

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS
CURSO DE MESTRADO**

**MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICO E ANÁLISES
ESPACIAIS APLICADAS A CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES
DE CACTACEAE DA CAATINGA**

Silvana dos Santos Simões

**CRUZ DAS ALMAS-BAHIA
2018**

**MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICO E ANÁLISES ESPACIAIS
APLICADAS A CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES DE CACTACEAE DA
CAATINGA**

Silvana dos Santos Simões
Bacharel em Biologia
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientador: Profa. Dra. Lidyanne Yuriko Saleme Aona
Coorientadora: Dra. Daniela C. Zappi
Coorientador: Dr. Grênivel Mota da Costa

**CRUZ DAS ALMAS-BAHIA
2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

S593m Simões, Silvana dos Santos.
Modelagem de nicho ecológico e análises espaciais aplicadas a conservação de espécies de cactaceae da Caatinga / Silvana dos Santos Simões._ Cruz das Almas, BA, 2018.
85f.; il.

Orientadora: Lidyanne Yuriko Saleme Aona.
Coorientadora: Daniela C. Zappi.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Plantas da Caatinga – Cacto. 2.Cacto – Ecologia – Conservação. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Costa, Grênivel Mota da. III.Título.
CDD: 581.0981

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.
Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 1615).
Os dados para catalogação foram enviados pela usuária via formulário eletrônico.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS
CURSO DE MESTRADO**

**MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICO E ANÁLISES ESPACIAIS
APLICADAS A CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES DE CACTACEAE DA
CAATINGA**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de
Silvana dos Santos Simões

Aprovada em 30 abril de 2018

Dra. Lidyanne Yuriko Saleme Aona
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(Orientadora)

Dra. Patrícia Ribeiro Luz
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(Examinador Interno)

Dr. Anderson Ferreira Pinto Machado
Universidade Federal da Bahia
(Examinador Externo)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Rosalvo e Rosilda, por todo amor, compreensão e suporte.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por toda força e sabedoria para saber lidar com cada obstáculo que apareceu ao longo dessa caminhada, sem a fé que me manteve de pé ao longo desses anos eu não conseguiria.

Agradeço ao programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pela oportunidade de aprimorar meus conhecimentos na área de Biologia através do Mestrado em RGV e a todos os professores que fazem parte do programa e poderão compartilhar conhecimento e experiências contribuindo para a minha formação.

A FAPESB pela concessão da bolsa para desenvolvimento do projeto e a UFRB pela oportunidade de fazer parte do programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais e pela estrutura fornecida para que o projeto pudesse ser executado.

À minha adorada orientadora Dr^a. Lidyanne Aona por todo ensinamento, paciência, atenção e, sobretudo, por ter acreditado e depositado sua confiança mim. Sem seu apoio, confiança e amizade, nada disso seria possível.

Meus co-orientadores, Dr^a. Daniela Zappi, que mesmo longe sempre esteve disponível para tirar todas as minhas dúvidas. Zappi, sou muito grata pelos seus ensinamentos, carinho e amizade e ao Dr. Grênivel Mota da Costa que além da amizade sempre presente e disposto em ajudar, sem o apoio de vocês nada disso seria possível.

A toda equipe do HURB, que além de apoio técnico se transformou na minha segunda casa, em especial, todo meu carinho a Prof. Dr^a. Patrícia Luz, que sempre gentilmente se mostrou disponível em ajudar, e me socorreu inúmeras vezes com as dúvidas que surgiram ao longo do caminho. Ao Douglas, Camila, Willian e Nelma por toda amizade e companheirismo nessa luta. Ao professor Dr. Guilherme Oliveira, por todo suporte necessário para realização desse trabalho, sua ajuda foi essencial.

À Dr^a. Uiara Catharina Soares pelas leituras do manuscrito, ao Felipe pela ajuda nas confecções dos mapas e ao Diego pelas revisões dos abstracts.

Aos meus pais Rosalvo e Rosilda, que além de amor me deram todo, apoio para continuar minha trajetória acadêmica e não mediram esforços para que eu pudesse realizar os meus sonhos, esse título é de vocês.

À minha irmã Beatriz, por estar sempre presente e por todo carinho.

A toda minha família que independente do distanciamento que essa vida corrida ocasiona sempre estiveram presente e me colocando em suas orações, em especial as minhas vós Benedita e Rosalina que são exemplo de vida.

Aos meus companheiros de curso e que hoje posso chamá-los de amigos, Polly, Simone, Taíse, Matheus e Thiago, sem vocês minha jornada de estudos não teria graça, ah! Agradeço também pelos quilinhos a mais, de todas as nossas idas à Mão que Faz depois das aulas da querida Prof.^a Ana Loyola.

As minhas amigas de vida, Cátia, Mara Cássia, Mara Reis, Bia, Bela, que sempre estiveram presente, mesmo de longe, em alguns casos, nos momentos em que mais precisei, nunca esquecerei o amor de vocês.

Cada um de vocês foram anjos que estavam iluminando meu caminho e por isso minha eterna gratidão.

EPÍGRAFE

“Segue o seco sem sacar que o
caminho é seco
Sem sacar que o espinho é seco
Sem sacar que seco é o ser sol.”
Carlinhos Brown – Segue o seco

“Oh! Senhor
Pedi pro sol se esconder um
pouquinho
Pedi pra chover
Mas chover de mansinho
Pra ver se nascia uma planta no
chão.”
Waldeck Artur de Macedo –
Súplica cearense

“Queremos saber,
queremos viver
confiantes no futuro
por isso de faz necessário
prever qual o itinerário da
ilusão.”
Gilberto Gil – Queremos saber

MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICO E ANÁLISES ESPACIAIS APLICADAS A CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES DE CACTACEAE DA CAATINGA

RESUMO: A Caatinga ocupa uma área com cerca de 850.000 Km², estendendo-se do Ceará até o norte de Minas Gerais, recobrando aproximadamente 10% do território brasileiro apresentando escassez e irregularidade de períodos de chuvas e temperaturas média bastante elevadas. A caatinga é caracterizada por apresentar uma vegetação com fisionomia xerófila bem adaptada ao clima semiárido como as Cactaceae, que apresentam no domínio fitogeográfico Caatinga um dos seus principais centros de endemismo. Cactaceae possui uma distribuição Neotropical, com cerca de 100 gêneros e 1500 espécies e o leste do Brasil é considerado o terceiro maior centro de diversidade para a família, apresenta 10 gêneros e um grande número de espécies endêmicas na região. Atualmente, alguns estudos a fim de caracterizar a caatinga de acordo ao seu tipo de formação cristalina ou sedimentar estão sendo realizados e Cactaceae como uma família amplamente adaptada e distribuída no domínio fitogeográfico caatinga, é um excelente grupo para entendimento e caracterização da caatinga de acordo ao seu tipo de formação. A compreensão de como estas espécies estão distribuídas ao longo da caatinga é importante também para a adoção de novas estratégias de conservação, já que muitas espécies de Cactaceae da caatinga encontra-se ameaçadas principalmente pela fragmentação e perda de habitat causados pelo desmatamento, expansão de áreas para a agricultura e pecuária, mineração, comércio e coletas ilegal de espécimes, uso indiscriminado sem controle e sem manejo, principalmente das espécies utilizadas para uso animal. As oscilações climáticas as quais vem ocorrendo em ritmo cada vez mais acelerado também é um importante fator a ser considerado em relação à ameaça desse grupo de plantas tão importante para a Caatinga. Com o objetivo de responder sobre o futuro incerto das Cactaceae, o método de modelagem preditiva de distribuição de espécies foi aplicado para avaliar o efeito das mudanças climáticas na distribuição de espécies endêmicas de Cactaceae. Além disso, foi avaliada a distribuição e tamanho das populações de espécies de Cactaceae no nordeste brasileiro com base em listas florísticas e fitossociológicas publicadas. Esse conjunto de dados podem contribuir com informações novas acerca de sua distribuição atual e futura para uso em estratégias e planos de conservação para a família.

Palavras-chave: Caatinga, Cactaceae; Florestas secas; Metadados; Modelagem

NICHO ECOLOGICAL MODELING AND SPATIAL ANALYSIS APPLIED TO THE CONSERVATION OF CACTACEAE SPECIES OF CAATINGA

ABSTRACT: The Caatinga covers an area of about 850,000 km², extending from Ceará to the north of Minas Gerais, covering approximately 10% of the Brazilian territory, showing scarcity and irregularity during periods of rain and when the average temperatures are quite high. The caatinga is characterized by a vegetation with xerophytic physiognomy well adapted to a semi-arid climate such as Cactaceae, which presents a phytogeographical domain of the Caatinga of its main endemism centers. Cactaceae has a Neotropical distribution, with about 100 genera and 1500 species and the East of Brazil is considered the third largest center of diversity for the family, with 10 genera and a large number of endemic species in the region. Currently some studies to characterize the caatinga according to their type of crystalline or sedimentary formation are being carried out, and Cactaceae as a family widely adapted and distributed in the caatinga phytogeographic domain, is an excellent group for understanding and characterization of the caatinga according to the training. The understanding of how these species are distributed throughout the caatinga is also important for the adoption of new strategies of conservation, since many species of Cactaceae of the caatinga are threatened mainly by the fragmentation and loss of habitat caused by deforestation, agriculture and livestock, mining, illegal trade and collection of specimens, indiscriminate use without control and without management, mainly of the species used for animal use. The climatic oscillations that have been occurring in an increasingly accelerated rhythm is also an important factor to be considered in relation to the threat of this group plants so important for the Caatinga. In order to try to answer the uncertain future of the Cactaceae the predictive modeling method of species distribution was applied to evaluate the effect of climatic changes on the distribution of endemic species of Cactaceae. In addition, the distribution and size of populations of Cactaceae species from northeastern Brazil were evaluated based on floristic and phytosociological lists. This data set may contribute new information about its current and future distribution for use in strategies and conservation plans for the family.

