et al., 1992) com adaptações, nas áreas de estudo foram demarcadas 25 parcelas de 20 x 20 m, totalizando uma área amostral de 10.000 m² (1ha). Esse método vem sendo muito utilizado para o estudo da Caatinga e permite inferências mais apropriadas para determinados aspectos da vegetação em estudo (BARBOSA, 2011).

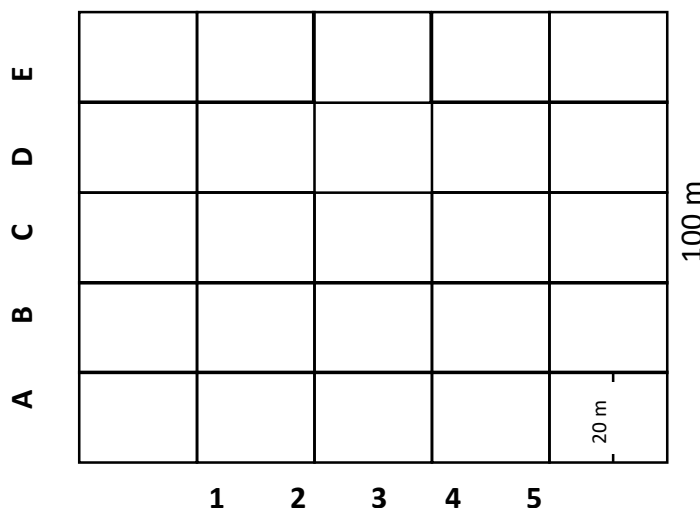


Figura 5. Croqui de distribuição das parcelas nos fragmentos de caatinga estudados para o levantamento estrutural das espécies de Cactaceae.

Em cada parcela foram quantificados a altura e diâmetro de cada espécime ao nível do solo (DNS), com o auxílio de uma vara tubular graduada e uma suta dendrométrica, respectivamente.

Foi aplicado o teste para dados com distribuição não-normal de Kruskal-Wallis (H) ($p \leq 0,05$) com finalidade de analisar as possíveis diferenças estatísticas na densidade das populações entre as áreas estudadas (ZAR, 1999). Para a distribuição de indivíduos nas classes diamétricas e hipsométricas, foi usado o teste de Lilliefors ($p \leq 0,05$) (RAZALI, 2011).

A população foi descrita pela densidade absoluta (DA_i), frequência absoluta (FA_i), área basal (AB), dominância absoluta (DoA_i) e índice de agregação de Payandeh (P_i) de acordo com os descritores estruturais:

Densidade (D): Medida que expressa o número de indivíduos da espécie dividido pela quantidade de parcelas amostrais.

Densidade Absoluta (DA_i): Medida que expressa o número de indivíduos da espécie por unidade de área.

$$DA_i = \frac{N_i}{A}$$

Onde: DA_i = Densidade Absoluta da espécie i ; N_i = Número de indivíduos da espécie i ; A = Área amostrada em hectare.

Frequência (F): Número de parcelas em que a espécie ocorre.

Frequência Absoluta (FA_i): é expressa em percentagem, a relação entre o número de parcelas ou pontos que ocorre a espécie e o número total de amostras.

$$FA_i = \left(\frac{P_i}{Pt} \right) \cdot 100$$

Onde: FA_i = Frequência Absoluta da espécie i ; P_i = Número de parcelas com ocorrência da espécie i ; Pt = Número total de parcelas.

Dominância (Do): É definida como a taxa de ocupação do ambiente pelos indivíduos da espécie, representada pela área basal, estimada com base no diâmetro ao nível do peito (DAP) ou ao nível do solo (DNS).

Dominância Absoluta (DoA_i): é dada a partir da somatória da área basal dos indivíduos de cada espécie, dividido pela área total amostrada.

$$DoA_i = \frac{\sum_{i=1}^n AB_i}{A}$$

Onde:

$$AB_i = \sum_{n=1}^n \frac{\pi \cdot DNS_i^2}{40.000}$$

Onde: DoA_i = Dominância Absoluta da espécie i ($m^2 \text{ hectare}^{-1}$); $\sum AB_i$ = Área Basal da espécie i (m^2); A = Área total amostrada (hectare).

Índice de Payandeh (Pi): Estimando-se este índice obtém-se o grau de agregação da espécie por meio da relação entre a variância do número de árvores por parcela, e a média do número de árvores (PAYANDEH, 1970):

$$P_i = \frac{S_i^2}{M_i}$$

Onde: P_i = "Índice de Payandeh" para i -ésima espécie; S_i^2 = variância do número de árvores da i -ésima espécie; M_i = média do número de árvores da i -ésima espécie.

A classificação do índice de Payandeh (P_i) sobre o padrão de distribuição espacial dos indivíduos das espécies, obedece os seguintes intervalos da equação: $P_i < 1$: distribuição aleatória ou não-agrupamento; $1 \leq P_i \leq 1,5$: tendência ao agrupamento; $P_i > 1,5$: distribuição agregada ou agrupada.

O processamento dos dados quantitativos da população para obtenção dos valores de estrutura horizontal e vertical foi realizado por meio do programa *Microsoft Office*® – *Excel* 2010, para os testes estatísticos o BioEstat 5.0® (AYRES et al., 2007).

2. 4. Determinação da distribuição espacial

Com auxílio de um GPS *Garmin*® *eTrex Venture*® *HC* foram coletadas as coordenadas de cada espécime em cada área de caatinga. O equipamento foi configurado para SAD-69 (Datum Sul Americano) e modo de coordenadas adotada foi o UTM (*Universal Transverse Mercator*). As coordenadas foram importadas para o computador com auxílio do aplicativo *MapSource Garmin*®, em seguida os bancos de dados foram compilados no *Microsoft Office*® – *Excel* 2010.

Os mapas de isolinhas de distribuição espacial em relação ao número de indivíduos por área de estudo, foram produzidos com auxílio do aplicativo SURFER® v. 8 (Golden software, Colorado, EUA). No SURFER® a conversão dos dados numéricos para a malha base e plotagem dos mapas foi utilizado realizado por meio do algoritmo de Krigagem, onde segundo Landim (2003) constitui em um processo de estimação por médias móveis, de valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de valores adjacentes, enquanto considerados como interdependente por uma função matemática, o variograma.

Os mapas de distribuição espacial das cactaceae foram elaborados na perspectiva de comparar a distribuição dos espécimes em cada uma das tipologias vegetacionais, das

condições do meio, da presença antrópica e em diferentes níveis de altitude onde as populações estão inseridas. Neste sentido procurou-se observar as possíveis variações do comportamento destes e produzir informações sobre a ecologia e a conservação de cactaceae para a mesorregião do Agreste da Paraíba.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3. 1. Estrutura Horizontal

Foram amostrados 64 (sessenta e quatro) indivíduos de *Pilosocereus pachycladus* subsp. *pernambucoensis* na caatinga de Arara, na qual a espécie apresentou densidade absoluta de 64 ind. ha⁻¹, dominância absoluta 1,6026 m², número médio de plantas por parcela 2,56, e frequência absoluta de 56 % nas 25 parcelas amostrais. Na população localizada em Bananeiras o número de indivíduos amostrados foi de 61 (sessenta e um), apresentando densidade absoluta de 61 ind. ha⁻¹, dominância absoluta de 0,7381 m², número médio de plantas por parcela de 2,44 e frequência absoluta de 52 % das 25 parcelas amostrais (Tabela 1). Com base na referida tabela, as duas áreas amostrais estudadas, apresentam populações semelhantes em termos de estrutura horizontal. No entanto, é perceptível que a dominância absoluta (DoAi) por m² na população de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* do município de Arara foi maior (1,6026 m²) em comparação com a população de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* da localidade de Bananeiras (0,7381 m²), ou seja, foi duas vezes maior.

Tabela 1. Estrutura horizontal de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi em áreas de caatinga do estado da Paraíba, Brasil.

Populações	S	NP	N	NPE	NPM ²	NMPP	DAi	FAi	DoAi	Pi
Arara, PB	1	25	64	14	0,0064	2,56	64	56	1,6026	3,47
Bananeiras, PB	1	25	61	13	0,0061	2,44	61	52	0,7381	3,74

S = área em amostral em ha; NP = número de parcelas; N = número de indivíduos; NPE = número de parcelas de ocorrência da espécie; NMPP = número médio de plantas por parcela; NPM² = número de plantas por m² DAi = densidade absoluta (ind.ha⁻¹); FAi = frequência absoluta (%); DoAi = Dominância absoluta (m²); Pi = índice de Agregação de Payandeh.

De acordo com a classificação do Índice de Agregação de Payandeh, tanto os indivíduos de *P. pachycladus* subsp. *Pernambucoensis* da população de Arara quanto a da população de Bananeiras apresentaram padrão de agrupamento distintos (Pi=3,47 e 3,74 respectivamente) (Tabela 1). Bruno et al. (2016) analisando a estrutura e distribuição espacial de *Pilosocereus pachycladus* em três áreas de caatinga antropizada no Agreste Paraibano, constataram que os espécimes apresentaram tendência ao agrupamento nas áreas estudadas, sob a forma de pequenos núcleos populacionais. Segundo esses autores, as três populações apresentaram similaridade em termos de distribuição espacial, porém,

a antropização das áreas de caatinga afeta estruturalmente as populações de *P. pachycladus*.

Barbosa et al. (2015) ao avaliarem a estrutura e a distribuição espacial de *P. pachycladus* em duas áreas de ocorrência natural da espécie no Semiárido Paraibano, observaram densidade absoluta de 270 ind. ha⁻¹ para a população da caatinga de Areial – PB e 172 ind. ha⁻¹ para a população de Boa Vista – PB, ou seja, valores superiores aos encontrados no presente trabalho nas áreas de Arara – PB e Bananeiras – PB. Ainda de acordo com Barbosa et al. (2015), provavelmente as características físico químicas do solo podem estar favorecendo o desenvolvimento dessas cactáceas em suas populações naturais, sobretudo em Areial, onde foi observada a maior ocorrência desses indivíduos. Diversos outros fatores além das características físico químicas do solo, podem estar favorecendo a propagação da espécie e o desenvolvimento da população de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* Arara, como a preservação do habitat, polinização, meios de dispersão, presença de plantas berçário como *mimosa spp.* e os fatores edafoclimáticos. A associação de berçários na formação e distribuição espacial populacional de cactáceas podem ser de ordem biótica, como nas plantas berçário, ou de fundo abiótica, a exemplo das rochas, tem sido estudada em cactos globosos (DEZNER, 2006; PETERS et al., 2008). Estes estudos têm sido fundamentais para compreender o padrão de distribuição de cactáceas em seu habitat natural e estabelecer medidas de preservação da espécie se for necessário. O principal benefício está na criação de microclimas favoráveis ao desenvolvimento das espécies (DEZNER, 2006).

3. 2. Estrutura hipsométrica

A Estrutura hipsométrica da população de *Pilosocereus pachycladus* subsp. *pernambucoensis* na caatinga dos municípios de Arara e Bananeiras mostraram-se heterogêneas, com uma concentração majoritária de indivíduos na quinta classe com 24 (37,5%) e 19 (31,1%) espécimes respectivamente, e altura variando entre 4,6 e 5,7 m como mostra a Figura 6 (A e B). Nota-se também que, a população de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* da área de Caatinga de Bananeiras apresentaram indivíduos menos desenvolvidos, pois observa-se uma concentração de indivíduos mais jovens (Figura 6B), em comparação com os indivíduos da população de Arara, que conta com aporte de indivíduos jovens, adultos e velhos, e pouco indivíduos regenerante,

apresentando dessa forma uma população mais equilibrada ou já estabelecida (Figura 6A).

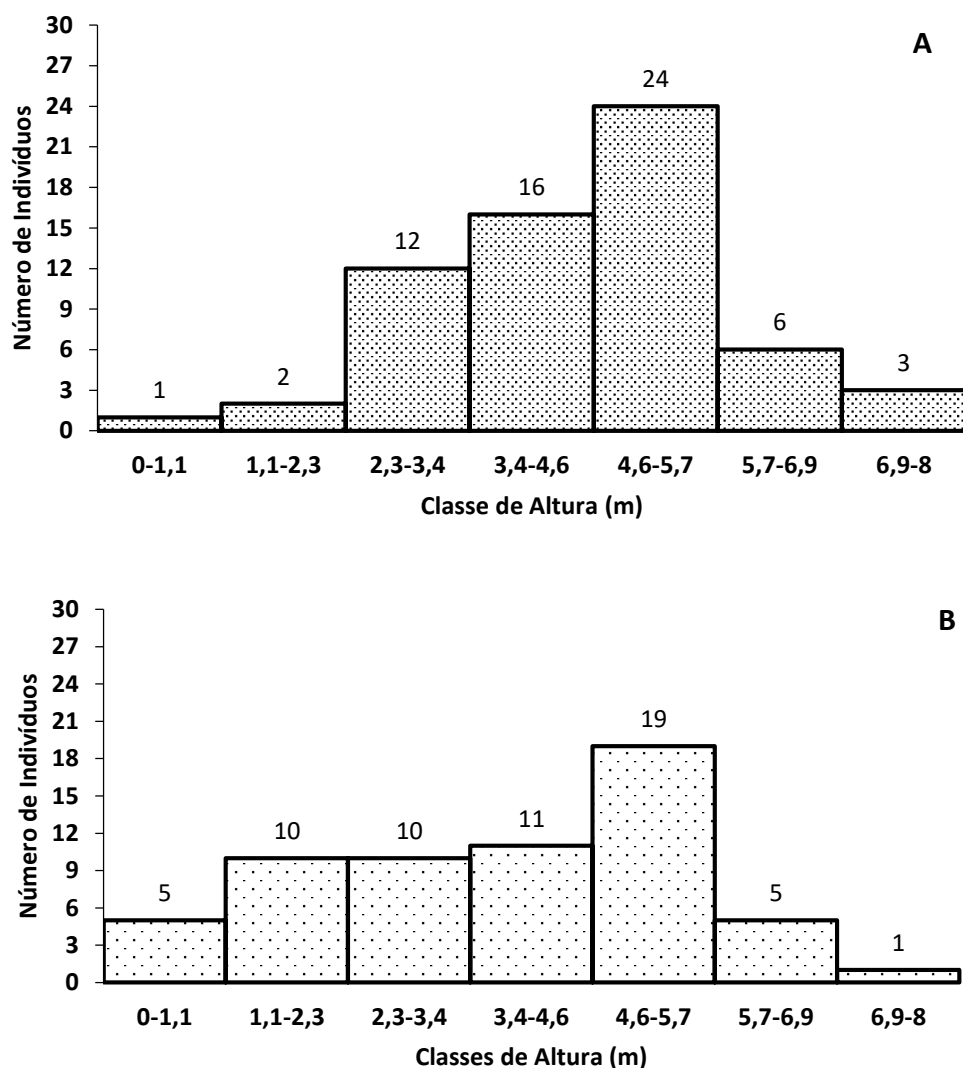


Figura 6. Estrutura hipsométrica da população de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi, A = Arara e B = Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil.

3. 3. Estrutura diamétrica

Na área de Caatinga de Arara, os espécimes estudados apresentaram-se diametricamente concentrados na terceira classe (28,1 %) com 9,4 e 14,1 cm, seguidos da quarta (20,3 %) e segunda classe (18,7 %). Os indivíduos com diâmetro superior entre 28,3 e 33 cm somaram 4,68 % da população e 1,5 % foram indivíduos com diâmetro pequeno medindo diametricamente entre 0 e 4,7 cm (Figura 7A). Para a área de caatinga de Bananeiras, a espécie estudada apresentou espécimes concentrados na terceira classe

(37,7 %) com diâmetro variando entre 8,9 e 13,3 cm, seguidos da segunda classe (34,4 %) e quarta classe (19,6 %). Os espécimes pertencentes à primeira, quinta e sétima classes somam 8,2% da população. Deve-se destacar que nesta população não foi constatada a ocorrência de indivíduos na sexta classe (Figura 7B). Nota-se que, a população de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* da Caatinga de Arara apresentou indivíduos com diâmetro caulinares mais desenvolvidos em relação a população de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* de Bananeiras, portanto a população desta espécie na área de Caatinga localizada em Arara foi constatado indivíduos mais vigorosos quanto a altura e diâmetro com tendência a normalidade, ou seja, mais equilíbrio e mais estabelecida.

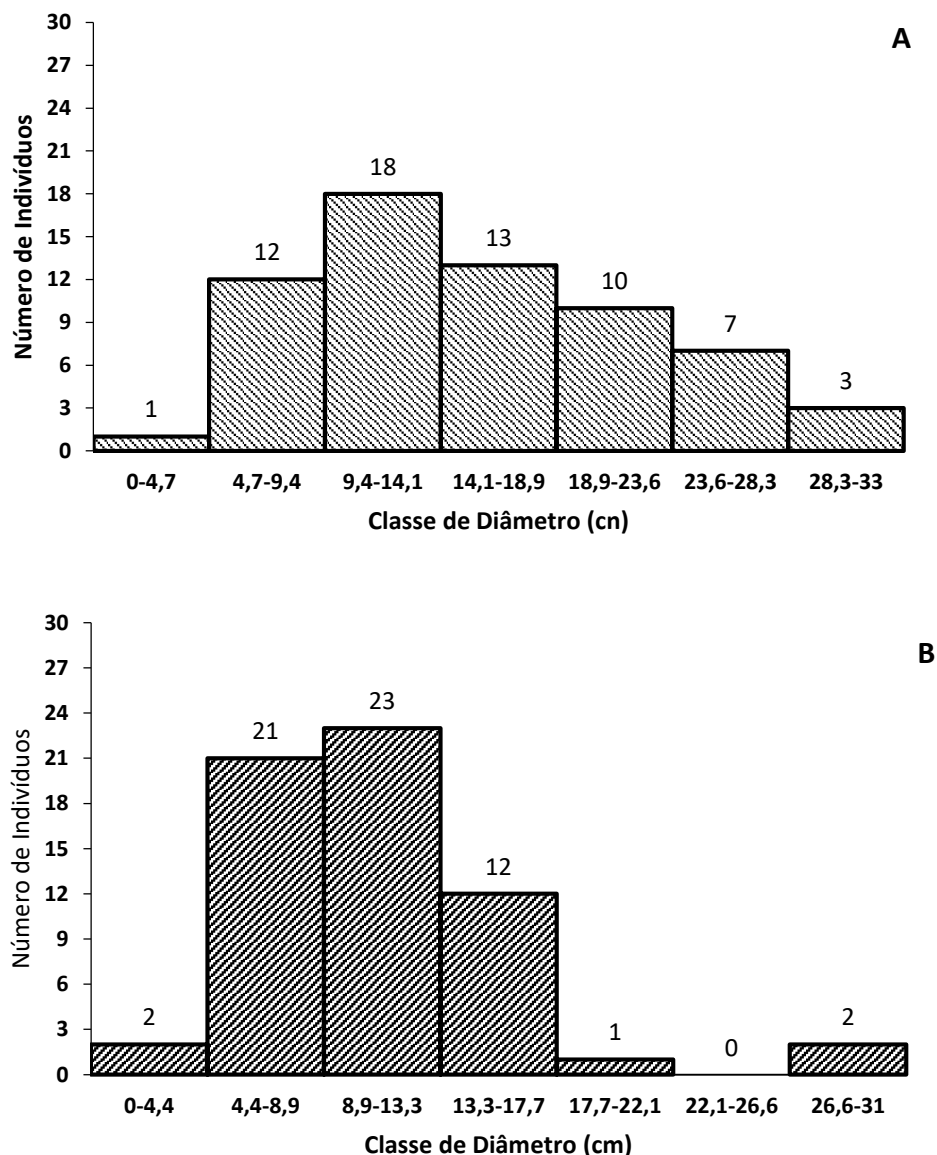


Figura 7. Estrutura diamétrica da população de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi, A = Arara e B = Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil.

3. 4. Distribuição de frequência da altura e diâmetro

As distribuições de frequência da altura dos espécimes de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* foram significativamente diferentes entre as duas áreas de Caatinga estudadas (Arara e Bananeiras). Na distribuição de frequência de altura de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* na vegetação de Arara ocorreu uma concentração de indivíduos com altura menor ou igual a 4 (quatro) m abaixo da mediana (quartil 25), e a mediana com 5 (cinco) m de alturas, caracterizando-se assim uma distribuição assimétrica e sem dados discrepantes (Figura 8A). Observa-se ainda que nesta população foram encontrados indivíduos com no máximo 7,5 (sete e meio) m e no mínimo 2 (dois) m de alturas. Na distribuição de frequência de altura de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* na área de caatinga de Bananeiras ocorreu uma concentração de indivíduos com altura menor ou igual a 3,5 (três e meio) m abaixo da mediana (quartil 25), e a mediana com 4,5 (quatro e meio) m de alturas, caracterizando-se uma distribuição assimétrica e sem dados discrepantes (Figura 8B). Nesta população foram encontrados indivíduos com no máximo 7,4 (sete, quatro) m e no mínimo meio metro de altura.

Quando comparadas as duas populações, observa-se que a população de facheiro da área de caatinga do município de Bananeiras indica ser uma população juvenil e menos vigorosa e presença de maior número de regenerantes, apresentam uma maior concentração de indivíduos pequenos em relação a população de Arara que indica ser mais adulta. Uma concentração maior de indivíduos regenerantes na população de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* da área de Bananeiras, pode indicar que esta área já sofreu perturbações, por exemplo atividade agropecuária ou perturbações de fundo biótico. Entretanto, segundo Andrade et al. (2007) mesmo que a presença de regenerantes em uma área indique ambiente perturbado, nem sempre a presença de indivíduos adultos é sinal de ambientes conservados, isso porque as alterações antrópicas ou bióticas no ambiente, impossibilita o estabelecimento de regenerantes.

As distribuições de frequência de diâmetro dos espécimes de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* ou vulgarmente conhecido como facheiro, foram também significativamente diferentes entre as duas áreas de caatinga estudadas (Arara e Bananeiras) o que já era esperado tendo em vista os dados hipsométricos. Na distribuição de frequência de diâmetro na caatinga de Arara ocorreu uma concentração de indivíduos com diâmetro menor ou igual a 21 (vinte um) cm acima da mediana (quartil 75), e a

mediana com 16 (dezesseis) m representando uma distribuição assimétrica e sem dados discrepantes (Figura 8B).

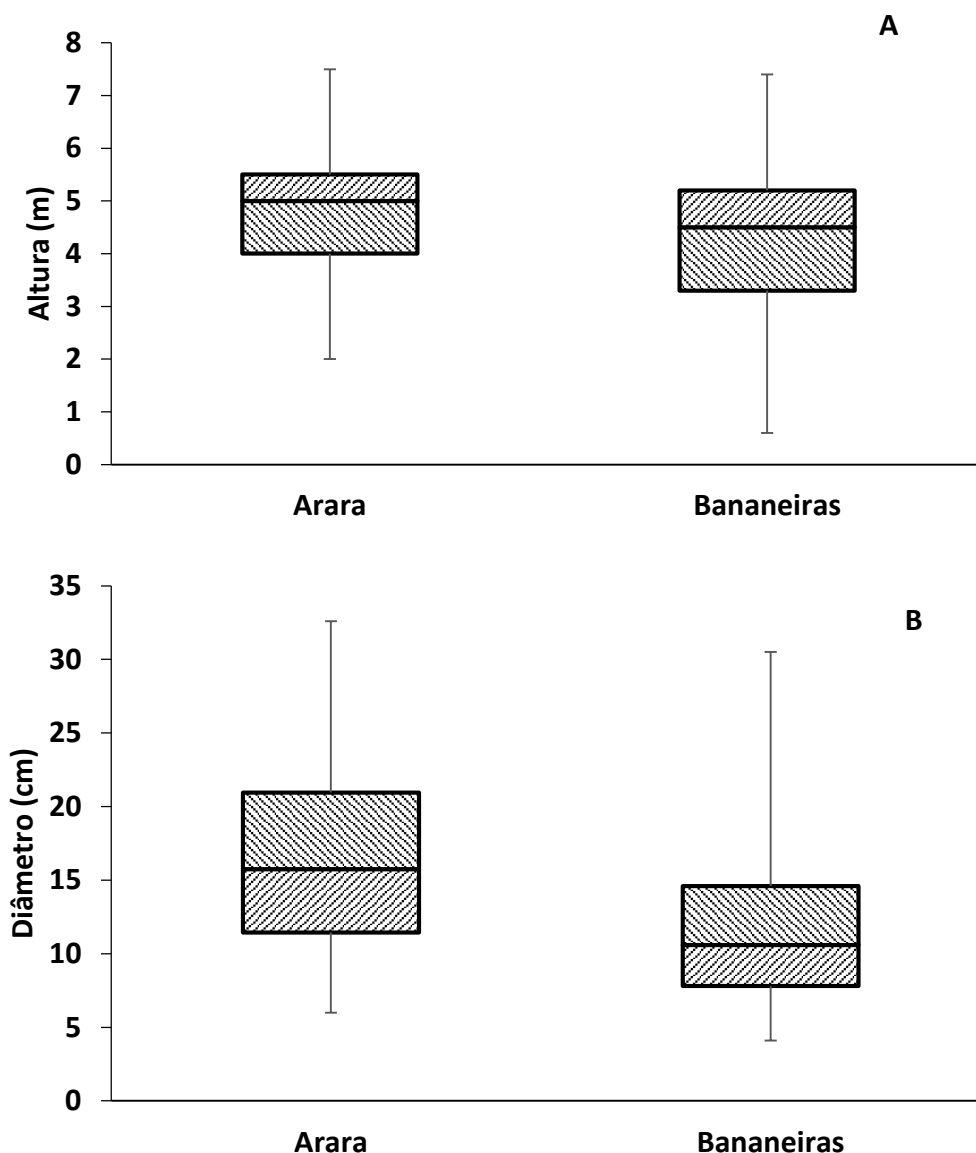


Figura 8. Distribuição de frequência da altura (A), do diâmetro (B) dos espécimes de populações de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi em Arara e Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil (Porção mais estreita dentro de cada caixa representa a mediana; limites do entalhe da caixa indicam o intervalo de confiança da mediana; limites inferior e superior da caixa mostram os quartis inferior e superior (25 % e 75 %, respectivamente); barras verticais apontam os valores de máximo e mínimo).

Observa-se ainda que nesta população foram encontrados indivíduos com diâmetro máximo de 33 (trinta e três) cm e mínimo de 6 (seis) cm. Na distribuição de frequência de diâmetro dos espécimes da caatinga de Bananeiras ocorreu uma concentração de indivíduos com diâmetro menor ou igual a 15 (quinze) cm acima da

mediana (quartil 75) e mediana com 10 (dez) cm, ou seja, valor abaixo do quartil (25) da população de Arara (Figura 8B). Nesta população foram encontrados indivíduos com diâmetro máximo de 31 (trinta e um) cm e mínimo de 4 (quatro) cm. Esses dados corroboram com os reportados por Lucena et al. (2015) que encontraram indivíduos de *P. pachycladus* com altura variando entre 0,95 m e 9,0 m e diâmetro médio na altura do solo (DNS) de 7,28 ($\pm$ 27,65) cm.

A população de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* da vegetação do município de Arara representa uma população de plantas em estágio ontogenético mais desenvolvido, do que a população de plantas de Bananeiras. Isso se justifica pelo fato dessa vegetação apresentar indivíduos maiores, ou seja, quanto maior a altura maior será o diâmetro dessas espécimes.