Keywords: Caatinga, Cactus; Dry forest; Metadata; Modeling

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
CAPÍTULO 1	
METADADOS COMO FONTE DE CONTRIBUIÇÕES AO ENTENDIMENTO DA DISTRIBUIÇÃO E CONSERVAÇÃO DE CACTACEAE NO NORDESTE BRASILEIRO	10
CAPÍTULO 2	
MODELAGEM DE NICHOS ESPACIAIS DE CINCO ESPÉCIES DE CACTACEAE ENDÊMICAS DA CAATINGA BRASILEIRA	47

INTRODUÇÃO

No Brasil, encontramos um dos maiores e com maior centro de biodiversidade dentre os núcleos de florestas secas do mundo que é a Caatinga, a qual apresenta grande riqueza de espécies endêmicas e infelizmente ainda é uma área muito pouco estudada, passando por intenso processo de degradação antes mesmo de se ter um conhecimento real de sua diversidade (LINARES-PALOMINO et al., 2011; GIULIETTI et al., 2002; MARENGO 2006).

A Caatinga ocupa uma área com cerca de 850.000 Km², estendendo-se do Ceará até o norte de Minas Gerais, recobrando aproximadamente 10% do território brasileiro (AB'SABER 1974). Apresenta escassez e irregularidade de períodos de chuvas, com média inferior a 800 mm, acompanhado por longos períodos de estiagem. Apresenta em média temperaturas bastante elevadas variando de 23°C a 27°C (EMBRAPA 2018). É caracterizada por apresentar uma vegetação com decídua e acentuada e a fisionomia com espécies xerófitas, bastante adaptada ao clima semiárido como as Cactaceae, que apresentam no domínio fitogeográfico Caatinga um dos seus principais centros de endemismo e diversidade (DRUMOND et al. 2002; TAYLOR & ZAPPI 2004).

Cactaceae possui uma distribuição neotropical, com cerca de 100 gêneros e 1500 espécies (TAYLOR & ZAPPI 2004). Seus principais centros de diversidade se encontram em regiões do México, Andes Centrais (Argentina e Bolívia) e leste do Brasil (TAYLOR & ZAPPI 2004). Sendo a região leste do Brasil, o terceiro maior centro de diversidade da família Cactaceae, com 10 gêneros e um grande número de espécies endêmicas na região (TAYLOR & ZAPPI 2004).

A Caatinga abriga uma grande diversidade de espécies de Cactaceae, comportando ca. 122 espécies, com 63 espécies endêmicas desse domínio, representando um importante centro de endemismo para a família (ZAPPI et al., 2015). Apresentam espécies desde epífitas suculentas até árvores lenhosas com folhas, e.g. grupo Pereskoideae, e populações de tamanhos variados, ocorrendo desde afloramentos rochosos a áreas sombreadas de florestas úmidas (TAYLOR & ZAPPI 2004).

Atualmente, alguns estudos estão categorizando a caatinga de acordo com a formação do seu substrato e porte da vegetação (bacia sedimentar, escudo cristalino, caatingas ribeirinhas ou arbóreas) (CARDOSO & QUEIROZ 2007; MORO et al., 2016).

Uma vez que Cactaceae é uma família amplamente distribuída na caatinga e faz parte da fitofisionomia deste domínio, o entendimento a cerca de sua distribuição é interessante para relacionar sua distribuição com outros grupos fortemente associados à caatinga como Fabaceae, o que sem dúvida possibilitará uma melhor compreensão deste domínio e também reforçar ou não a cerca de sua heterogeneidade em meio ao complexo de florestas secas (CARDOSO & QUEIROZ 2007; MORO et al., 2016).

O entendimento do padrão de distribuição das espécies de Cactaceae também é útil para estratégias de conservação, pois, muitas populações de família encontram-se, atualmente, ameaçadas pela fragmentação e perda de habitat causados pelo desmatamento, expansão de áreas para a agricultura e pecuária, mineração, comércio e coletas ilegal de espécimes, uso indiscriminado sem controle e sem manejo, principalmente das espécies utilizadas para uso animal (ZAPPI et al., 2011; LUCENA et al., 2015).

As oscilações climáticas, as quais vêm ocorrendo em ritmos cada vez mais acelerado, também são importantes fatores a serem considerados em relação à ameaça desse grupo de plantas tão importante para a caatinga. MARENGO (2006) alerta que as mudanças climáticas e, conseqüentemente, o aumento da temperatura e diminuição nos níveis de chuva para este domínio acabe transformado a caatinga em uma extensa área desértica, principal área de ocorrência para a família Cactaceae.

Essas oscilações climáticas são fenômenos naturais que sempre aconteceram no planeta e foram essenciais para a vida na Terra, porém, atualmente, esses ciclos de aquecimento e resfriamento causados principalmente pelas atividades industriais vêm acelerando esse processo através das emissões de gases causadores do efeito estufa o qual vem afetando o clima terrestre, sendo os sistemas naturais os mais impactados, pois são mais vulneráveis a essas mudanças (IPCC 2007).

Além das transformações nas paisagens naturais, as mudanças climáticas constituem um fator de grande ameaça para a biodiversidade dos

ecossistemas brasileiros, em especial para aqueles que apresentam uma alta taxa de riqueza de espécies endêmicas (ALEIXO et al., 2010).

Como as mudanças climáticas vêm ocorrendo em ritmos cada vez mais acelerado e também o crescente processo de degradação da Caatinga, levou a questionar o futuro incerto das Cactaceae, a partir do método de modelagem preditiva de distribuição de espécies mais a revisão de estudos florísticos e fitossociológicos, os quais abordam a ocorrência de espécies de Cactaceae para a Caatinga os quais foram aplicados para avaliar o efeito dos impactos ambientais na distribuição de populações de Cactaceae, conhecer a distribuição e tamanho das populações da família, com o intuito de contribuir com informações novas a cerca de sua distribuição atual e futura para uso em estratégias e planos de conservação.

REFERÊNCIAS

ALEIXO, A.; ALBERNAZ, A. L.; GRELLE, C. E. V.; VALE, M. M.; RANGEL, T. F. Mudanças climáticas e a biodiversidade dos biomas brasileiros: Passado, Presente e Futuro. **Natureza e Conservação**, v. 8, n. 2, p. 194–196, 2010.

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Ateliê Editorial, São Paulo, Brasil. 2003. 159 p.

DRUMOND, M. A.; KILL, L. H. P.; LIMA, P. C. Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga. **Seminário: Biodiversidade da Caatinga**. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/florestas/gef.html>>. Acesso em 18 de abril de 2018.

CARDOSO, D. B. O. S.; QUEIROZ, L. P. Floristic composition of Seasonally Dry Tropical Forest fragments in Central Bahia, Northeastern Brazil. **Journal of the Botanical Research Institute of Texas**, v. 2, p. 551-573, Jul. 2008.

EMBRAPA. Agência Embrapa de informação e tecnologia. Disponível <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g798rt3p02wx5ok0wtedt3n17xgwk.html>. Acesso em 18 de abril de 2018.

GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P.; BARBOSA M. R. V.; BOCAGE-NETA A. L.; FIGUEIREDO, M. A. 2002. Espécies endêmicas da caatinga. In: SAMPAIO, E. V. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA ROJAS, C. (eds.). **Vegetação e flora da caatinga. Associação Plantas do Nordeste** - APNE/CNIP, Recife. Pp. 103-118.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Summary for policymakers. climate change 2007: The physical science basis , 2007 **Working Group I Contribution to IPCC. Fourth assessment report: Climate change 2007**, Geneva.

LINARES-PALOMINO, R.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; PENNINGTON, R. T. Neotropical seasonally dry forests: diversity, endemism and biogeography of woody plants. In: DIRZO, R.; YOUNG, H. S.; MOONEY, H. A.; CEBALLOS, G.; editors. **Seasonally Dry Tropical Forests: ecology and conservation**. Washington, DC: Island Press; 2011. p. 3-21.

LUCENA, C. M.; CARVALHO, T. K. N.; RIBEIRO, J. E. S.; QUIRINO, Z. G. M.; CASAS, A.; LUCENA, R. F. P. Conhecimento botânico tradicional sobre cactáceas no semiárido do Brasil. **Gaia scientia**. Edição especial Cactaceae, v. 9, n. 2, p.77-90, 2015.

MARENCO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade - caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 2ª ed. Ministério do Meio Ambiente. v.1, p.214, 2006.

MORO, M. F.; NIC LUGHADHA, E.; ARAÚJO, F. S.; MARTINS, F. R. A Phytogeographical metaanalysis of the semiarid Caatinga domain in Brazil. **The Botanical Review**, v. 82, p. 91-148, 2016.

ZAPPI, D.; TAYLOR, N.; SANTOS, M. R. 2011. Parte I: Conservação das Cactaceae do Brasil. In: SILVA, R. S.; ZAPPI, D.; TAYLOR, N.; Machado, M. **Plano de ação nacional para a conservação das Cactaceae**. Brasília-DF: Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade, p. 27-28.

TAYLOR, N. & ZAPPI, D. **Cacti of Eastern Brazil**. Richmond: Royal Botanic Gardens, Kew. 2004, p. 500.

ZAPPI, D.; TAYLOR, N.; SANTOS, M. R.; LAROCCA, J. 2015. Cactaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB70>>. Acesso em 15 abr. 2018.