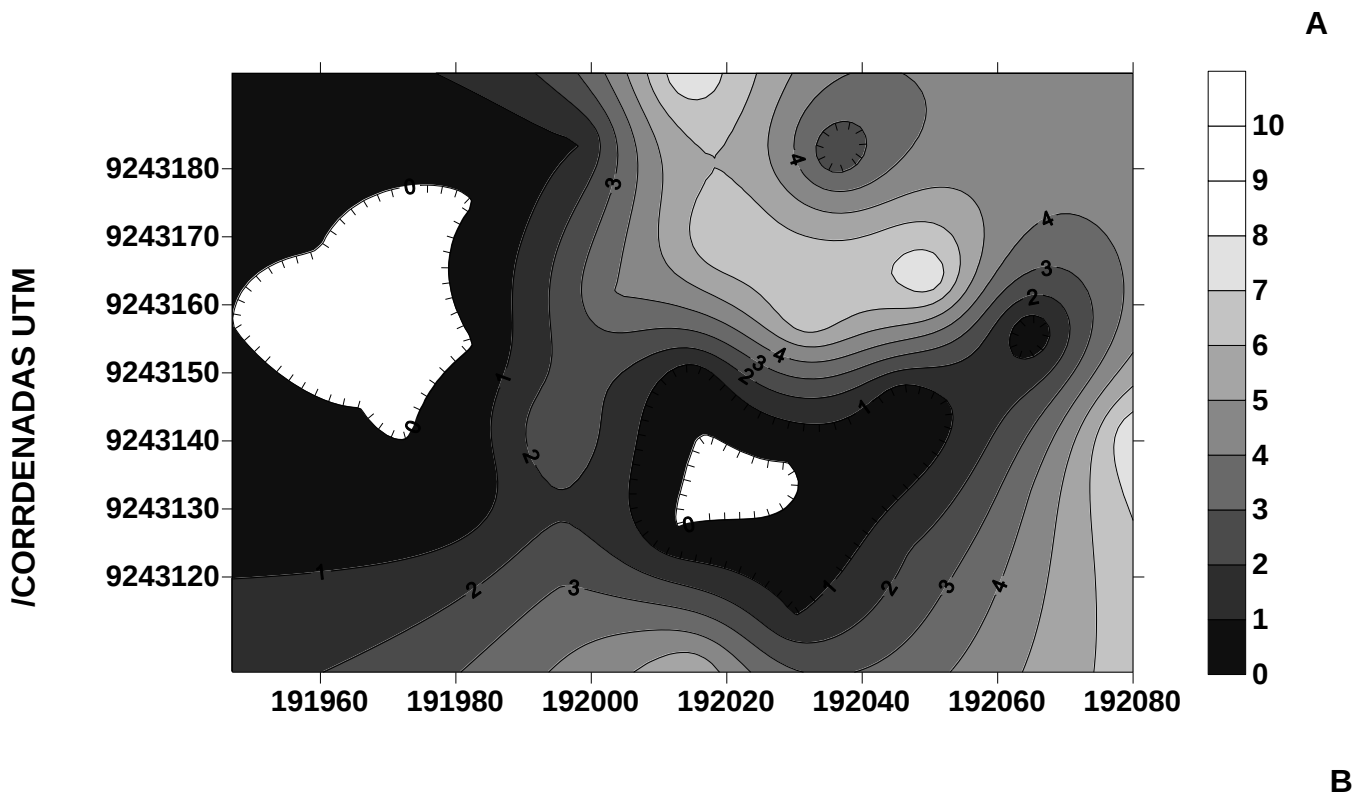
Ao estudar a estrutura demográfica de *Cereus hildmannianus* numa área de restinga, Pereira (2009), observou densidade populacional de 205 ind.ha⁻¹ na área estudada e que a população é composta principalmente por indivíduos adultos, sendo observadas poucas plântulas e poucos indivíduos juvenis, ou seja, há um desequilíbrio etário na população. Além disso, essa cactácea colunar apresentou distribuição associada ao arbusto *Sebastiania serrata*, sugerindo a possibilidade de existência de facilitação através de planta-berçário.

Em caatingas antropizadas, Barbosa et al. (2015) encontraram maior número de *P. pachycladus* jovens em comparação à áreas mais preservadas, evidenciando a resiliência das espécies em restaurar o ecossistema, uma situação desequilíbrio etário da população ou uma característica oportunista da espécie. Segundo esses autores, nas áreas mais conservadas e de difícil acesso, a estrutura de *P. pachycladus* apresentou natureza mais lenhosa, com melhor equilíbrio na abundância de plantas em idade reprodutiva. Deve-se destacar que as cactáceas representam algumas das únicas espécies remanescentes após ações antrópicas que causem transformações na vegetação original, sendo estas referidas como bioindicadoras do status da vegetação da Caatinga (ZAPPI; TAYLOR, 2008). Das duas áreas amostrais estudadas, a área de Bananeiras é a mais antropizada.

3. 5. Estrutura Espacial

Nas duas áreas de caatinga, foi observada a ocorrência de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* em 56 % (Arara) e 52 % (Bananeiras) das parcelas amostrais, no

entanto, essa distribuição ocorreu de maneira uniforme, mas em pontos específicos, para ambas as áreas (Figura 9A; Figura 9B). De acordo com a Figura 9 (A e B), pode-se observar o padrão de tendência ao agrupamento dos indivíduos de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* tanto na população de plantas de caatinga do município de Arara quanto na área de catinga, na cidade de Bananeiras. Na Caatinga de Arara, apresentam-se alguns aglomerados com a presença de 1 (um), 2 (dois), 3 (três) ou (4) quatro indivíduos da espécie e a presença de bolsões vazios nas demais áreas (Figura 9A). Na população de Arara, é possível observar a presença de bolsões vazios, essa população apresentou uma estrutura vertical com presença de indivíduos mais adultos. Em Bananeiras, também ocorrem bolsões vazios, mas com a presença de formações mais adensadas e com a maior presença de indivíduos nessas formações, essa característica ocorreu, provavelmente, pela presença de indivíduos de classes de tamanho e idade diferentes, além da presença de indivíduos regenerantes (Figura 9B). Nesta população foram encontrados até 8 (oito) espécimes por parcela.



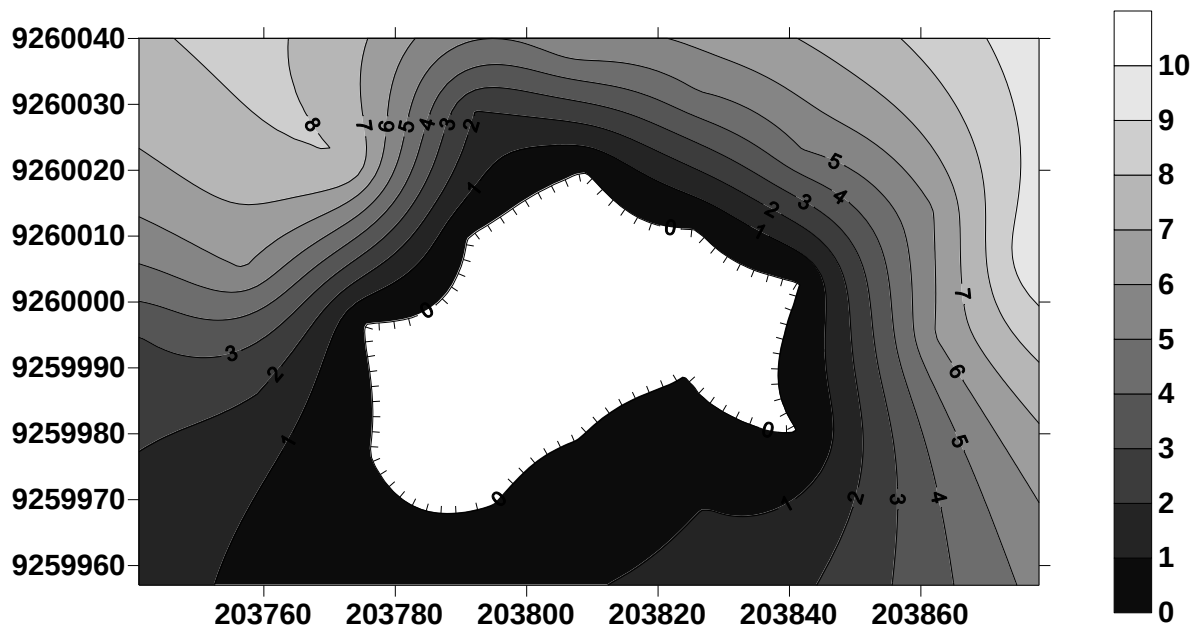


Figura 9. Predição do padrão da distribuição espacial em relação a abundância absoluta de populações de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi em Arara (A) e Bananeiras (B) no estado da Paraíba, Brasil.

O teste H demonstrou que a densidade populacional é estatisticamente igual entre as áreas estudadas, tanto para o total de indivíduos ($H = 0,0740$ e $p = 0,7856$). A estrutura diamétrica e hipsométrica das populações de plantas de Bananeiras e Arara não apresentam distribuição normal ($p\text{-valor} < 0.01$).

Ferreira et al. (2016) ao estudarem padrões de riqueza e abundância de espécies de cactos entre comunidades com diferentes regimes de chuva e tipos de solo observaram que a maior riqueza de espécies e abundância de cactos ocorreu em locais com baixa pluviosidade e solos com elevada porcentagem de partículas finas (argila e silte), o que permite uma maior capacidade de retenção de água. Tais características são importantes para a compreensão da formação de padrões de distribuição e diversidade entre as comunidades de cactos, uma vez que as cactáceas apresentam, em sua maioria, sistema radicular raso que se distribuem nas primeiras camadas do solo, tendo em vista a necessidade de captação e armazenamento de água ao cair das primeiras chuvas (BRUNO et al., 2016; FERREIRA et al. 2016).

Ferreira et al. (2016) também observaram a ocorrência de *P. pachycladus* em quatro áreas no Semiárido Paraibano cuja precipitação média anual é de 650, 550, 450 e 350 mm e verificaram que a abundância dessa espécie em cada área foi de aproximadamente 37, 32, 29 e 6 %, respectivamente. Esses autores ainda observaram a ocorrência de *P. gounellei* e que enquanto a sua abundância foi de 0 % na área com maior

precipitação, esta espécie apresentou abundância média de 225% na área com menor índice pluviométrico. Ou seja, a ocorrência de *P. pachycladus* reduz à medida que precipitação média anual diminui, enquanto que com o *P. gounellei*, ocorre o oposto. Além disso, segundo os autores, o *P. pachycladus* geralmente ocorre em ambientes com solos arenosos, comuns as características da Caatinga. Enquanto que o *P. gounellei* tem preferência por solos com partículas mais finas. Apesar de não ter sido avaliado a granulometria dos solos onde ocorrem as populações do presente trabalho nas áreas de Arara – PB e Bananeiras – PB, é interessante evidenciar o quanto essa característica pode influenciar na distribuição espacial de *P. pachycladus*. Outra característica quanto à distribuição dessa espécie é a tendência a ocorrer em lugares mais altos e de difícil acesso (LUCENA et al., 2015).

Simões et al. (2019) avaliando o impacto das mudanças climáticas na distribuição geográfica de cinco espécies de Cactaceae endêmicas da Caatinga, observaram através de um modelo espacial de nicho ecológico que futuramente as espécies *P. aureiflora* e *B. phaeacanthus*, devido ao seu habitat mais restrito, marginal e lenhoso, apresentarão um grande risco de extinção, enquanto *S. leucostele*, *A. penicillata* e *T. inamoena* apresentarão uma menor redução na área de ocorrência. Nessa mesma perspectiva, Carvalho (2016) ao realizar projeções futuras acerca da distribuição do *P. pachycladus* aponta uma pequena queda desta distribuição no estado da Paraíba, usando dados climáticos e a dinâmica do uso forrageiro durante o regime de secas na Caatinga como subsídio para esta projeção. As populações de *P. pachycladus* podem, a médio e longo prazo, sofrer redução de espécimes devido à existência de fatores endógenos ou exógenos que podem impedir o recrutamento de novos indivíduos, a exemplo do vigor das plantas matrizes, herbivoria e corte para o rebanho são alguns motivos que justificam uma formação estrutural desequilibrada (BARBOSA et al., 2015; BRUNO et al., 2016). Logo, programas de conservação devem levar em conta essas descobertas para garantir a sobrevivência dessas espécies.

4. CONCLUSÕES

- Os indivíduos de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* das duas áreas de caatinga possuem hábito de crescimento agregado e estrutura populacional com poucos indivíduos regenerantes.
- A população de espécimes de facheiro da caatinga de Arara apresenta indivíduos em estágio ontogenético mais desenvolvido e maior domínio da área.
- Os indivíduos da Caatinga de Arara apresentam-se mais vigorosos quanto a altura e diâmetro.
- Ambas as áreas estudadas apresentam características de antropização.
- A população de Arara apresenta características de estabelecimento e em Bananeiras em fase de estabelecimento populacional.

5. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F.; BENITO, B.; RODRIGUEZ, M. Á. M.; GRAY, C. Potenciais mudanças na distribuição da *Carnegiea gigantea* em cenários futuros. **PeerJ**, Corte Madeira - Califórnia, v. 6, n. 5623, p: 1-17, 2018.
- AYRES, M.; AYRES, M. J.; AYRES, D. L.; SANTOS, S. A. **Bioestat 5.0**: aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Bio-Médicas. Belém: Mamirauá/CNPq. 2007. 364p.
- AYYAD, M. A. Case studies in the conservation of biodiversity: degradation and threats. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam – Holanda, v.54, n.1, p. 165-182, 2003.
- ANDRADE, L. A. (org.). **Ecologia da faveleira na caatinga: bases para a exploração como lavoura xerófila**. Capina Grande: Editora Impressos Adilsonn, 2007. 168p
- BARBOSA A. S.; MEDEIROS R. L. S.; SANTOS J. N. B.; ANDRADE, A. P.; BARBOSA NETO, M. A. Estrutura e padrão espacial de *Tacinga palmadora* (Britton & Rose) NP Taylor & Stuppy (Cactaceae) em vegetação de caatinga conservada. **Caderno de Pesquisa**, Santa Cruz do Sul-RS, v. 29, n. 2, p: 36-44, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17058/cp.v29i2.9404>.
- BARBOSA A. S.; ANDRADE, A.P.; PEREIRA JÚNIOR, L. R.; BRUNO, R. L. A.; MEDEIROS, R. L. S.; BARBOSA NETO, M. A. Estrutura populacional e espacial de *Cereus jamacaru* DC. Em duas áreas de caatinga do agreste da Paraíba, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 27, n.1, p: 315-324, 2017.
- BARBOSA, A. S. **Estrutura da vegetação e distribuição espacial de Cactaceae em áreas de caatinga do semiárido paraibano**. 2011. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Centro de Ciências Agrárias, Areia - PB, 166p.
- BARBOSA, A. S.; BARBOSA NETO, M. A.; ANDRADE, A. P.; BARBOSA, A. J. S.; SOUZA, V. C.; ANJOS, F. Population structure of *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter in the anthropized Caatingas areas from Westland of Paraíba, Brazil. **Acta Horticulturae**, ISHS, Bélgica, v. 1087, p: 234-248. 2015. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1087.30>.
- BRUNO, R. L. A.; BARBOSA, A. S.; ANDRADE, A. P.; ALVES, F. A. L.; SOUZA, M. A.; BEZERRA, J. D. C. Espacialização e estrutura de *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter (Cactaceae) no Agreste da Paraíba, Brasil. In: SANCHEZ, R. A.; OSORIO, C. R.; MOLINA, H. P. (Org.). **Libro de Actas - VIII Congreso Ibérico de Agroingeniería: Retos de la Nueva Agricultura Mediterránea**. 1ed. Orihuela-Algorfa/ES: Universitat Miguel Hernández, v.1, p.650-659, 2016.
- CARVALHO, T. K. N. **Conhecimento botânico local e distribuição de cactaceae no Semiárido da Paraíba (Nordeste do Brasil)**. 2016. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa - PB, 89p.

DREZNER, T. D. Plant facilitation in extreme environments: the non-random distribution of saguaro cacti (*Carnegiea gigantea*) under their nurse associates and the relationship to nurse architecture. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam - Holanda, v. 65, n. 1, p: 46-61, 2006.

FABRICANTE, J. R.; OLIVEIRA, C. R. S. Estrutura populacional de *Melocactus ernestii* Vaupel subsp. *ernestii* (Cactaceae). **Scientia Plena**, São Cristóvão - SE, v. 9, n. 6, p:1-8, 2013.

FABRICANTE, J. R.; ANDRADE, L. A.; MARQUES, F. J. 2010. Caracterização populacional de *Melocactus zehntneri* (Britton & Rose) Luetzelburg (Cactaceae) ocorrente em um inselbergue da Caatinga paraibana. **Biotemas**, Florianópolis - SC, v. 23, n. 1, p: 61-67, 2010.

FERREIRA, P. S. M.; LOPES, S. F.; TROVÃO, D. M. B. M. Patterns of species richness and abundance among cactus communities receiving different rainfall levels in the semiarid region of Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, Rio de Janeiro - RJ, v. 30, n. 4, p: 569-576, 2016.

FREIRE, H. P. L. **Efeito do agrupamento espacial na taxa de crescimento e sobrevivência de *Melocactus conoideus* Buining & Brederoo (Cactaceae): uma espécie endêmica e ameaçada de extinção do Nordeste do Brasil.** 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Itapetinga, BA, 83p.

GODÍNEZ-ALVAREZ, H.; VALVERDE, T.; ORTEGA-BAES, P. Demographic trends in the Cactaceae. **Botanical Review**, New York, v. 69, n. 2, p: 173-203, 2006.

HUGHES, F.M.; DE LA CRUZ ROT, M.; ROMÃO, R.L.; CASTRO, M.S. Dinâmica espaço-temporal de *Melocactus ernestii* subsp. *ernestii* (Cactaceae) no Nordeste do Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo - SP, v. 34, n. 3, p: 389-402, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042011000300012>.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em:< <http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acessado em: 22 de abril de 2020.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. 2. ed. Revista e Ampliada. São Paulo: Editora Unesp, 2003. 264p

LIMA, J. L. S. **Plantas forrageiras das caatingas: uso e potencialidades**. EMBRAPA-CPATSA/PNE/RB-KEM. Petrolina. 1996. 43 p.

LUCENA, C. M.; RIBEIRO, J. E. S.; NUNES, E. N.; MEIADO, M. V.; QUIRINO, Z. G. M.; CASAS, A.; LUCENA, R. F. P. Distribuição local de *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru* e *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi (Cactaceae) e sua relação com uma comunidade rural no município do Congo, Paraíba. **Gaia Scientia**, João Pessoa-PB, v. 9, n. 2, p: 97-103, 2015.

MCNEELY, J. A., Biodiversity in arid regions: values and perceptions. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam - Holanda, v. 54, n. 1, p: 61-70, 2003.

MULLER-DOMBOIS D.; ELLENBERG H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Wiley, 1974. 574p.

PAYANDEH, B. Comparison of method for assessing spatial distribution of trees. **Forest Science**, Washington, DC, v. 16, n. 3, 312-317, 1970.

PEREIRA, J. L. **Estrutura demográfica e fenologia reprodutiva de *Cereus Hildmannianus* K. Schum. (Cactaceae), em uma restinga arbustiva do município de Jaguaruna, Santa Catarina**. 2009. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis – SC, 61p.

PETERS, E. M.; MARTORELL, C.; EZCURRA, E. Nurse rocks are more important than nurse plants in determining the distribution and establishment of globose cacti (*Mammillaria*) in the Tehuacán Valley, Mexico. **Journal of arid environments**, Amsterdam - Holanda, v. 72, n. 5, p: 593-601, 2008.

RAZALI, N.M, WAH, Y.B. Power comparisons of Shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. **Journal of statistical modeling and analytics**, Kelantan - Malaysia, v. 2, n.1, p: 21-33, 2011.

RIBEIRO, E. M. S. **Influência de perturbações antrópicas sobre populações de cactáceas em áreas de caatinga**. 2011. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife - PE, 55p.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S.; FIGUEIREDO, M. A. Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico: ecossistema caatinga. Brasília: **Sociedade Botânica do Brasil**, Feira de Santana - BA, p: 24, 1992.

SANTOS, M. R. **Influência de variáveis ambientais e espaciais na distribuição geográfica da família cactaceae no leste do Brasil**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada). Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras - MG, 76p.

SARAIVA, D. D. **Estrutura de comunidades de cactos (Cactaceae) rupestres em campos subtropicais da América do Sul**. 2010. Dissertação (Mestrado em Biologia). Universidade do Vale do Rio dos Sinos - São Leopoldo, RS, 45p.

SIMÕES, S. S.; ZAPPI, D.; COSTA, G. M.; OLIVEIRA, G.; AONA, L. Y. S. Spatial niche modelling of five endemic cacti from the Brazilian Caatinga: Past, present and future. **Austral Ecology**, Hemisfério Sul da Austrália, v. 45, n.1, p: 35-47, 2019.

SOARES, G. S. C. **Distribuição espacial, composição químico-bromatológica e cinética da fermentação ruminal in vitro de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly ex Rowl**. 2017. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Centro de Ciências Agrárias, Areia - PB, 116p.

ZAPPI, D.; TAYLOR, N. Fitofisionomia da Caatinga a Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, Belo Horizonte - MG, v. 4, n. 1-2, p: 34-38, 2008.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, 1999. 663 p.

ZEPEDA, V.; GOLUBOV, J.; MANDUJANO, M. C. Distribución espacial, estructura de tamaños y reproducción de *Astrophytum ornatum* (Cactaceae). **Acta Botanica Mexicana**, Pátzcuaro - Michoacán, n. 119, p: 35-49, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21829/abm.119.2017.1230>.

CAPITULO II

ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE POPULAÇÕES DE *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl NO BREJO E CURIMATAÚ PARAIBANO

CAPÍTULO II

ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE POPULAÇÕES DE *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl NO BREJO E CURIMATAÚ PARAIBANO

Resumo: Conhecer a distribuição e o padrão espacial de espécies dentro de uma comunidade vegetal é imprescindível para o planejamento de estratégias de conservação e estabelecer medidas de manejo sustentável em formações florestais, sobretudo em áreas de Caatinga. Nesse sentido, o objetivo do estudo foi analisar a estrutura e a distribuição espacial de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl em populações naturais no Brejo e Curimataú Paraibano, nos municípios de Bananeiras e Tacima, respectivamente. Nas áreas de estudo foram demarcadas 25 parcelas de 20 m x 20 m totalizando uma área amostral de 10.000m² (1ha). Dentro das parcelas, todos os indivíduos foram etiquetados e a altura total e a circunferência foram auferidas ao nível da base do caule com auxílio de uma fita métrica. A estrutura espacial das populações foi obtida pela coleta da coordenada geográfica de cada indivíduo em cada área e expressa por meio de mapas de distribuição espacial. Foram amostrados 31 espécimes na Caatinga de Bananeiras, apresentando densidade absoluta de 31 ind. ha⁻¹ e frequência absoluta (FA) de 52%. Foram amostrados 41 espécimes na Caatinga de Tacima, apresentando densidade absoluta de 41 ind. ha⁻¹ e frequência absoluta (FA) de 44%. As duas populações apresentaram padrão de agrupamento ($Pi= 4,97$ e $2,35$, respectivamente). Os indivíduos de *P.gounellei* das duas áreas possuem hábito de crescimento agregado e estrutura populacional com baixo recrutamento de indivíduos.

Palavras-Chave: Cactaceae; Ecologia de Populações; Xique-xique

**STRUCTURE AND SPATIAL DISTRIBUTION OF POPULATIONS OF
Pilosocereus gounellei (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl IN BREJO AND
CURIMATAÚ PARAIBANO**

Abstract: Knowing the distribution and spatial pattern of species within a plant community is essential for planning conservation strategies and sustainable management measures in forest formations, especially in the Caatinga areas. In this sense, the aim of the study was to analyze the structure and spatial distribution of *Pilosocereus gounellei* (A. Weber, ex. Schum.) Bly. ex Rowl in natural species in Brejo and Curimataú Paraibano, in the municipalities of Bananeiras and Tacima, respectively. In the study areas, 25 plots of 20 m x 20 m were demarcated, totaling a sample area of 10,000 m² (1ha). Within the plots, all individuals were labeled and the total height and circumference were measured at the base of the module with the aid of a tape measure. The spatial structure of the statistics was used by collecting the geographical coordinate of each individual in each area and expressed through maps of spatial distribution. 31 specimens were sampled in the Caatinga of Bananeiras, with an absolute density of 31 ind. ha⁻¹ and absolute frequency (FA) of 52 %. 41 specimens were sampled in the Caatinga of Tacima, presented with an absolute density of 41 ind. ha⁻¹ and absolute frequency (FA) of 44 %. The two populations were arranged in the cluster pattern ($P_i = 4.97$ and 2.35 , respectively). *P. gounellei* individuals from both areas have a risk of aggregate growth and population structure with low recruitment of individuals.

Key words: Cactaceae; Population Ecology; Xique-xique.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas, juntamente com as atividades humanas, impactam os sistemas naturais em todos os continentes e representam uma grande ameaça à biodiversidade, especialmente em ambientes com alto índice de endemismo e onde as espécies são profundamente adaptadas às condições ambientais específicas, como é o caso das florestas tropicais sazonalmente secas, a exemplo da Caatinga, um bioma exclusivamente brasileiro (SIMÕES et al., 2019). Esses autores alertam para a urgência de ações de conservação das comunidades vegetais do bioma Caatinga, sobretudo, das espécies de Cactaceae, visando a sobrevivência dessas espécies ao longo prazo.

As cactáceas constituem um grupo de plantas que ocupam a segunda ordem em número de espécies nativas do continente Americano e representam importantes componentes da flora das caatingas. Embora Cactaceae seja uma família com elevada riqueza e apresente estruturas para adaptação a ambientes xéricos, muitas espécies encontram-se ameaçadas de extinção devido à exploração predatória de suas populações e a degradação dos seus sítios de ocupação (FABRICANTE e OLIVEIRA, 2013; PINHEIRO e FERREIRA, 2015).

O Brasil é considerado como sendo o terceiro maior centro de diversidade das cactáceas, logo após o México e sul dos Estados Unidos e a região dos Andes (Bolívia, Argentina e o Peru) (ZAPPI, 2015). No Brasil há cerca de 330 espécies de cactos, distribuídas pelas regiões Sudeste (120 espécies), Nordeste (90 espécies), Centro-Oeste (33 espécies), Sul (70 espécies) e Norte (17 espécies). Deste total, 182 são endêmicas do país, concentrando o maior número de endemismo na região Sudeste, com cerca de 100 espécies (SILVA et al., 2011).

Algumas das características ecológicas das cactáceas são os longos ciclos de vida, a baixa taxa de crescimento individual, distribuição geográfica restrita e também a dependência de outros organismos na sua fase reprodutiva o que as tornam mais vulneráveis as perturbações ambientais (ORTEGA–BAES e GODNEZ–ALVAREZ, 2006). Outros fatores agravam essas perturbações como o antropismo dos ecossistemas, comércio internacional, a coleta indiscriminada e a modificação de seus habitats influenciam negativamente a sobrevivência e resiliência das populações de Cactaceae (OLDFIELD, 1997). Os fatores que influenciam a distribuição espacial das populações vegetais podem ser distúrbios de origem natural ou antrópica, a disponibilidade de recursos e diferentes condições ambientais (LUNDBERG e INGVARSSON, 1998; LEITE, 2001).

O xique-xique é uma Cactaceae pertencente à subfamília Cactoidae, abrigando o gênero *Pilosocereus* Byles & Rowley, o qual compreende 36 espécies neotropicais, sendo a maior ocorrência no Brasil, com aproximadamente 26 espécies, distribuídas na Caatinga em afloramentos rochosos, dunas, nas florestas de espinho, agrestes, nas áreas de savana e nos campos rupestres do Planalto Brasileiro (ZAPPI, 1994).

As cactáceas nativas, sobretudo àquelas pertencentes ao gênero *Pilosocereus* necessitam de estudos que possam demonstrar a distribuição das populações e suas relações com o ambiente em que vivem, pois, por meio destes conhecimentos pode-se compreender melhor o comportamento dessas populações e estabelecer programas futuros de conservação para a espécie.

O objetivo do estudo foi analisar a estrutura e a distribuição espacial populacional de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl da caatinga no Brejo e Curimataú Paraibano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2. 1. Áreas de estudo

2. 1. 1. Área de Bananeiras-PB

A área de estudo situa-se em um fragmento florestal de Caatinga localizado no município de Bananeiras, Paraíba, com características de fitofisionomias sucessionais localizadas na mesorregião do Agreste e Microrregião do Brejo Paraibano. O município está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema e apresenta altitude aproximada de 526 metros, com as coordenadas de Latitude: 06°45'00"S Longitude: 35°38'00"W (Figura 1). Os recursos vegetais desta área apresentam espécies caducifólica e subcaducifólica. O clima da região é o As' Tropical Chuvoso com verão seco (Classificação de Köppen) e se caracteriza por apresentar temperatura máxima de 28,5 °C e mínima de 15,6 °C (Figura 2), com chuvas de outono a inverno (concentradas nos meses de maio a agosto) (CPRM, 2005). O solo apresenta-se em sua maior parte como um Latossolo vermelho amarelo, textura franco arenosa a franco argilosa. O ambiente de estudo está localizado a aproximadamente 11 km da sede do município de Bananeiras, PB.