CAPÍTULO 1

METADADOS COMO FONTE DE CONTRIBUIÇÕES AO ENTENDIMENTO DA DISTRIBUIÇÃO E CONSERVAÇÃO DE CACTACEAE NO NORDESTE BRASILEIRO

METADADOS COMO FONTE DE CONTRIBUIÇÕES AO ENTENDIMENTO DA DISTRIBUIÇÃO E CONSERVAÇÃO DE CACTACEAE NO NORDESTE BRASILEIRO

RESUMO: As compilações de estudos florísticos e fitossociológicos são elucidativas para entendimento de distribuição de espécies, inferências biogeográficas e até mesmo para avaliação da conservação de espécies a ecossistemas e também para desmistificar a ideia que a caatinga é uma unidade vegetacional homogênea como aponta alguns autores. Aos poucos esta ideia vem sendo refutada, por conta da forte relação entre o substrato e a variação da vegetação de caatinga podendo caracterizar as diferentes formações da caatinga. Em geral, as características ambientais das florestas secas refletem em grande diversidade de plantas suculentas adaptadas ao clima seco como as Cactaceae. A maior parte da caatinga encontra-se sobre solos cristalinos os quais predominam na paisagem, as bacias sedimentares que ali se encontram também apresentam uma função importante na composição da biota dos ambientes de caatinga. Desta forma o objetivo do presente estudo foi avaliar se existe diferença na distribuição de Cactaceae sob os diferentes tipos de formações (sedimentares e cristalinas) tanto em riqueza florística, quanto na densidade por espécies e avaliar o grau de conservação das áreas de caatinga levantadas. Para obtenção dos dados foi realizada uma revisão de estudos florísticos e fitossociológicos para áreas do Domínio Fitogeográfico Caatinga a partir de pesquisas bibliográficas. A partir dos estudos florísticos foi construída uma matriz de similaridade para avaliar a relação das diferentes áreas de caatinga. Ao todo foram selecionadas 48 áreas que traziam espécies de Cactaceae. Foram compiladas para o domínio fitogeográfico Caatinga 34 espécies, pertencentes a 14 gêneros de Cactaceae. Dentre os táxons levantados *Cereus jamacaru* DC. foi a espécie que apresentou maior ocorrência, aparecendo em 17 áreas, seguido por *Pilosocereus gounellei* (F.A.C.Weber) Byles & Rowley, encontrado em 11 estudos e *Tacinga inamoena* (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy em 10. A análise de agrupamento resultou na formação de 10 grupos. Com grupos bem relacionados em relação ao tipo de solo. Houve diferença também na diversidade e densidade de espécies relacionadas com o grau de conservação da caatinga.

Palavras-chave: Caatinga cristalina; Caatinga sedimentar; Diversidade; Florestas secas

METADATA AS A SOURCE OF CONTRIBUTIONS TO UNDERSTANDING THE DISTRIBUTION AND CONSERVATION OF CACTACEAE IN THE BRAZILIAN NORTHEAST

ABSTRACT: The compilations of floristic and phytosociological studies are useful for understanding the distribution of species, biogeographic inferences and even for the evaluation of the conservation of species to ecosystems and also to demystify the idea that the caatinga is a homogeneous vegetation unit as some authors point out. Gradually this idea has been refuted, due to the strong relationship between the substrate and the variation of the caatinga vegetation, which can characterize the different formations of the caatinga. In general, the environmental characteristics of the dry forests reflect in great diversity of succulent plants adapted to the dry climate like the Cactaceae. Most of the caatinga is found on crystalline soils that predominate in the landscape, the sedimentary basins that are also present an important function in the composition of the biota of caatinga environments. In this way the objective of the present study was to evaluate if there is a difference in the distribution of Cactaceae under different types of formations (sedimentary and crystalline) in both floristic richness and density by species and to evaluate the degree of conservation of the raised caatinga areas. To obtain the data, a review of floristic and phytosociological studies for areas of the Phytogeographical Domain Caatinga was carried out based on bibliographical research. From the floristic studies a similarity matrix was constructed to evaluate the relation of the different caatinga areas. In all, 48 areas were selected that brought species of Cactaceae. A total of 34 species belonging to 14 genera of Cactaceae were compiled for the phytogeographic domain Caatinga. Among the taxa raised, *Cereus jamacaru* DC. was the most frequent species, appearing in 17 areas, followed by *Pilosocereus gounellei* (F.A.C.Weber) Byles & Rowley, found in 11 studies and *Tacinga inamoena* (K.Schum.) NPTaylor & Stuppy in 10. The clustering analysis resulted in the formation of 10 groups. With groups well related to the type of soil. There was also a difference in the diversity and density of species related to the degree of conservation of the caatinga.

Key words: Crystalline caatinga, Sedimentary caatinga; Diversity; Dry forests

1. INTRODUÇÃO

Compilações de estudos florísticos e fitossociológicos são elucidativos para entendimento de distribuição de espécies, inferências biogeográficas e até mesmo para avaliação da conservação de espécies e ecossistemas (CARDOSO & QUEIROZ 2007; MORO et al., 2016). Tais estudos têm sido bastante utilizados para o entendimento da vegetação de caatinga, a qual é o principal tipo de vegetação do Domínio Fitogeográfico da Caatinga, um dos maiores núcleos de florestas secas do mundo (LINARES-PALOMINO, 2011; (MORO et al. 2014; MORO et al., 2016).

A caatinga é caracterizada, principalmente, por ser uma vegetação decídua adaptada ao clima semiárido que é marcado, principalmente, por sazonalidade climática, com chuvas escassas e distribuídas irregularmente (SILVA et al., 2004; PENNINGTON et al., 2000). Por conta dessa forte adaptabilidade a condições extremas, a caatinga apresenta elevada diversidade de espécies, incluindo uma alta taxa de riqueza de espécies endêmicas (TAYLOR & ZAPPI 2004; CARDOSO & QUEIROZ 2007). Essa alta diversidade pode ser explicada pelo fato de que durante as oscilações climáticas que ocorreram no Pleistoceno e Quaternário, durante os períodos mais úmidos, presume-se que uma extensa parte do Nordeste brasileiro seria coberta por diferentes tipos de formações florestais, onde as espécies não arbóreas ficavam isoladas em áreas mais altas e abertas sem presença de cobertura arbórea e as áreas mais protegidas serviam de refugio para as espécies florestais, a qual atualmente é representada pelas florestas de brejo incorporadas em regiões da caatinga. (GIULIETTI et al., 2004). Com tudo, durante as estações mais secas, as áreas mais altas caracterizadas por apresentarem rochas expostas e relevo mais acentuado retinham maior umidade atmosférica (GIULIETTI et al., 2004). Esses diferentes tipos de formações vegetais os quais provavelmente recobriam grande parte da região que se encontra atualmente a caatinga associado às oscilações climáticas que ocorreram na região Nordeste, influenciando no clima, formação geológica e regimes de chuva são os grandes responsáveis pela elevada riqueza de espécies vegetais da caatinga.

Este tipo de vegetação geralmente tem sido considerado como uma unidade vegetacional homogênea em estudos que analisam a sua composição florística para inferências biogeográficas e/ou ecológicas em escalas amplas (PENNINGTON et al. 2000; OLIVEIRA-FILHO et al. 2006). Esta ideia vem aos poucos sendo refutada, por conta da forte relação entre o substrato e a variação da vegetação de caatinga (QUEIROZ 2006), evidenciada em diferentes perspectivas: escala local em uma área de caatinga (COSTA et al. 2005) e distribuição de espécies de Leguminosae (CARDOSO & QUEIROZ 2007). Provavelmente, essa diversidade de tipos de vegetação corresponde primariamente às grandes unidades geomorfológicas e, secundariamente, à variação na intensidade do déficit hídrico (QUEIROZ 2006) e ao substrato associado (ROCHA et al. 2004; COSTA et al. 2015).

Estudos sobre diversidade, distribuição e endemismo de Leguminosae em áreas de caatinga fisionomicamente similares têm mostrado que a caatinga está dividida em biotas historicamente distintas (QUEIROZ 2006; CARDOSO & QUEIROZ 2007). Nas quais, as fitofisionomias sobre superfícies sedimentares arenosas apresentam maior densidade de indivíduos por espécies do que as áreas de caatinga associadas a embasamento cristalino (ANDRADE LIMA 1981; RODAL 1992; ROCHA et al. 2004; QUEIROZ 2006; CARDOSO & QUEIROZ 2007). Ainda é perceptível a composição florística diferente entre os dois substratos (ROCHA et al. 2004; GOMES et al. 2006; QUEIROZ 2006; CARDOSO & QUEIROZ 2007; SANTOS et al. 2012; MORO et al. 2012; COSTA et al. 2015; MORO et al. 2016).

Em geral, as características ambientais das florestas secas refletem em grande diversidade de plantas suculentas adaptadas ao clima seco como as Cactaceae (PENNINGTON et al. 2000; TAYLOR & ZAPPI 2004; MORO et al., 2016; CLIMATE-DATE.ORG 2018). Sendo o leste do Brasil o terceiro centro de diversidade da família com 39 gêneros e 254 espécies (ZAPPI et al. 2015). MORO et al. 2014 e QUEIROZ et al. (2017) compilaram informações de Cactaceae no contexto da caatinga, entretanto não se tem informações acerca da associação de Cactaceae com as distintas fisionomias de caatinga.

Diante do exposto questionamos: existe diferença na distribuição de Cactaceae sobre os diferentes tipos de formações geomorfológicas ou geológicas as quais diferenciam em sua composição florística e na densidade

de indivíduos/espécies nas diferentes fisionomias de caatinga? As áreas de caatinga conservadas apresentam maior riqueza e densidade de indivíduos/espécies em relação às demais áreas analisadas?