2. 1. 2. Área de Tacima-PB

O município de Tacima está localizado na mesorregião do Agreste da Paraíba (Figura 1). Segundo Silva (2010), o relevo é pouco acidentado e possui topo plano com diferentes aprofundamentos. O clima do município é definido como quente e seco (grupo BSh) de Köppen, semiárido atenuado pela ocorrência de chuvas de outono-inverno e um período de estiagem de 5 a 6 meses. Os Planossolos Solódicos constituem o tipo de solo predominante. Ainda para Silva (2010) o período mais chuvoso tem início no mês de fevereiro podendo ser prolongado até julho ou agosto, sendo os meses de abril, maio e junho os mais chuvosos com precipitações de aproximadamente 800 mm anuais e temperaturas variando de 22 a 26°C e umidade relativa do ar com médias de 70% (Figura 2).

2. 1. 3. Coleta dos dados experimentais

A coleta dos dados foi realizada durante o período experimental de quatro meses (janeiro a abril de 2020), em ambas as áreas amostrais.

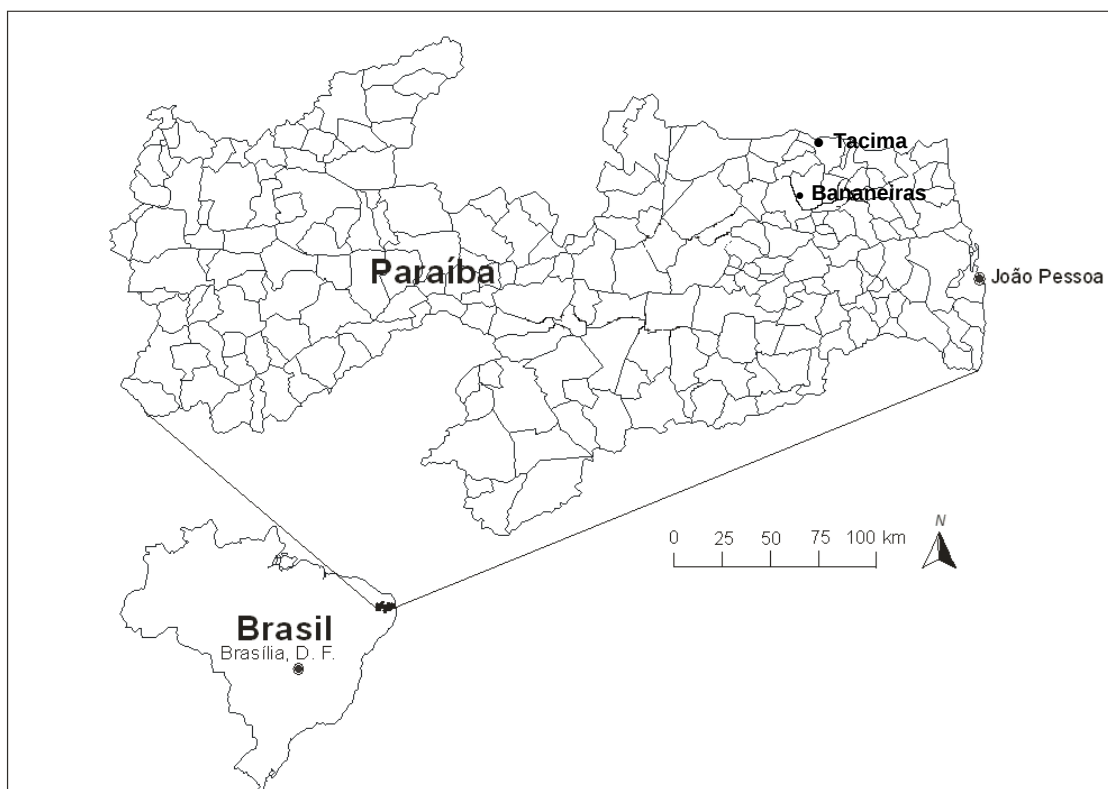


Figura 1. Localização geográfica das áreas de estudo nos municípios Tacima e Bananeiras, microrregiões do Curimataú Oriental e Brejo Paraibano, respectivamente.

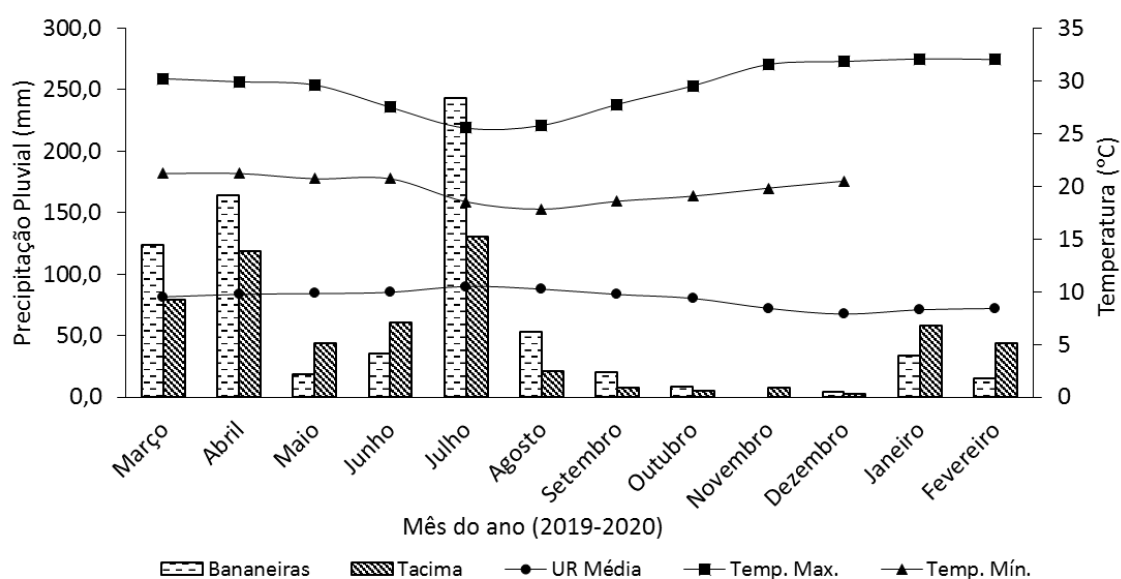


Figura 2. Precipitação pluvial (mm), Umidade Relativa do Ar e temperaturas máxima e mínima (°C) dos municípios de Tacima e Bananeiras (2019-2020), microrregiões do Curimataú Oriental e Brejo Paraibano, respectivamente (INMET, 2020).



Figura 3. População de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl., Zona Rural de Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil.



Figura 4. População de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl., Zona Rural de Tacima no estado da Paraíba, Brasil.

2. 2. Identificação florística da espécie

Para identificação dos espécimes foram coletadas partes botânicas com presença de descritores, as quais foram acondicionadas em estufa por 48 horas e posteriormente

herborizadas. As exsicatas foram identificadas no Centro de Ciências Agrárias (UFPB/CCA) “Herbário Jayme Coelho de Moraes” (EAN). A sinonímia e a grafia do táxon foram atualizadas mediante consulta ao índice de espécies do banco de dados Tropicos® do *Missouri Botanical Garden*, Saint Louis - Missouri, EUA.

2. 3. Determinação da estrutura horizontal e vertical

O método para amostragem dos indivíduos foi o de parcelas contíguas (MULLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974; RODAL et al., 1992) com adaptações (Figura 3). Nas áreas de estudo foram demarcadas 25 parcelas de 20x20m totalizando uma área amostral de 10.000m² (1ha). Esse método vem sendo utilizado para o estudo do componente arbustivo-arbóreo de áreas de caatinga e permite inferências mais apropriadas para determinados aspectos da vegetação em estudo (BARBOSA, 2011).

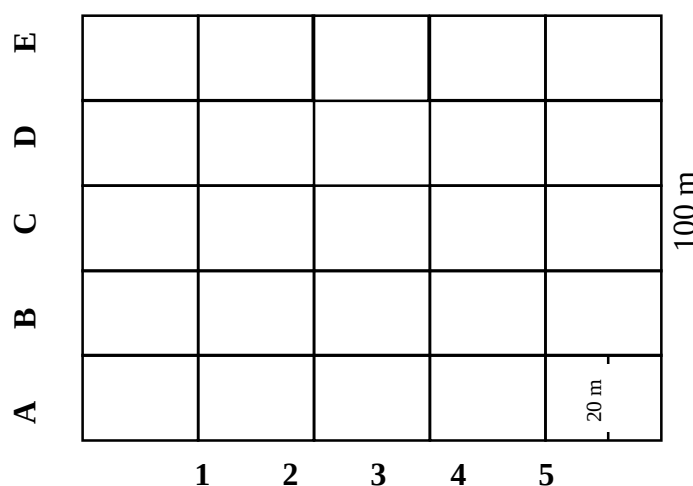


Figura 5. Croqui de distribuição das parcelas nos fragmentos de caatinga estudados para o levantamento estrutural das espécies de Cactaceae.

Em cada parcela foram quantificados a altura e diâmetro de cada espécime ao nível do solo (DNS), com o auxílio de uma vara tubular graduada e uma suta dendrométrica, respectivamente.

Foi aplicado o teste para dados com distribuição não-normal de Kruskal-Wallis (H) ($p \leq 0,05$) com finalidade de analisar as possíveis diferenças estatísticas na densidade das populações entre as áreas estudadas (ZAR, 1999). Para a distribuição de indivíduos nas classes diamétricas e hipsométricas, foi usado o teste de Lilliefors ($p \leq 0,05$) (RAZALI, 2011).

As populações foram descritas pela densidade absoluta (DA_i), frequência absoluta (FA_i), área basal (AB), dominância absoluta (DoA_i) e índice de agregação de Payandeh (P_i) de acordo com os descritores estruturais:

Densidade (D): Medida que expressa o número de indivíduos da espécie dividido pela quantidade de parcelas amostrais.

Densidade Absoluta (DA_i): Medida que expressa o número de indivíduos da espécie por unidade de área.

$$DA_i = \frac{N_i}{A}$$

Onde: DA_i = Densidade Absoluta da espécie i ; N_i = Número de indivíduos da espécie i e; A = Área amostrada em hectare.

Frequência (F): Número de parcelas em que a espécie ocorre.

Frequência Absoluta (FA_i): é expressa em percentagem, a relação entre o número de parcelas ou pontos que ocorre a espécie e o número total de amostras.

$$FA_i = \left(\frac{P_i}{P_t} \right) \cdot 100$$

Onde: FA_i = Frequência Absoluta da espécie i ; P_i = Número de parcelas com ocorrência da espécie i e; P_t = Número total de parcelas.

Dominância (Do): É definida como a taxa de ocupação do ambiente pelos indivíduos da espécie, representada pela área basal, estimada com base no diâmetro ao nível do peito (DAP) ou ao nível do solo (DNS).

Dominância Absoluta (DoA_i): é dada a partir do somatório da área basal dos indivíduos de cada espécie, dividido pela área total amostrada.

$$DoA_i = \frac{\sum_{i=1}^n AB_i}{A}$$

Onde:

$$AB_i = \sum_{n=1}^n \frac{\pi \cdot DNS_i^2}{40.000}$$

Onde: DoA_i = Dominância Absoluta da espécie i ($m^2 \text{ hectare}^{-1}$); $\sum AB_i$ = Área Basal da espécie i (m^2); A = Área total amostrada (hectare).

Índice de Payandeh (P_i): Estimando-se este índice, obtém-se o grau de agregação da espécie por meio da relação entre a variância do número de árvores por parcela, e a média do número de árvores (PAYANDEH, 1970):

$$P_i = \frac{S_i^2}{M_i}$$

Onde: P_i = "Índice de Payandeh" para i -ésima espécie; S_i^2 = variância do número de árvores da i -ésima espécie; M_i = média do número de árvores da i -ésima espécie.

A classificação do índice de Payandeh (P_i) sobre o padrão de distribuição espacial dos indivíduos das espécies, obedece os seguintes intervalos da equação: $P_i < 1$: distribuição aleatória ou não-agrupamento; $1 \leq P_i \leq 1,5$: tendência ao agrupamento; $P_i > 1,5$: distribuição agregada ou agrupada.

O processamento dos dados quantitativos da população para obtenção dos valores de estrutura horizontal e vertical foi realizado por meio do programa *Microsoft Office*® – *Excel* 2010, para os testes estatísticos o BioEstat 5.0® (AYRES et al., 2007).

2. 4. Determinação da distribuição espacial

Com auxílio de um GPS modelo *Garmin*® *eTrex Venture*® *HC*, onde foram coletadas as coordenadas geográficas de cada espécime em cada área de caatinga. O equipamento foi configurado para SAD-69 (Datum Sul Americano) e o tipo de coordenadas adotado foi o UTM (*Universal Transverse Mercator*). As coordenadas foram importadas para o computador com auxílio do aplicativo *MapSource Garmin*®, em seguida os bancos de dados foram compilados no *Microsoft Office*® – *Excel* 2010.

Os mapas de isolinhas de distribuição espacial em relação ao número de indivíduos por área de estudo, foram produzidos com auxílio do aplicativo *SURFER*® v. 8 (Golden software, Colorado, EUA). No *SURFER*® a conversão dos dados numéricos para a malha base e plotagem dos mapas foi realizado por meio do algoritmo de Krigagem, onde segundo Landim (2003) constitui em um processo de estimação por médias móveis, de valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de valores adjacentes, enquanto considerados como interdependentes por uma função matemática, o variograma.