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparação dos dados:

Foi realizada uma revisão de estudos florísticos e fitossociológicos publicados para áreas do Domínio Fitogeográfico Caatinga a partir de pesquisas bibliográficas disponíveis nos seguintes sites de pesquisas: Scielo, Periódicos Capes e repositórios (Tabela 1). Os critérios de seleção dos estudos foram à presença de espécies de Cactaceae nas amostragens com o respectivo voucher para a conferência da identificação. Para os estudos fitossociológicos foram escolhidos apenas os que apresentavam o parâmetro densidade (absoluta ou relativa).

Os tipos de formações geomorfológicas, ecorregiões e coordenadas foram úteis para classificar a caatinga nos diferentes tipos de fisionomia. A vegetação de caatinga foi categorizada em quatro fisionomias (MORO et al., 2016): **sedimentares**, onde os solos são mais profundos e com maior retenção de água e a vegetação geralmente é menos decídua do que a da caatinga; **crystalina** onde os solos são mais rasos e cerca de 26% da vegetação lenhosa perde as folhas no período seco, enquanto foi observado que na caatinga sedimentar 50% das espécies lenhosas mantêm a folhagem mesmo nos períodos mais secos (ROCHA et al., 2004); caatinga **arbórea**, que é uma vegetação mais de transição entre a caatinga e o cerrado e é caracterizado por apresentar uma vegetação com maior porte e por fim a caatinga **ribeirinha**, que é uma vegetação que segue os leitos dos rios e se caracteriza por apresentar na maioria das vezes a vegetação sempre verde (MORO et al., 2016).

Para a categorização sobre status de conservação, foram classificadas as áreas em três categorias: **áreas antropizadas** (foram consideradas áreas mexidas, seja por corte da vegetação ou por utilização do solo pela agricultura ou pecuária); **núcleo de desertificação** (áreas que passam/passaram por processo de perda de cobertura vegetal) e **áreas conservadas** (todas as áreas

com mais de 20 anos sem uso e as áreas em unidades de conservação). Tais informações foram extraídas dos próprios artigos selecionados (Tabela 1).

A partir dos estudos florísticos foi construída uma matriz de similaridade combinando a lista de espécies das diferentes áreas de caatinga, com os nomes das espécies atualizados de acordo com a flora do Brasil. As análises de similaridade das áreas foram executadas no programa PAST (HAMMER et al., 2001). Os parâmetros fitossociológicos de densidade relativa e número de indivíduos foram todos transformados em densidade absoluta para possibilitar comparações (Tabela 2). Após a padronização foi efetuada uma análise de NMDS (Escalonamento multidimensional não métrico) utilizando o Bray-Curtis como medida de similaridade, com base nos dados de densidade das espécies de Cactaceae no programa PAST (HAMMER et al. 2001).

3. RESULTADOS

Ao todo foram selecionados 48 estudos (24 relacionadas a estudos florísticos e 24 relacionadas a estudos fitossociológicos) que traziam a ocorrência de espécies de Cactaceae. As características e referências de cada artigo estão listadas na tabela 1.

3.1.1 Espécies de Cactaceae presentes em levantamentos florísticos da caatinga- Foram compiladas para o domínio fitogeográfico Caatinga 34 espécies, pertencentes a 14 gêneros de Cactaceae. Dentre os táxons levantados *Cereus jamacaru* DC. foi a espécie que apresentou maior ocorrência, aparecendo em 17 áreas, seguido por *Pilosocereus gounellei* (F.A.C.Weber) Byles & Rowley, encontrado em 11 estudos e *Tacinga inamoena* (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy em 10 estudos. Mais de 50% das espécies apresentaram apenas um registro.

Ao se analisar as fisionomias de caatinga foram registradas 26 espécies para solos sedimentares, 10 espécies para solos cristalinos, três espécies para área de transição, nove espécies para caatinga arbórea e uma espécie para caatinga ribeirinha (Tabela 3).

Foi possível observar a ocorrência de espécies exclusivas para as fisionomias de caatinga. Sendo 15 espécies exclusivas para áreas sobre solos sedimentares, e cinco espécies exclusivas para áreas sobre solos cristalinos (Tabela 4).

Apenas *Tacinga inamoena* foi comum entre as áreas arenosas, sedimentares, transição (sedimentar/cristalina) e caatinga ribeirinha e *Cereus jamacaru* a espécie em comum para as áreas arenosas, sedimentares e caatinga arbórea. Não houve espécie comum a todas as áreas.

Cereus jamacaru, *Pilosocereus gounellei*, *P. pachycladus*, *P. catingicola*, *Tacinga inamoena*, *T. palmadora* e *Melocactus zehntneri* foram encontrados tanto em solos sedimentares quanto arenosos.

Das 34 espécies encontradas nos estudos de levantamentos florísticos de Caatinga, 14 espécies encontram-se na lista vermelha da flora ameaçada de extinção (MARTINELLI & MORAES 2012). São elas: *Tacinga palmadora* (LC), *Brasiliopuntia brasiliensis* (LC), *Epiphyllum phyllanthus* (LC), *Pereskia aculeata* (LC), *Rhipsalis flocosa* (LC), *Espostopsis dybowiskii* (EM), *Hylocereus setaceus* (LC), *Pereskia aureiflora* (VU), *Pereskia bahiensis* (LC), *Tacinga funallis* (DD), *Tacinga inamoena* (DD), *Pseudocanthuscereus brasiliensis* (DD), *Pilocereus piauiensis* (LC) e *Opuntia monacantha* (LC). Esse resultado reflete que 41% do total das espécies amostradas, encontram-se ameaçadas representando grande preocupação no futuro destas espécies. *Espostopsis dybowiskii* encontra-se ainda na lista oficial das espécies endêmicas da flora ameaçadas de extinção do estado da Bahia (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE-BA 2017).

3.1.2 Análise de similaridade florística - O coeficiente de correlação cofenética após o agrupamento de similaridade entre as diferentes áreas de caatinga foi de 0,843.

A análise de agrupamento resultou na formação de 10 grupos (Fig. 2) considerando um corte de 50% de similaridade. Com grupos bem relacionados em relação ao tipo de formação geomorfológica, com apenas um grupo que não apresenta similaridade com os demais (grupo 8), o qual é formado por áreas denominadas arbóreas e que seu agrupamento é fortemente influenciado pela presença de *Brasiliopuntia brasiliensis*. O grupo 1 inclui áreas que ocorrem

em diferentes tipos de formações, desde superfícies sedimentares, solos arenosos e a denominada caatinga arbórea. Já o grupo 2, 3^{1,5}, 6 e 7 inclui todas as áreas sobre formação sedimentar. O grupo 7 é a área de Caatinga da Floresta Nacional de Contendas do Sincorá, Bahia (FLONA de Contendas do Sincorá), a qual é o único estudo de caatinga que apresenta um levantamento florístico focado em Cactaceae e também único estudo que apresenta dados ecológicos sobre suas populações (PEIXOTO et al. 2016; RIBEIRO-SILVA et al. 2016).

Nos grupos 4 e 3² (fig. 2) estão inseridas as áreas sobre formações cristalinas. O grupo 8 está presente as áreas de Caatinga arbórea e por final o grupo 9 e 10 onde estão as áreas de transição entre sedimentar/cristalino com um ramo no grupo 9 pertencente a um área de caatinga ribeirinha.

3.1.3 Densidade de espécies de Cactaceae na caatinga – A densidade absoluta total de Cactaceae é de 8037,65 ind.ha⁻¹, quando divididos pelos 112 registros das espécies, dá uma média de 73,07 ind.ha⁻¹ de Cactaceae encontrada nos 24 estudos fitossociológicos, tais indivíduos são pertencentes a 20 espécies e distribuídas em 10 gêneros. *Pilosocereus gounellei* foi à espécie com maior densidade absoluta com 3034,93 ind.ha⁻¹, seguido de *Tacinga palmadora* com 1333,52 ind.ha⁻¹, enquanto *Pereskia aureiflora* a espécie com menor densidade 0,55 ind.ha⁻¹. Em relação ao número de espécies, os gêneros mais representativos foram *Pilosocereus* (4 sp.), *Tacinga* e *Pereskia* (3 sp.) cada. Os dados estruturais apontaram que todas as áreas analisadas apresentaram predominantemente espécies de hábito arbustivo (Tabela 3).

O agrupamento encontrado com a análise NMDS evidenciou separação das espécies conforme o substrato arenoso, cristalino, transição, ribeirinha e arbórea com os seguintes valores para os eixos: Eixo 1: 35% e no Eixo 2: 29% (Fig. 3). A análise demonstrou uma graduação entre o ambiente cristalino para o ambiente sedimentar, onde foi evidenciada uma maior diversidade de espécies de Cactaceae nas áreas de caatinga sedimentar.

3.1.4 Densidade de Cactaceae para compreensão de conservação da Caatinga - As áreas de desertificação foi a que apresentou o menor número de espécies, sendo representada apenas *Pilosocereus gounellei*, com densidade

absoluta de 3,69 ind.ha⁻¹. Já as áreas antropizadas apresentaram cerca de dez espécies, a maioria das espécies apresentando baixa densidade, porém algumas espécies se destacaram principalmente aquelas que apresentam elevada taxa de propagação vegetativa, como: *Pilosocereus gounellei* com densidade absoluta total de 2890,99 ind.ha⁻¹, *Tacinga palmadora*, 1063,82 ind.ha⁻¹, *Tacinga inamoena*, 950 ind.ha⁻¹ e *Cereus jamacaru* 189,16 ind.ha⁻¹.

As áreas conservadas foram as que apresentaram maior riqueza de espécies, totalizando 18 espécies registradas. Entre as áreas conservadas a espécie que apresentou maior densidade absoluta foi *Cereus jamacaru* 765,56 ind.ha⁻¹, *Pilosocereus* sp. (= *P. glausensis*) 445 83 ind.ha⁻¹, *Tacinga palmadora* com 551,66 ind.ha⁻¹. (Tabela 2).

Pilosocereus gounellei foi à espécie mais comum, ocorrendo em todas as áreas analisadas. Enquanto *Pilosocereus pentaedrophorus* foi encontrado apenas na área antropizada.

Dentre as espécies levantadas nos estudos fitossociológicos, oito são endêmicas para a Caatinga (*T. palmadora*, *T. inamoena*, *H. adscendens*, *T. funalis*, *P. bahiensis*, *C. albicaulis*, *S. leucostele* e *P. aureiflora*) e seis (*T. palmadora*, *P. bahiensis*, *T. inamoena*, *T. funalis*, *P. grandifolia* e *P. aureiflora*) encontram-se na lista vermelha da flora ameaçada de extinção (MARTINELLI & MORAES 2012), destas, três encontram-se apenas em áreas de caatinga conservada e as outras tanto em áreas antropizadas quanto conservadas, destacando que *T. palmadora* e *T. inamoena* apresentam maior densidade nas áreas antropizadas.

5. DISCUSSÃO

Embora a Caatinga seja um domínio com uma grande riqueza de espécies de Cactaceae ocorrendo em torno de 122 espécies das quais 63 são endêmicas (ZAPPI et al., 2015), somente 27,88% dessas espécies foram amostradas em estudos florísticos e 15,57% em estudos fitossociológicos. Cabe ressaltar que foi encontrado apenas um estudo que abordava exclusivamente aspectos florísticos e estruturais de Cactaceae (RIBEIRO-SILVA et al. 2016). Entender como estas espécies estão distribuídas nos diferentes tipos de caatinga também é importante para entender o padrão de

distribuição da família e saber se essa distribuição está relacionada ou não com o tipo de formação do solo, por conta da caatinga apresentar diferentes formações de composição de solos que apresentam origens geológicas distintas.

No caso de Cactaceae, as formações cristalinas foram os ambientes em que as espécies melhor se estabeleceram segundo a análise de NMDS apresentando maior densidade absoluta, este tipo de formação compõe a maior parte do semiárido brasileiro e sua formação geológica foi decorrente de processos de erosão durante o período Terciário, o qual expôs o embasamento granítico e gnáissico pré-cambriano da região, esta formação geralmente apresenta solos rasos, rochosos e ricos em nutrientes (AB'SÁBER, 1974; MORO et al., 2016; PINHEIRO et al., 2010 ; ARAÚJO et al., 2011; MARQUES et al., 2014). Cactaceae por apresentar grande afinidade por ambientes de *Inselberg*, afloramentos rochosos e pedregosos (TAYLOR & ZAPPI 2004), podem ter encontrado nesse tipo de formação o habitat ideal para se estabelecerem. Embora as áreas de ambientes cristalinos apresentem maior densidade para a família, foram os ambientes sedimentares, caracterizados por apresentarem solos mais profundos, com maior capacidade de armazenamento de água que apresentaram maior diversidade de espécies para a família Cactaceae. Essa elevada diversidade pode ser atribuída a fatores ambientais como: regime de chuvas, temperatura e também composição físico-química do solo favorável para a ocorrência de um maior número de espécies (FRAGA et al., 2012; MORO et al., 2016). Essa característica onde o solo apresenta um melhor potencial para armazenamento de água em formações sedimentares também pode ser um fator para explicar a riqueza de espécies nestas áreas, já que o regime hídrico é um dos grandes responsáveis pela distribuição de espécies vegetais.

A caatinga considerada ribeirinha as quais são áreas que seguem os leitos dos rios. Nas análises de NMDS e similaridade estão associadas às espécies ocorrentes em ambientes cristalinos. MORO et al. (2016) incorporou estas áreas como subtipos de caatingas cristalinas, já que estes ambientes estão inseridos nas mesmas ecorregiões e apresentando características com o embasamento cristalino. Já a caatinga arbórea teve apenas um representante

comum à formação sedimentar, *Pereskia bahiensis*, não podendo relacionar esta área com nenhuma outra.

A análise de similaridade demonstrou uma forte associação de Cactaceae com as formações sedimentares e cristalinas, onde foi encontrada a maioria das espécies levantadas. Essa similaridade entre as áreas as quais comportam diferentes estados do semiárido brasileiro evidencia que a caatinga apresenta uma diversidade florística distinta e que Cactaceae junto com Leguminosae (CARDOSO & QUEIROZ 2007) formam bons marcadores de fitofisionomia para este domínio, aparecendo em todas as áreas de Caatingas estudadas.

O grupo 4 (fig. 2) é o grupo que apresentou maior diversidade de espécies de Cactaceae ocorrendo sobre solos cristalinos e similarmente ligados pela presença de *Cereus jamacaru*, *Tacinga palmadora*, *T. inamoena* e *Pilosocereus gounellei*. Este grupo reforça a ideia de heterogeneidade da caatinga (QUEIROZ & CARDOSO 2004), pois essas áreas são biogeograficamente semelhantes, já que são áreas geograficamente distintas encontradas entre os estados de Pernambuco, Sergipe, Bahia e Paraíba.

A análise de similaridade junto com a análise de NMDS feita com base na distribuição de Cactaceae reforça a ideia de QUEIROZ (2006), COSTA et al. (2015) e MORO et al. (2016) em que a caatinga, apesar de núcleo de floresta seca ela apresenta uma biota variada, e não deve ser tratada como uma única unidade vegetacional.

Em relação ao nível de conservação das espécies entre as áreas antropizadas, conservadas e núcleo de desertificação, as áreas conservadas apresentaram maior diversidade de espécies. Os resultados vão de acordo com levantamento florísticos realizados em áreas de caatinga, onde as áreas antropizadas apresentam maior dominância de poucas espécies e menor diversidade enquanto as áreas conservadas apresentam maior diversidade de espécies e menor densidade, no caso de Cactaceae, essas espécies que apresentam maior dominância são caracterizadas por apresentarem uma elevada taxa de propagação principalmente vegetativa (SANTOS 2010; NASCIMENTO et al. 2015).

O núcleo de desertificação apresentou apenas *Pilosocereus gounellei*, que é uma espécie típica de ambientes abertos, apresenta elevadas taxas de

propagação tanto vegetativa quanto por sementes e isso pode explicar sua ocorrência em um ambiente tão adverso (TAYLOR & ZAPPI 2004; NASCIMENTO et al., 2015).

Esses resultados corroboram a tendência ecológica em que na natureza poucas espécies são abundantes, e nas áreas antropizadas esse padrão ecológico foi bem evidenciado, apresentando uma elevada dominância de poucas espécies (as mais generalistas) (MAGURRAN 2006). Geralmente, espécies mais resistentes, denominadas pioneiras, em alguns casos acabam inibindo a densidade de outras espécies, enquanto os ambientes conservados tendem a apresentar maior riqueza de espécies com populações estabilizadas (MARURRAN 2006; MC GILL et al. 2007). Diversos fatores interferem no padrão de densidade e diversidade de espécies, como temperatura, índices pluviométricos, propriedades do solo, dispersão, produção de sementes viáveis e a interferência do homem (PETERS 2002; SALO 2004), o que pode ter acontecido com as espécies nas áreas analisadas.

Vale ressaltar que dentre as espécies listadas, algumas delas como *Pilosocereus gounellei*, *Tacinga inamoena*, *T. palmadora* e *Cereus jamacaru* são espécies muito utilizadas pela comunidade local da caatinga, principalmente na alimentação animal e na utilização da madeira, os próprios moradores dessas áreas relataram que no passado a densidade de indivíduos era maior que atualmente na região (LUCENA et al. 2015). DUQUE (2004) também fez menção do uso de Cactaceae pelo povo sertanejo principalmente no período de estiagem, destacando que não há um manejo sustentável dessas espécies, não fazendo o replantio, o que pode levar a extinção local de muitas espécies.

Desta forma os estudos florísticos e fitossociológicos que abordaram coletas de Cactaceae, realizados para as áreas de caatinga, ajudaram a evidenciar a ideia de Queiroz (2006) em que a caatinga é uma biota distinta dos outros núcleos de florestas secas e as Cactaceae formaram um bom marcador para distinguir a biota da caatinga, onde algumas espécies caracterizam similaridade com outras áreas de caatinga mesmo sendo geograficamente distantes, mostrou também que as espécies de Cactaceae encontradas formam grupos distintos entre as caatingas cristalinas e

sedimentares com diferença na composição, evidenciando que estes dois ambientes apresentam formações florísticas diferenciadas.

Estes dados são importantes para demarcações de novas áreas prioritárias para conservação de Cactaceae, já que algumas espécies estão restritas a determinados ambientes aumentando ainda mais seu risco de extinção e também muitas espécies que se encontram vulneráveis, encontra-se em áreas antropizadas, apresentando baixa densidade de indivíduos com exceção de *Tacinga palmadora* e *T. inamoena*, as quais geralmente apresentam maior densidade absoluta por apresentarem propagação vegetativa, estas espécies encontram-se expostas diretamente a riscos de corte e coleta ilegal aumentando ainda mais suas chances de extinção.

Tabela 1- Lista dos artigos consultados para amostragem dos dados fitossociológicos.