Os mapas de distribuição especial das Cactaceae foram elaborados na perspectiva de comparar a distribuição dos espécimes em cada uma das tipologias vegetacionais, das condições do meio, da presença antrópica e em diferentes níveis de altitude onde as populações estão inseridas. Neste sentido procurou-se observar as possíveis variações do comportamento destes e produzir informações sobre a ecologia e a conservação de *P. gounellei* para a mesorregião do Agreste da Paraíba.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3. 1. Estrutura horizontal

Foram amostrados 41 (quarenta e um) indivíduos de *Pilosocereus gounellei* na Caatinga da área experimental do município de Tacima, na qual a espécie apresentou densidade absoluta de 41 ind. ha⁻¹, dominância absoluta de 0,2225 m², número médio de plantas por parcela de 1,64, e frequência absoluta de 44% nas 25 parcelas amostrais (Tabela 1). Com base na referida tabela, para a população de facheiro localizada na caatinga do município de Bananeiras foram amostrados 31 (trinta e um) espécimes. Apresentando densidade absoluta de 31 ind. ha⁻¹, dominância absoluta de 0,2678 m², número médio de plantas por parcela de 1,24 e frequência absoluta de 52 % das 25 parcelas amostrais (Tabela 1).

Tabela 1. Estrutura horizontal de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl. em áreas de caatinga do estado da Paraíba, Brasil.

Populações	S	NP	N	NPE	NPM ²	NMPP	DAi	FAi	DoAi	Pi
Tacima, PB	1	25	41	11	0,0041	1,64	41	44	0,2225	4,97
Bananeiras, PB	1	25	31	13	0,0031	1,24	31	52	0,2678	2,35

S = área em amostral em ha; NP = número de parcelas; N = número de indivíduos; NPE = número de parcelas de ocorrência da espécie; NMPP = número médio de plantas por parcela; NPM² = número de plantas por m² DAi = densidade absoluta (ind.ha⁻¹); FAi = frequência absoluta (%); DoAi = Dominância absoluta (m²); Pi = índice de Agregação de Payandeh.

Soares (2017) avaliando a distribuição e o padrão espacial de *P. gounellei* no Semiárido Paraibano, constatou densidade absoluta de 498 ind. ha⁻¹ (Pocinhos), 789 ind. ha⁻¹ (Boa Vista) e 761 ind. ha⁻¹ (São João do Cariri), valores superiores aos encontrados no presente trabalho nas áreas de Bananeiras, PB e Tacima, PB. A maior ocorrência de *P. gounellei* nessas áreas pode estar relacionada a vários fatores, dentre eles a composição do solo. Segundo a literatura, características edáficas como textura, estrutura, profundidade, permeabilidade, fertilidade, pH e matéria orgânica do solo, parecem desempenhar um papel importante na distribuição e abundância de espécies de cactos, uma vez que as características físico-químicas do solo são reportadas como um fator responsável pela ocupação de algumas espécies que têm seu endemismo e densidade de indivíduos controlados pelo tipo de solo que ocorre numa determinada região (RIBEIRO, 2011; FREIRE, 2013; PEIXOTO, 2015).

Ferreira et al. (2016) e Soares (2017) observaram que o *P. gounellei* geralmente ocorre em caatingas cujos solos são majoritariamente siltosos e argilosos. Ribeiro (2011)

constatou que a densidade populacional de *P. gounellei* é fortemente influenciada pelo tipo de solo da área, podendo ser encontrado o dobro de indivíduos em ambientes cujo solo predominante é o regossolo. Enquanto que Clímaco (2017) observou correlação entre as amostras de solo das populações de *Arthrocereus glaziovii* (Cactaceae) e o tamanho da altura e diâmetro das plantas, uma vez que os maiores valores médios para estas variáveis foram encontrados em áreas cujos solos tinham elevado teor de Ca, P, K, S e matéria orgânica, elementos importantes para o desenvolvimento e crescimento das plantas. Ao avaliar a estrutura e distribuição de cactáceas numa unidade de conservação, Peixoto (2015) percebeu uma maior correlação entre as espécies de Cactaceae com os atributos químicos do solo do que os físicos. Apesar de não ter sido realizada a análise físico-química dos solos onde ocorrem as populações do presente trabalho, é interessante evidenciar o quanto essa característica pode influenciar na distribuição espacial de *P. gounellei*. Vale ressaltar também a ação antrópica nas áreas estudadas que provavelmente pode ter influência no número de indivíduos nas populações estudadas, inclusive extrativismo tendo, em vista o porte do xique-xique que facilita bastante o corte.

De acordo com a classificação do Índice de Agregação de Payandeh, tanto os indivíduos de *P. gounellei* da população de Tacima quanto a população de Bananeiras apresentaram padrão de agrupamento ($P_i = 4,97$ e $2,35$ respectivamente) (Tabela 1).

Esse comportamento corrobora com os resultados encontrados por Soares (2017), que também observou padrão de agregação quanto à distribuição espacial de *P. gounellei* em áreas de ocorrência natural no Cariri paraibano, sugerindo, portanto, que este padrão ocorre devido à síndrome de dispersão e a facilidade das partes vegetativas contribuírem no recrutamento de novos indivíduos para a população. Essa tendência ao agrupamento também é descrita para outras espécies de Cactaceae, como *Discocactus zehntneri* subsp. *boomianus* (OLIVEIRA, 2009), *Melocactus zehntneri* (FABRICANTE et al., 2010), *Melocactus ernestii* subsp. *ernestii* (FABRICANTE et al., 2013), *Melocactus conoideus* (FREIRE et al., 2014) e *Cereus jamacaru* (BARBOSA et al., 2017).

Segundo Janzen (1976), a classificação em agregação ou mesmo de tendência ao agrupamento é comum para espécies que possuem síndrome de dispersão zoocórica e autocórica. Além da dispersão das sementes pela deiscência dos frutos *P. gounellei*, alguns trabalhos já relatam a dispersão de sementes de Cactaceae por animais, a exemplo de aves, formigas e répteis (OLIVEIRA, 2009; FONSECA et al., 2012; GOMES et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2015). É provável que a importância relativa de diferentes dispersores como lagartos, roedores, aves e formigas variem com o tipo de hábitat nas

caatingas (OLIVEIRA, 2009). Mas, ao que parece, os animais, ao se alimentarem dos frutos, excretam as sementes nas imediações das plantas matrizes, levando desse modo a uma configuração espacial que tende ao agrupamento. No entanto, o sucesso do recrutamento requer que as sementes sejam dispersas distantes das plantas matrizes, uma vez que próximas destas, a competição intraespecífica é intensificada e os riscos de morte por patógenos ou herbívoros é desproporcionalmente maior (FABRICANTE et al., 2010). Contudo, a sobrevivência pode ser maior entre indivíduos agregados do que entre indivíduos isolados, como ocorre com *Melocactus conoideus* (FREIRE et al., 2014). Espécies de cactos com alto investimento em reprodução sexual ou em ambos os modos de propagação, como o *P. gounellei* ssp. *gounellei*, podem ser consideradas menos ameaçadas porque conseguem manter localmente e regionalmente suas populações (RIBEIRO et al., 2015). Embora a ação antrópica, como o extrativismo tem colocado a espécie em grande risco de extinção mesmo a espécie apresentando sistema reprodutivo eficiente para a reprodução sexuada.

3. 2. Estrutura hipsométrica

A Estrutura hipsométrica da população de *P. gounellei* da área de Caatinga do município de Tacima e Bananeiras mostraram-se heterogêneas, com uma concentração majoritária de indivíduos na quarta classe (24,3%) e terceira classe (87%) de indivíduos respectivamente, e altura variando entre 0,61-0,67 m e 0,70-1,05 m como mostra a Figura 6 (A e B). Observa-se também que, a população de *P. gounellei* da área de Caatinga de Bananeiras o conjunto de dados não amostrou indivíduos nos intervalos de classes 2 (dois) e 5 (cinco) com altura 0,35-0,70 e 1,40-1,75 (Figura 6B). O que de fato é preocupante, pois representa um desequilíbrio populacional na área que, provavelmente pode ocorrer devido ao extrativismo indiscriminado na região.

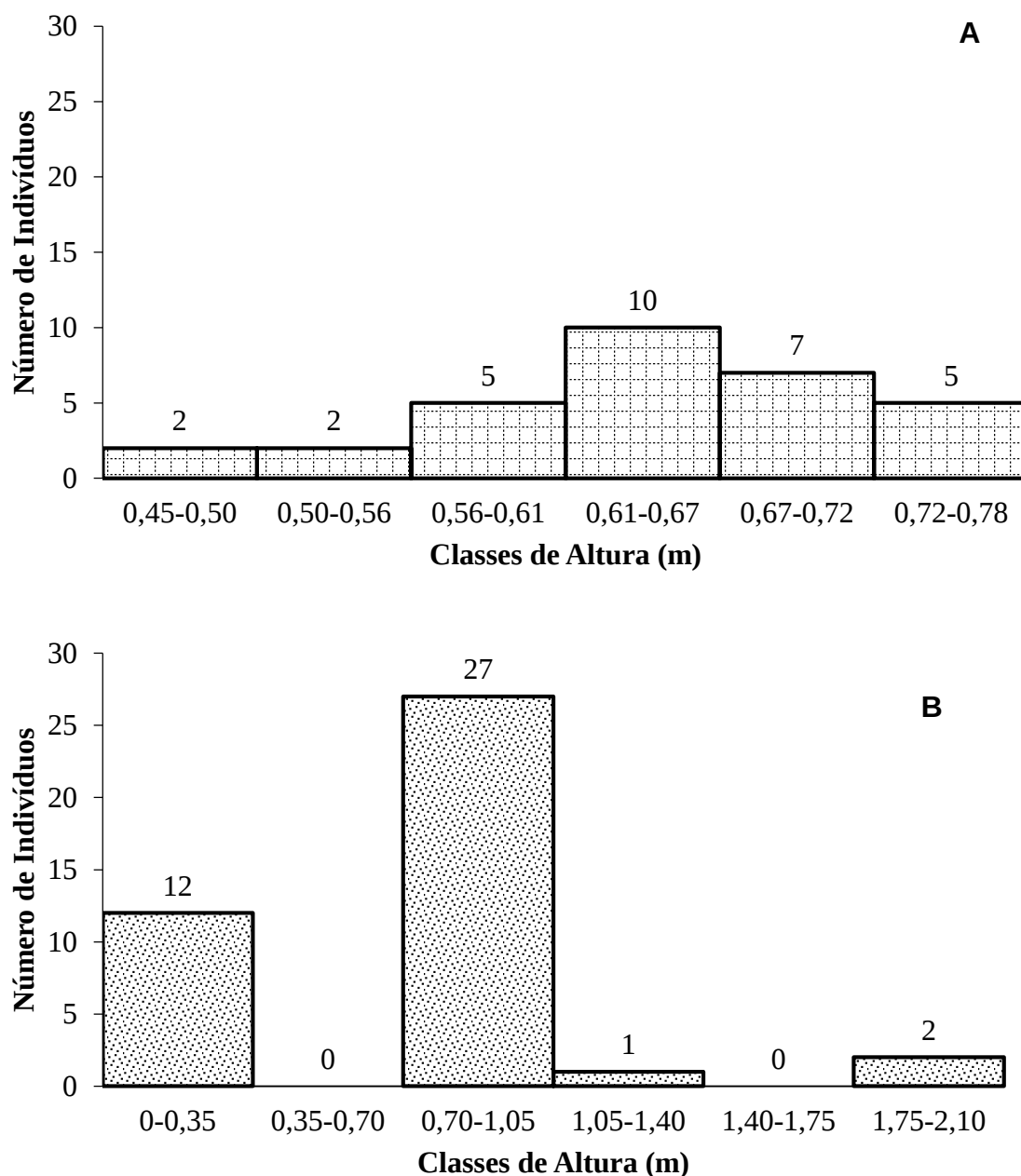


Figura 6. Estrutura hipsométrica da população de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl., A = Tacima e B = Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil.

3. 3. Estrutura diamétrica

Na área de Caatinga do município de Tacima, os espécimes apresentaram-se diametricamente concentrados na primeira e quinta classe com (29,2 %) respectivamente. Não foi constatada a presença de indivíduos nas classes dois (2,7-5,3 cm) e três (5,3-8 cm) (Figura 7A). Para a área de Caatinga de Bananeiras, a espécie estudada apresentou espécimes concentrados na segunda e terceira classes, correspondendo a (77,4 % e 32,2

% cm), com diâmetro variando entre (6-8,3 e 8,3-10 cm) respectivamente, seguidos da primeira (22,5 %) e sexta classe (6,4 %). Não foi constatada a presença de indivíduos na quarta e nem na quinta classe (10-11,2 e 1,6-13,3 cm) (Figura 7B), a ausência de plantas nessas classes é justificado por meio do programa estatístico utilizado para elaboração dos gráficos, tendo visto que no meu conjunto de dados não foram amostrados espécimes nessas classes com esse diâmetro.