N°	Estado	Autor	Tipo de levantamento	Estado de conservação	Formação geomorfológica
1	RN	COSTA, T. C. C.; OLIVEIRA, M. A. J; ACCIOLY, L. J. O.; SILVA, F. H. B. B.	fitossociológico	Núcleo de desertificação	X
2	PB	QUEIROZ, J. A.; TROVÃO, D. M. B. M.; OLIVEIRA, A. B.; OLIVEIRA, E. C. S.	fitossociológico	Área antropizada	X
3	PB	ANDRADE, L. A.; OLIVEIRA, F. X.; NEVES C. M. L, FÉLIX L. P.	fitossociológico	Área conservada	X
4	PB	PEREIRA JÚNIOR, L. R.; A. P.; DE ANDRADE. ARAÚJO, K. D.	fitossociológico	Área conservada	X
5	PE	FABRICANTE, J. R.; ANDRADE, L. A. DIAS TERCEIRO, R. G.	fitossociológico	Área antropizada	X
6	RN	SANTANA, J. A. S; SOUTO, J. S;	fitossociológico	Área conservada	X
7	BA	SANQUETTA, M. N. I.; CORTE, A. P. D., SANQUETA, C. R; RODRIGUES A. L; MONGON F.	fitossociológico	Área antropizada	X
8	CE	BRAULIO, G. L; COELHO, M. F. B.	fitossociológico	Área conservada	X

Continuação tabela 1

9	RN	SANTANA, J. A. S; SANTANA JÚNIOR, J. A. S; BARRETO, W, S.; SANTANA, A. T. S.	fitossociológico	Área conservada	X
10	MG	SANTOS, R. M; BARBOSA, A. C. M; CAMPOS, A.; HISAIAS, S., VIEIRA, F. A.; SANTOS, P. F; CARVALHO, D. A; OLIVEIRA-FILHO, A. T.	fitossociológico	Área antropizada	X
11	PE	CALIXTO JÚNIOR, J. T.; DRUMOND, M. A.	fitossociológico	Área conservada	X
12	PB	ARAÚJO, K.D.; PARENTE, H.N.; ÉDER-SILVA, E.; RAMALHO, C.I.; DE ANDRADE, A.P.; DA SIVA, D.S.	fitossociológico	Área antropizada	X
13	PE	J. T. CALIXTO JÚNIOR; DRUMOND, M. A.	fitossociológico	Área conservada	X
14	RN	BENEVIDES, D.S.; MARACAJÁ, P. B.; SIZENANDO-FILHO, F.A.; GUERRA, A.M.N.M.; PEREIRA, T.F. C.	fitossociológico	Área antropizada	X
15	PE	NASCIMENTO, C. E. S; RODAL, M. J. N; CAVALCANTI, A. C.	fitossociológico	Área conservada	X
16	PI	LEMOS, J. R.; RODAL, M. J. N.	fitossociológico	Área conservada	X

Continuação tabela 1

17	PI	OLIVEIRA, M. E. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CASTRO, A. A. J. F.; RODAL, M. J. N.	fitossociológico	Sem dados da vegetação	X
18	PE	ALCOFORADO-FILHO, F. G.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N.	fitossociológico	Área conservada	X
19	PB	TROVAO, D. M. DE B. M.; FREIRE, A. M.; MELO, J. I. M.	fitossociológico	Área conservada	X
20	RN	ANDRADE, L. A.; FABRICANTE, J. R.; OLIVEIRA, F. X.	fitossociológico	Área antropizada	X
21	PE	RODAL, M. J. N.; MARTINS, F. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.	fitossociológico	Sem dados da vegetação	X
22	PB	PARENTE, H. N. ET AL.	fitossociológico	Área antropizada	X
23	BA	COSTA, G.M.	fitossociológico	Área conservada/área antropizada	X
24	BA	RIBEIRO-SILVA, S.; MEDEIROS, M. B.; LIMA, V. F.; PEIXOTO, M. R.; AONA, L. Y. S.	fitossociológico	Área conservada	X
25	BA	ROCHA, P. L. B; QUEIROZ, L. P; PIRANI, J. R.	florístico	X	Caatinga sedimentar
26	PE	PINHEIRO, K; RODAL, M. J. N; ALVES, M.	florístico	X	Caatinga de transição

Continuação tabela 1

27	CE	LIMA, J. R; SAMPAIO, E. V. S. B; RODAL, M. J. N; ARAÚJO, J. S.	florístico	X	Caatinga sedimentar
28	CE	COSTA, R. C; ARAÚJO, F. S; LIMA- VERDE, L. W.	florístico	X	Caatinga cristalina
29	SE	SILVA, A. C. C; PRATA, A. P. N; MELLO, A. P.	florístico	X	Caatinga sedimentar
30	BA	CARDOSO, D; QUEIROZ, L. P.	florístico	X	Caatinga arbórea
31	SE	MACHADO, W. J; PRATA, A. P. N; MELLO, A. P.	florístico	X	Caatinga sedimentar
32	BA	COSTA, G. M; CARDOSO, D; QUEIROZ, L. P; CONCEIÇÃO, A. A.	florístico	X	Caatinga de transição S/C
33	BA	PEIXOTO, M. R; ZAPPI, D. C; RIBEIRO- SILVA, S; COSTA, G. M; AONA, L. Y. S.	florístico	X	Caatinga sedimentar
34	PE	SILVA, E. C. A; LOPES, I. S; SILVA, J. L.	florístico	X	Caatinga de transição S/C
35	PB	SOUZA, B. I; MENEZES, R; ARTIGAS, R. C.	florístico	X	Caatinga sedimentar
36	CE	LEMONS, J. R; MEGURO, M.	florístico	X	Caatinga de transição
37	PB	FERREIRA, T.C; SOUZA, J. T.A; XAVIER, J. F.	florístico	X	Ribeirinha

Continuação tabela 1

38	PI	MENDES, M. R. A. & CASTRO, A. A. J. F.	florístico	X	Transição sedimentar/cristalina
39	PE	FERRAZ, E. M. N.; RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PEREIRA, R. C. A.	florístico	X	Sedimentar
40	MG	SANTOS, R. M.; VIEIRA, F. A.; FAGUNDES, M.; NUNES, Y. R. F.; GUSMÃO, E.	florístico	X	Caatinga arbórea
41	PE	SILVA, K. A.; ARAÚJO, E. L.; FERRAZ, E. M. N.	florístico	X	Caatinga de transição
42	PE	RODAL, M. J. N.; NASCIMENTO, L. M.; MELO, A. L.	florístico	X	
43	PE	SILVA, ARAÚJO & FERRAZ	florístico	X	Caatinga de transição
44	PE	SOUZA, J. A. N.; RODAL, M. J. N.	florístico	X	Caatinga ribeirinha
45	PB	ARAÚJO, K. D.; PARENTE, H. N.; ÉDER-SILVA, E.; RAMALHO, C. S.; DANTAS, R.T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.	florístico	X	Caatinga sedimentar
46	PB	LACERDA, A. V.; NORDI, N.; BARBOSA, F. M.; WANTANBLE, T.	florístico	X	Caatinga sedimentar

Continuação tabela 1

47	PB	ARAUJO, K. D.; PARENTE, H. N; ÉDER-SILVA, E.; RAMALHO, C. I.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P. & SILVA. D, S.	florístico	X	Caatinga cristalina
48	PE	RODAL, M. J. N.; NASCIMENTO, L. M.; MELO, A. L.	florístico	X	Catinga sedimentar
49	PE	COSTA, K. C; LIMA, A. L. A; FERNANDES, F. H. M; SILVA, M. C. N. A; SILVA, A. C. B. L; RODAL, M. J. N.	florístico	X	Caatinga cristalina
50	PB	FARIAS, R. C; LACERDA, A. V; GOMES, A. C; BARBOSA, F. M; DORNELAS, C. S. M.	florístico	X	Caatinga sedimentar

Tabela 2 – Densidade absoluta de Cactaceae ocorrentes em 24 áreas distribuídas na vegetação de caatinga. ND – Núcleo de desertificação; AA – Área antropizada; AC – Área conservada.

Espécie	Hábito	Status de conservação		
		ND	AA	AC
<i>Arrojadoa penicillata</i> (Gürke) Britton & Rose	Arbusto/Subarbusto	0	0	53,33
<i>Arrojadoa rhodantha</i> (Gürke) Britton & Rose	Arbusto/Subarbusto	0	25	52,5
<i>Brasilicereus phaeacanthus</i> (Gürke) Backeb.	Arbusto	0	0	105
<i>Cereus albicaulis</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	Arbusto/Liana/Trepadeira	0	0	74
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Árvore	0	189,16	765,56
<i>Harrisia adscendens</i> (Gürke) Britton & Rose	Arbusto	0	2,5	20,7
<i>Melocactus concinnus</i> Buining & Brederoo	Subarbusto	0	0	28,88
<i>Pereskia aureiflora</i> Ritter	Liana	0	0	0,55
<i>Pereskia bahiensis</i> Gürke	Arbusto/Árvore	0	2,47	45,56
<i>Pereskia grandifolia</i> Haw.	Arbusto/Árvore	0	0	14,11
<i>Pilosocereus cattingicola</i> (Gürke) Byles & Rowley	Arbusto/Árvore	0	0	17,77
<i>Pilosocereus gounellei</i> (F.A.C.Weber) Byles & Rowley	Arbusto	3,690	2890,99	140,25
<i>Pilosocereus pachycladus</i> F.Ritter	Arbusto/Árvore	0	3,33	84,2
<i>Pilosocereus pentaedrophorus</i>	Arbusto/Liana	0	3,33	0

Continuação tabela 2

(Cels) Byles & Rowley				
<i>Pilosocereus</i> sp. (= <i>P. glausensis</i>)	-	0	2,5	445,83
<i>Stephanocereus leucostele</i>	Arbusto	0	0	
(Gürke) A.Berger				11,66
<i>Tacinga funalis</i> Britton & Rose	Arbusto/Liana	0	0	111,66
<i>Tacinga inamoena</i> (K.Schum.)	Subarbusto	0		67,5
N.P.Taylor & Stuppy			950	
<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy	Arbusto/Subarbusto	0		551,66
			1063,82	

Tabela 3 – Espécies ocorrentes nos diferentes tipos de formações geomorfológicas analisadas.