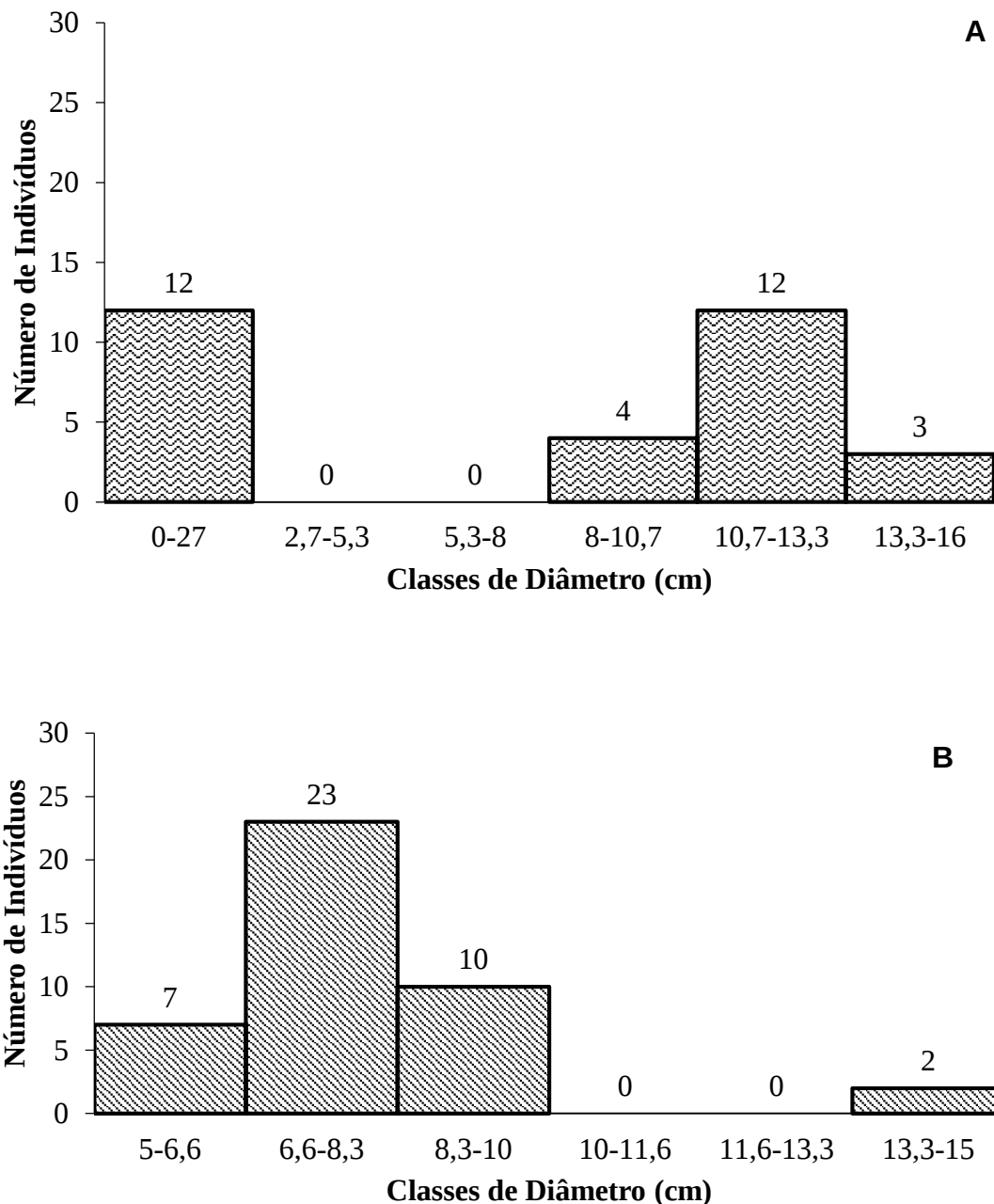


Figura 7. Estrutura diamétrica da população de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl., A = Tacima e B = Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil

As duas populações apresentaram ausência de indivíduos em pelo menos duas classes, incluindo classes iniciais, como é o caso da população de Tacima. Tal fato representa um aspecto preocupante, pois a predominância de indivíduos nas primeiras classes pode representar uma expansão da população com jovens colonizadores, por outro lado, o excesso de indivíduos adultos pode representar uma população se movendo para a extinção local, sem sucesso de novos recrutamentos e esses dois casos podem indicar até mesmo a estabilidade da população (HARPER e WHITE, 1974; BRUNA, 2003). Fabricante e Oliveira (2013) estudando a estrutura populacional de *M. ernestii* subsp. *ernestii*, constataram que a espécie apresentou baixa quantidade de indivíduos nas primeiras classes de frequência diamétrica e hipsométrica, indicando problemas locais na conservação da população, sugerindo o isolamento dos sítios de ocupação na área de estudo, visando impedir o acesso de pessoas e animais de criação ao local. Esses dados revelam que a área de Bananeiras deve ser priorizada para conservação e deve evitar ações antrópicas de exploração da espécie.

3. 4. Distribuição de frequência da altura e diâmetro

As distribuições de frequência da altura dos espécimes de *P. gounellei* foram significativamente diferentes entre as duas áreas de Caatinga estudadas (Tacima e Bananeiras). Na distribuição de frequência de altura de *P. gounellei* da população de Tacima ocorreu uma concentração de indivíduos com altura menor ou igual 1,6 m (quartil 75), acima da mediana, e a mediana com 1,2 m de altura, sendo que a menor concentração de indivíduos (quartil 25) ficou abaixo da mediana, caracterizando-se assim uma distribuição assimétrica e sem dados discrepantes (Figura 8A). Observa-se ainda que nesta população foram encontrados indivíduos com no máximo 2,5 m e no mínimo 0,3 m de alturas. A distribuição de frequência de altura de *P. gounellei* na Caatinga de Bananeiras não apresentou diferenças entre os quartis (75 e 25), mas uma homogeneidade na distribuição da frequência dos indivíduos. No entanto, observa-se que essa variação na altura dos indivíduos é pequena, mostrando que se trata de uma população em formação ou juvenil comparada à população de Tacima (Figura 8A), uma vez que foram encontrados indivíduos com no máximo 0,8 e no mínimo 0,4 m de alturas.

As distribuições de frequência de diâmetro dos espécimes de *P. gounellei* foram significativamente diferentes entre as duas áreas de Caatinga estudadas (Tacima e Bananeiras). Na distribuição de frequência de diâmetro na Caatinga de Tacima ocorreu

uma concentração de indivíduos com diâmetro menor ou igual a 7cm abaixo da mediana (quartil 25) e a mediana com 8 cm, representando uma distribuição assimétrica, sem dados discrepantes e variando pouco em termos de concentração de indivíduos nos dois quartis (Figura 8B).

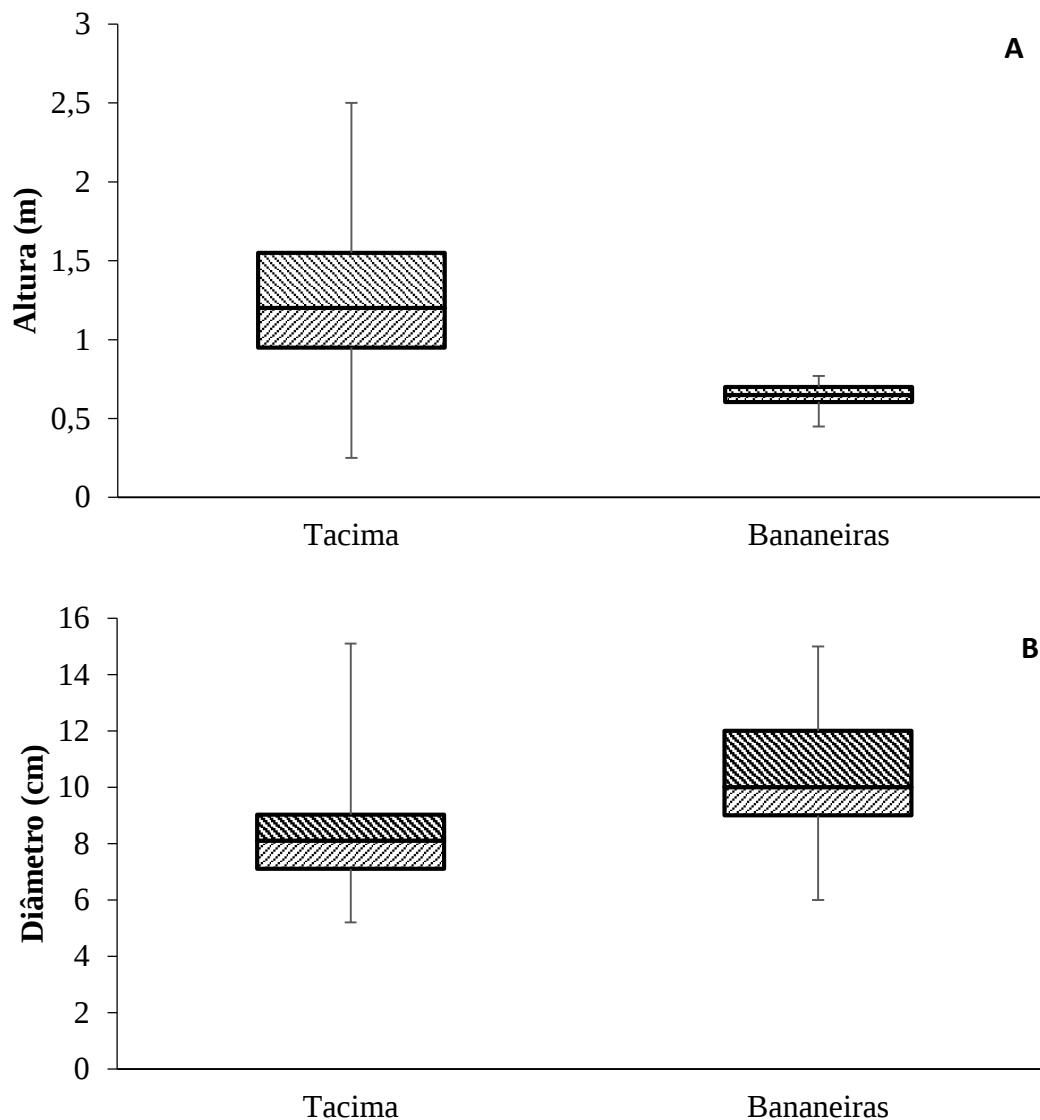


Figura 8. Distribuição de frequência da altura (A) do diâmetro (B) dos espécimes de populações de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl., em Tacima e Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil. (Porção mais estreita Rowl em Tacima e Bananeiras no estado da Paraíba, Brasil. (Porção mais estreita dentro de cada caixa representa a mediana; limites do entalhe da caixa indicam o intervalo de confiança da mediana; limites inferior e superior da caixa mostram os quartis inferior e superior (25% e 75%, respectivamente); barras verticais apontam os valores de máximo e mínimo).

Observa-se ainda que nesta população foram encontrados indivíduos com diâmetro máximo de 15 cm e mínimo de 5 cm de diâmetro. Na distribuição de frequência

de diâmetro da espécie estudada na Caatinga de Bananeiras ocorreu uma concentração de indivíduos com diâmetro variando entre 12 cm de diâmetro acima da mediana (quartil 75) e a mediana com 10 cm quartil (25) da população (Figura 8B). Nesta população foram encontrados indivíduos com no máximo 15 e mínimo de 6 cm. Veja que, em termos de máximo diâmetro não há variação entre indivíduos das populações estudadas. No entanto, apesar de os indivíduos da população de Tacima apresentarem altura maiores, o diâmetro da população de Bananeiras foi bem maior (6 e 15 cm), mesmo com indivíduos variando entre 0,4 e 0,8 m de altura comparados aos indivíduos da área de Tacima.

3. 5. Estrutura Espacial

Na população vegetal localizada em área de Caatinga no município de Tacima foi observada a ocorrência de espécimes de *P. gounellei* em 44 % das parcelas amostrais, no entanto, essa distribuição não ocorreu de maneira uniforme, mas em pontos específicos (Figura 9A). Na população localizada em área de Caatinga em Bananeiras, foi observada a ocorrência de espécimes de *P. gounellei* em 52 % das parcelas amostrais (Figura 9B). De acordo com a Figura 9(A e B), pode-se observar o padrão de agrupamento dos indivíduos de *P. gounellei* tanto na população de Tacima quanto na de Bananeiras.

Os dados mostram que, apesar de a população de Bananeiras amostrar 31 plantas distribuídas em 13 das 25 parcelas, foi a área que apresentou uma maior frequência de indivíduos (52 %) se compararmos a população de Tacima que amostrou 41 plantas em 11 das 25 parcelas estudadas. Portanto, observa que a espécie de *P. gounellei* está melhor distribuída na área de Bananeiras.

O teste H demonstrou que a densidade populacional de *P. gounellei* é estatisticamente igual entre as áreas estudadas, bem como para o total de indivíduos ($H = 0,0379$; $p = 0,8457$). A estrutura diamétrica e hipsométrica das populações de *P. gounellei* inserida na caatinga dos municípios de Tacima e Bananeiras não apresentam distribuição normal ($p\text{-valor} < 0.01$).

A

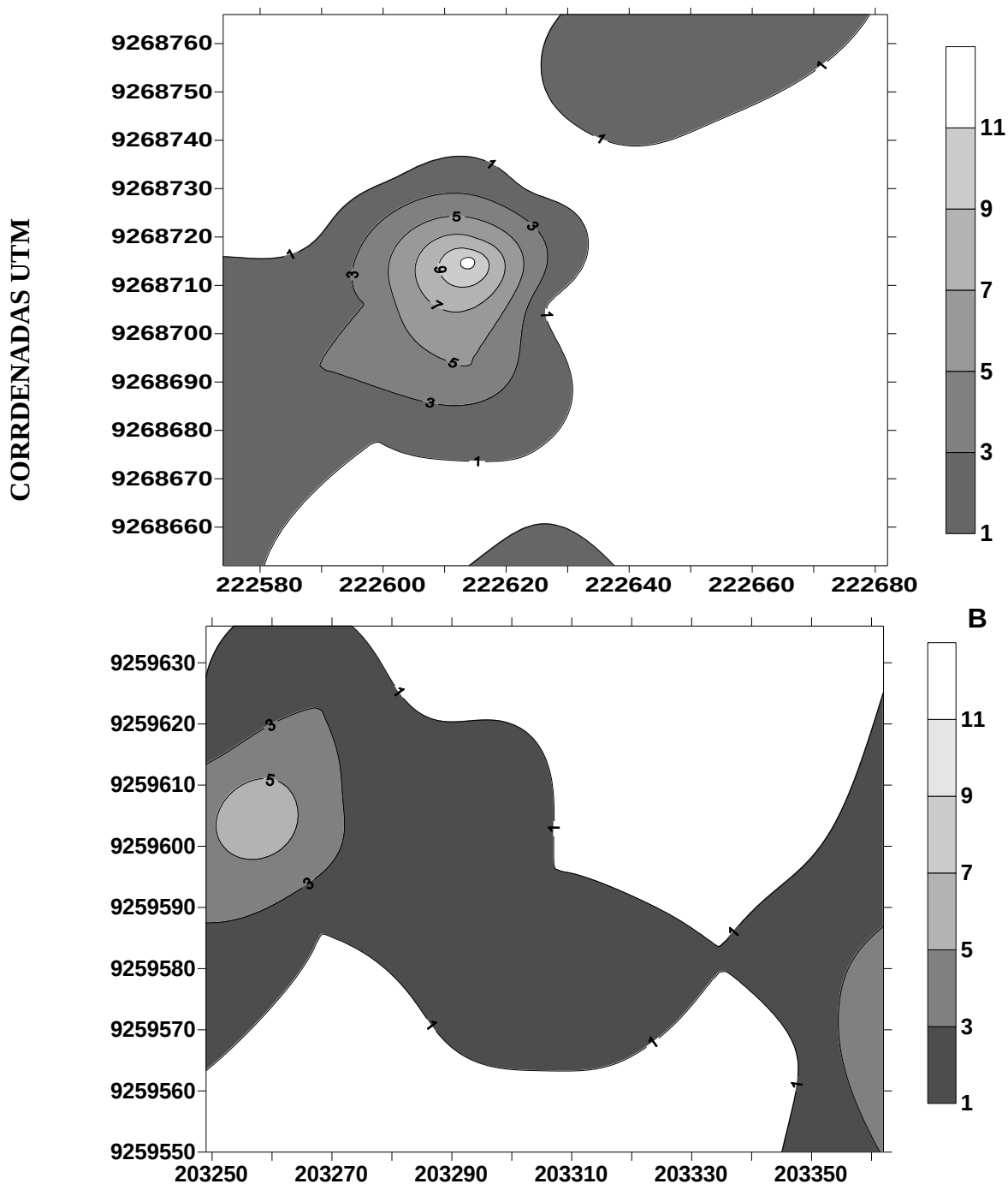


Figura 9. Predição do padrão da distribuição espacial em relação a abundância absoluta de populações de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl., em Tacima (A) e Bananeiras (B) no estado da Paraíba, Brasil.