Espécie	Caatinga sedimentar	Caatinga cristalina	Caatinga de transição S/C	Caatinga arbórea	Caatinga ribeirinha
<i>Arrojadoa penicillata</i> (Gürke) Britton & Rose	X				
<i>Arrojadoa rhodanta</i> (Gürke) Britton & Rose		X	X		
<i>Brasilicereus phaeacanthus</i> (Gürke) Backeb.	X				
<i>Brasiliopuntia brasiliensis</i> (Willd.) A.Berger	X			X	
<i>Brasiliopuntia brasiliensis</i> (Willd.) A.Berger	X				
<i>Cereus albicaulis</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	X				
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	X	X		X	
<i>Epiphyllum phyllanthus</i> (L.) K.Schum.				X	
<i>Espositoopsis dybowskii</i> (Rol.-Goss.)	X				
<i>Harrisia adjacedens</i> (Gürke) Britton & Rose		X			
<i>Hylocereus setaceus</i> (Salm-Dyck) R.Bauer	X				
<i>Melocactus bahiensis</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	X			X	
<i>Melocactus concinnus</i> Buining & Brederoo	X				
<i>Melocactus oreas</i> Miq.		X			
<i>Melocactus zehntneri</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	X	X	X		

Continuação tabela 3

<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	X		
<i>Opuntia monacantha</i> Haw.	X		
<i>Pereskia aculeata</i> Mill.			X
<i>Pereskia aureiflora</i> Ritter	X		
<i>Pereskia bahiensis</i> Gürke	X		
<i>Pilosocereus catingicola</i> (Gürke) Byles & Rowley	X	X	
<i>Pilosocereus gounellei</i> (F.A.C.Weber) Byles & Rowley	X	X	
<i>Pilosocereus pachycladus</i> F.Ritter	X	X	
<i>Pilosocereus pentaedrophorus</i> (Cels) Byles & Rowley			X
<i>Pilosocereus piauihyensis</i> (Gürke) Byles & G.D.Rowley	X		
<i>Pilosocereus tuberculatus</i> (Werderm.) Byles & G.D. Rowley	X		
<i>Pseudocereus brasiliensis</i>			X
<i>Rhipsalis floccosa</i> Salm-Dyck ex Pfeiff	X		
<i>Ripsalis lindebergiana</i> K.Schum.			X
<i>Stephanocereus leucostele</i> (Gürke) A.Berger	X		
<i>Tacinga funalis</i> Britton & Rose	X		

Continuação tabela 3

<i>Tacinga inamoena</i> (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy	X	X	X	X	X
<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy	X	X			
<i>Tacinga inamoena</i> subsp. <i>subcylindrica</i> M.Machado & N.P.Taylor	X				

Tabela 4 - Espécies exclusivas para os diferentes tipos de formações geomorfológicas.

Espécie	Caatinga sedimentar	Caatinga cristalina	Caatinga de transição S/C	Caatinga arbórea	Caatinga ribeirinha
<i>Brasilicereus phaeacanthus</i> (Gürke) Backeb.	X				
<i>Epiphyllum phyllanthus</i> (L.) K.Schum.		X			
<i>Espostoopsis dybowskii</i> (Rol.-Goss.)	X				
<i>Harrisia adjacedens</i> (Gürke) Britton & Rose	X				
<i>Hylocereus setaceus</i> (Salm-Dyck) R.Bauer	X				
<i>Melocactus bahiensis</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	X				
<i>Melocactus concinnus</i> Buining & Brederoo	X				
<i>Pereskia aculeata</i> Mill.		X			
<i>Pereskia aureiflora</i> Ritter	X				
<i>Pereskia bahiensis</i> Gürke	X				
<i>Pilosocereus pentaedrophorus</i> (Cels) Byles & Rowley		X			
<i>Pilosocereus piauhyensis</i> (Gürke) Byles & G.D.Rowley	X				
<i>Pilosocereus tuberculatus</i> (Werderm.) Byles & G.D. Rowley	X				
<i>Pseudocereus brasiliensis</i>		X			
<i>Rhipsalis floccosa</i> Salm-Dyck ex Pfeiff	X				
<i>Ripsalis lindebergiana</i> K.Schum.		X			
<i>Stephanocereus leucostele</i> (Gürke) A.Berger	X				
<i>Tacinga funalis</i> Britton & Rose	X				
<i>Tacinga inamoena</i> subsp. <i>subcylindrica</i> M.Machado & N.P.Taylor	X				

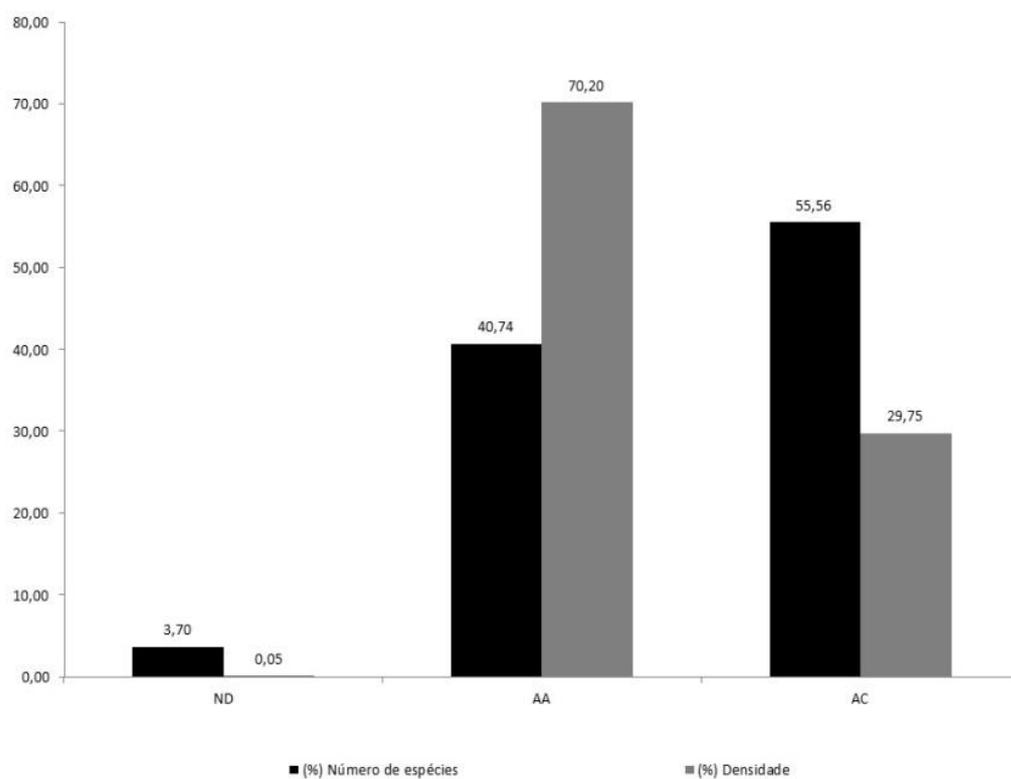


Figura 1. Número de espécies e densidade de indivíduos de Cactaceae em diferentes estágios de conservação em áreas de caatinga. ND: Núcleo de desertificação, AA: Área antropizada, AC: Área conservada.