De acordo com Ribeiro (2011) a distribuição espacial de algumas cactáceas é influenciada pelo índice de perturbação antrópica, sendo algumas delas mais vulneráveis ou oportunistas, a exemplo do *P. gounellei*, uma vez que esta demonstra alta capacidade de colonização, indicando que tem pouca ou nenhuma dependência da estrutura da

vegetação nas suas fases iniciais de desenvolvimento. Além disso, deve-se destacar que as cactáceas representam algumas das únicas espécies remanescentes após ações antrópicas que causem transformações na vegetação original, sendo estas referidas como bioindicadoras do status da vegetação da Caatinga (ZAPPI e TAYLOR, 2008).

A estrutura e distribuição populacional de *P. gounellei* nas duas caatingas estudadas não pode ser explicada apenas pelas condições de conservação das áreas, ela pode estar relacionada a uma cascata de eventos pouco perceptíveis ou mensuráveis que contribuem para a heterogeneidade do habitat, a exemplo da incidência luminosa e o microclima proporcionado por outras plantas (plantas berçários) e rochas, além da dispersão das sementes por animais, o que vem sendo estudado para outras espécies de cactos (FABRICANTE et al., 2010; FONSECA et al., 2012; GOMES et al., 2014; LUCENA et al., 2015; SANTOS et al., 2015).

Lucena et al. (2015) ao investigarem a distribuição local de duas cactáceas colunares (*C. jamacaru* subsp. *jamacaru* e *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis*) numa comunidade rural no Cariri Paraibano, observaram que há uma diferença nos padrões de crescimento das espécies e na relação da comunidade rural com os cactos estudados, onde o *C. jamacaru* subsp. *jamacaru* parece estar sofrendo algum tipo de domesticação, estando presente mais próximo as residências e *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* estando mais distante das mesmas, principalmente em lugares mais altos e de difícil acesso.

Clímaco (2017) ao estudar a distribuição de populações de *Arthrocereus glaziovii* (Cactaceae) observou a ocorrência majoritária dessa espécie em áreas rochosas, denominadas “lajes”, na região centro-sudeste do estado de Minas Gerais. Saraiva (2010) também observou a predominância de algumas cactáceas próximas a afloramentos rochosos em campos rupestres no Rio Grande do Sul, sendo algumas representantes dos gêneros *Frailea* spp., *Gymnocalycium* sp., *Parodia* spp. De acordo com esses autores, a maioria dessas espécies apresentam características comuns às espécies mais ameaçadas de extinção, como baixa densidade populacional e distribuição geográfica restrita. Além disso, as atividades silvipastoris e de mineração têm contribuído significativamente para a redução dessas populações em seus habitats. Logo, programas de conservação devem levar em conta essas descobertas para garantir a sobrevivência dessas espécies no seu habitat.

4. CONCLUSÕES

- Os indivíduos de *P. gounellei* das duas áreas de caatinga apresentam hábito de crescimento agregado e estrutura populacional com baixo número de indivíduos regenerantes.
- A população vegetal de *P. gounellei* do município de Tacima, apresenta maior domínio e indivíduos em estágio juvenil.
- Ambas as áreas dos ecossistemas estudadas apresentam características de antropização.
- A distribuição espacial de *P. gounellei* é influenciada tanto por fatores bióticos quanto os fatores antropicos.
- Programas para conservação e manejo de cactáceas no curimataú e brejo da Paraíba são necessários.

5. REFERÊNCIAS

- AYRES, M.; AYRES, M. J.; AYRES, D. L.; SANTOS, S. A. **Bioestat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Bio-Médicas**. Belém: Mamirauá/CNPq. 2007, 364 p.
- BARBOSA, A. S. **Estrutura da vegetação e distribuição espacial de Cactaceae em áreas de caatinga do semiárido paraibano**. 2011. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Areia - PB, 166p.
- BARBOSA A. S.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA JÚNIOR, L. R.; BRUNO, R. L. A.; MEDEIROS, R. L. S.; BARBOSA NETO, M. A. Estrutura populacional e espacial de *Cereus jamacaru* DC. Em duas áreas de caatinga do agreste da Paraíba, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria - RS, v.27, n.1, p: 315-324, 2017.
- BRUNA, E. M. Are plant populations in fragmented habitats recruitment limited? Tests with an Amazonian herb. **Ecological Society of America**, Washington, D.C. EUA, v. 84, n. 4, p: 932-947, 2003.
- CILMACO, L. F. S. **Variabilidade fenotípica da espécie microendêmica *Arthrocereus glaziovii* Zappi & Taylor (Cactaceae) em campos rupestres ferruginosos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Biomas Tropicais). Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Ouro Preto - MG, 58p.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Arara, estado da Paraíba**. João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda (Orgs.) Recife: CPRM/PRODEEM. 2005a. p. 20.
- FABRICANTE, J. R.; ANDRADE, L. A.; MARQUES, F. J. Caracterização populacional de *Melocactus zehntneri* (Britton & Rose) Luetzelburg (Cactaceae) ocorrente em um inselbergue da Caatinga paraibana. **Biotemas**, Florianópolis - SC, v. 23, n. 1, p: 61-67, 2010.
- FABRICANTE, J. R.; OLIVEIRA, C. R. S. Estrutura populacional de *Melocactus ernestii* Vaupel (Cactaceae). **Scientia Plena**, São Cristóvão - SE, v.9, n.6, p.1-8, 2013.
- FERREIRA, P. S. M.; LOPES, S. F.; TROVÃO, D. M. B. M. Patterns of species richness and abundance among cactus communities receiving different rainfall levels in the semiarid region of Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, Rio de Janeiro - RJ, v. 30, n. 4, p: 569-576, 2016.
- FONSECA, R. B. S.; FUNCH, L. S.; BORBA, E. L. Dispersão de sementes de *Melocactus glaucescens* e *M. paucispinus* (Cactaceae), no Município de Morro do Chapéu, Chapada Diamantina-BA. **Acta Botanica Brasilica**, Rio de Janeiro - RJ, v. 26, n. 2, p: 481-492, 2012.
- FREIRE, H. P. L. **Efeito do agrupamento espacial na taxa de crescimento e sobrevivência de *Melocactus conoideus* buining & brederoo (Cactaceae): uma espécie endêmica e ameaçada de extinção do Nordeste do Brasil**. 2013. Dissertação

(Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Itapetinga - BA, 83p.

FREIRE, H. P. L.; TRINDADE, D. P. F.; SÁ-NETO, R. J.; CORRÊA, M. M. Survival dynamics of *Melocactus conoideus* Buining & Brederoo (Cactaceae), a threatened species endemic to northeastern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, Rio de Janeiro - RJ, v. 28, n. 2, p: 293-297, 2014.

GOMES, V. G. N.; QUIRINO, Z. G. M.; ARAÚJO, H. F. P. Frugivory and seed dispersal by birds in *Cereus jamacaru* DC. ssp. *jamacaru* (Cactaceae) in the Caatinga of Northeastern Brazil. **Braz. Journal of Biology**, São Paulo - SP, v.74, n.1, p.32-40, 2014.

HARPER, J. L.; WHITE, J. The demography of plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, Califórnia, v. 5, n. 1, p: 419-463, 1974.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acessado em: 22 de abril de 2020.

JANZEN, D. H. Why bamboos take so long to flower. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, Califórnia, v. 7, p: 347-391, 1976.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. 2. ed. Revista e Ampliada. São Paulo: Editora Unesp, 2003. 264p

LEITE, E. J. Spatial distribution patterns of riverine forest taxa in Brasília, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 140, n. 2-3, p: 257-264, 2001.

LUCENA, C. M.; RIBEIRO, J. E. S.; NUNES, E. N.; MEIADO, M. V.; QUIRINO, Z. G. M.; CASAS, A.; LUCENA, R. F. P. Distribuição Local de *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru* e *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi (Cactaceae) e sua Relação com uma Comunidade Rural no Município do Congo, Paraíba. **Gaia Scientia**, João Pessoa - PB v. 9, n. 2, p: 97-103, 2015.

LUNDBERG, S.; INGVARSSON, P. K. Population dynamics of resource limited plants and their pollinators. **Theoretical Population Biology**, Cambridge, v. 54, n. 1, p: 44-49, 1998.

MULLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Wiley, 1974. 574p.

NASCIMENTO, J. P.; MEIADO, M. V.; NICOLA, P. A.; PEREIRA, L. C. Germinação de sementes de *Tacinga inamoena* (K. Schum.) N.P. Taylor & Stuppy (Cactaceae) após endozoocoria por *Chelonoidis carbonaria* (Spix, 1824) (Reptilia: Testudinidae). **Gaia Scientia**, João Pessoa - PB, v. 9, n. 2, p: 9-14, 2015.

OLDFIELD, S. **Cactus and succulent plants**: Status survey and conservation action plant. IUCN/SSC Cactus and Succulente Specialist Group. Internacional Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Grand. Switezerland, and Cambrige, Unidted Kingdom. 1997.

OLIVEIRA, J.P.L. **Ecologia de *Discocactus zehntneri* subsp. *boomianus* (Cactaceae) em afloramento rochoso do semi-árido baiano (Brasil)**. 2009. Dissertação – (Mestrado em Biologia). Universidade Federal da Bahia - UFBA, Instituto de Biologia, Salvador – BA, 84p.

ORTEGA-BAES, P.; GODNEZ-ALVAREZ, H. Global diversity and conservation priorities in the Cactaceae. **Biodiversity & Conservation**, Holanda, v. 15, n. 3, p: 817-827, 2006.

PAYANDEH, B. Comparison of method for assessing spatial distribution of trees. **Forest Science**, Washington, DC, v. 16, n. 3, p: 312-317, 1970.

PEIXOTO, M. R. **Levantamento florístico e padrões de distribuição de Cactaceae na Serra do Sincorá, Bahia, Brasil**. 2015. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, Cruz das Almas - BA, 101p.

PINHEIRO, T. S.; FERREIRA, A. C. Espécies de Cactaceae nas restingas do Nordeste brasileiro: aspectos funcionais. **Gaia Scientia**, João Pessoa - PB, v. 9, n. 2, p: 193-201 2015.

RAZALI, N.; WAH, Y. B. Power comparisons of Shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. **Journal of statistical modeling and analytics**, Kelantan – Malaysia, v. 2, n.1, p: 21-33, 2011.

RIBEIRO, E. M. S.; MEIADO, M. V.; LEAL, I. R. The role of clonal and sexual spread in cacti species dominance at the Brazilian Caatinga. **Gaia Scientia**, João Pessoa - PB, v. 9, n. 2, p: 27-33, 2015.

RIBEIRO, E. M. S. **Influência de perturbações antrópicas sobre populações de cactáceas em áreas de caatinga**. 2011. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife - PE, 55p.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S.; FIGUEIREDO, M. A. Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico: ecossistema caatinga. Brasília: **Sociedade Botânica do Brasil**, Feira de Santana - BA, p: 24, 1992.

SANTOS, D. M.; SANTOS, J. M.; SOUZA, D. N.; ANDRADE, J. R.; SILVA, K. A.; ANDRADE, W. M.; ARAÚJO, E. L. O que mais influencia a densidade do banco de sementes do solo de *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru* (Cactaceae): variação espacial ou temporal?. **Gaia Scientia**, João Pessoa - PB, v. 9, n. 2, 2015.

SARAIVA, D. D. **Estrutura de comunidades de cactos (Cactaceae) rupestres em campos subtropicais da América do Sul**. 2010. Dissertação (Mestrado em Biologia). Universidade do Vale do Rio dos Sinos - São Leopoldo, RS, 45p.

SILVA, I. G. A. **Estudo prospectivo da dinâmica populacional de Tacima-PB, com vista a um planejamento econômico na área urbana e rural (1980-2010)**. 2010. Monografia Especialização (Trabalho Acadêmico Orientado - TAO). Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Guarabira - PB, 80p.

SILVA, S. R.; ZAPPI, D. C.; TAYLOR, N.; MACHADO, M. (orgs.). **Plano de ação nacional para a conservação das cactáceas**. Série Espécies Ameaçadas nº 24. Instituto Chico Mendes, Brasília - DF, 2011, 112p.

SIMÕES, S. S.; ZAPPI, D.; COSTA, G. M.; OLIVEIRA, G.; AONA, L. Y. S. Spatial niche modelling of five endemic cacti from the Brazilian Caatinga: Past, present and future. **Austral Ecology**, Hemisfério Sul da Austrália, v. 45, n.1, p:35-47, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/aec.12825>

SOARES, G. S. C. **Distribuição espacial, composição químico-bromatológica e cinética da fermentação ruminal in vitro de *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly ex Rowl.** 2017. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Areia - PB, 116p.

ZAPPI, D. C. et al. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro - RJ, v. 66, n. 4, p: 1085 - 1113, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201566411>

ZAPPI, D. C. ***Pilosocereus* (Cactaceae). The genus in Brazil**. Succulent Plant Research, v. 3, p: 1-160, 1994.

ZAPPI, D.; TAYLOR, N. Fitofisionomia da Caatinga a Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, Belo Horizonte - MG, v. 4, n. 1-2, p: 34-38, 2008.

ZAR, J. H. 1999. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice-Hall. 663p.