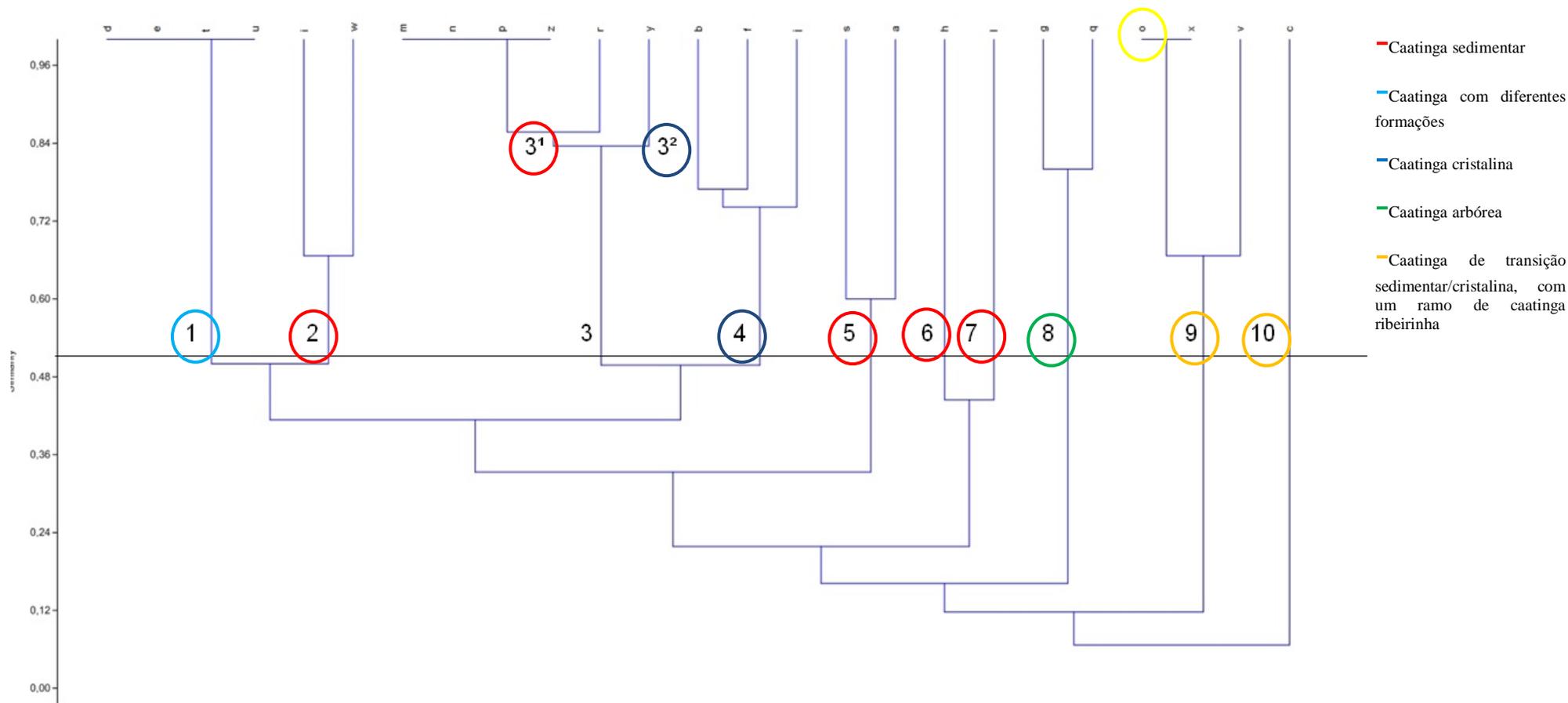


Figura 2. Análise de similaridade de Cactaceae para agrupar diferentes tipos de caatinga, sobre diferentes formações de solo (embasamento cristalino, transição entre cristalina e sedimentar, bacias sedimentares, caatingas arbóreas e caatinga ribeirinha. d= Lima et al. 2009; e= Costa et al. 2007; t=Ferraz et al. 1998; Santos et al. 2007; i= Costa et al. 2015; w=Rodal et al. 1999; m= Silva & Silva 2012; n= Souza et al., 2015; p= Farias et al., 2017; z= Lacerda et al., 2005; r= Ferreira et al., 2015; y= Araújo et al. 2010; b= Costa et al., 2009; f= Silva et al., 2013; j= Costa et al. 2015; s= Mendes & Castro 2020; a= Rocha et al. 2004; h= Machado et al. 2012; l= Peixoto et al., 2016; g= Cardoso & Queiroz 2008; q= Cardoso et al. 2009; o= Lemos & Meguro 2010; x= Souza & Rodal 2010; v= Silva et al. 2009; c= Pinheiro et al. 2010.

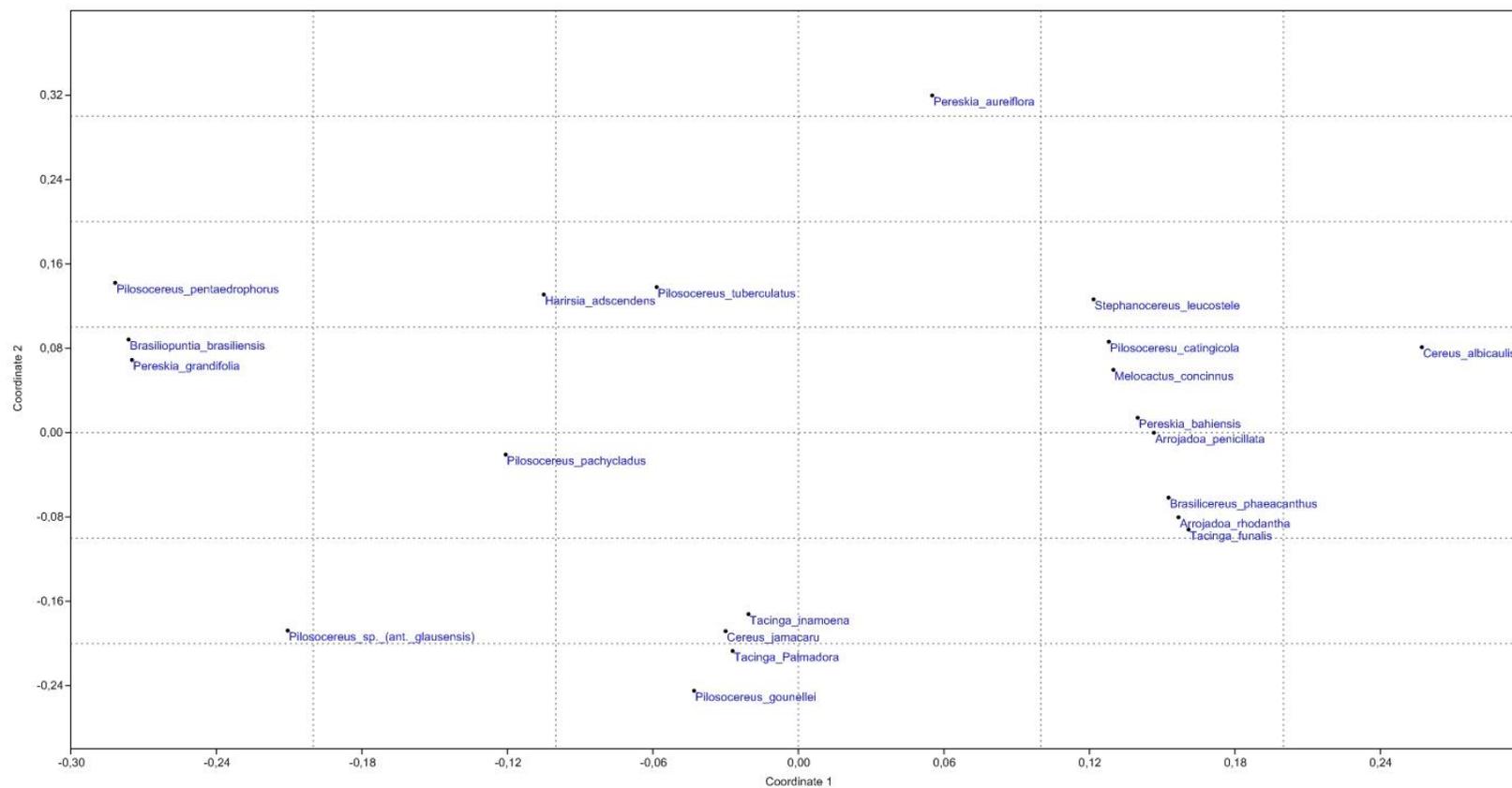


Figura 3. Escalonamento multidimensional não métrica baseada em densidade absoluta de espécies de Cactaceae ocorrentes em diferentes áreas de caatinga sobre diferentes formações de substrato (embasamento cristalino, transição entre cristalina e sedimentar, bacias sedimentares, caatingas arbóreas e caatinga ribeirinha).

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. 1974. O domínio morfoclimático semi-árido das Caatingas brasileiras. **Geomorfologia** v.43, p. 1–39. 1974.
- ALCOFORADO-FILHO, F. G.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 287-303, Jun. 2003.
- ANDRADE, L. A.; OLIVEIRA, F. X.; NEVES, C. M. L.; FÉLIX, L. P. Análise da vegetação sucessional em campos abandonados no agreste paraibano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 2, p. 135-142, 2007.
- ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, p. 149-163, 1981.
- APGAUA, D. M. G.; PEREIRA, D. G. S.; SANTOS, R. M.; MENINO, G. C. O.; PIRES, G. G.; FONTES, M. A. L.; TNG, D. Y. P. Floristic variation within seasonally dry tropical forests of the Caatinga biogeographic domain, Brazil, and its conservation implications. **International Forestry Review** - Special Issue: Global Dry Forests, v. 17, n. S2, p. 33-43, 2015.
- AQUINO, C.; BARBOSA, L. M.; SHIRASUNA, R. T.; BARNUEVO, S. Aspectos da regeneração natural e do estabelecimento de espécies arbóreas e arbustivas em área ciliar revegetada junto ao Rio Mogi-Guaçu, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 437-448, Set. 2013.
- ARAÚJO, F. S.; R. C. COSTA, J. R. LIMA. Floristics and life-forms along a topographic gradient, central-western Ceará, Brazil. **Rodriguésia**. V,62:, p.341–366, 2011.
- ARAÚJO, K. D.; PARENTE, H. N.; EDER-SILVA; RAMALHO, C. I.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S. Estrutura fitossociológica do estrato arbustivo-arbóreo em áreas contíguas de Caatinga no Cariri Paraibano. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium**, v. 3, n. 1, p. 155-169, 2012.
- ARAUJO, K. D.; PARENTE, H. N.; ÉDER-SILVA, E.; RAMALHO, C. I.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P. & SILVA, D. S. Levantamento florístico do estrato arbustivo-arbóreo em áreas contíguas de caatinga no Cariri paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 63-70, 2010.
- BENEVIDES, D. S.; MARACAJÁ, P. B.; SIZENANDO FILHO, F. A.; GUERRA, A. M. N. DE M.; PEREIRA, T. F. C. Estudo da flora herbácea da Caatinga no Município de Caraúbas no Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Verde**, v. 2 n. 1, p. 33-34. 2007.

CALIXTO JÚNIOR, J. T.; DRUMOND, M. A. Estrutura fitossociológica de um fragmento de Caatinga *Sensu stricto* 30 anos após corte raso, Petrolina-PE, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 67-74, 2011.

CARDOSO, D. B. O. S.; FRANÇA, F.; NOVAIS, J. S.; FERREIRA, M. H. S.; SANTOS, R. M.; CARNEIRO, V. M. S.; GONÇALVES, J. M. Composição florística e análise fitogeográfica de uma floresta semidecídua na Bahia, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 4, p. 1055-1076, Dez. 2009.

CARDOSO, D. B. O. S.; QUEIROZ, L. P. Diversidade de Leguminosae nas caatingas de Tucano, Bahia: implicações para a fitogeografia do semi-árido do Nordeste do Brasil. **Rodriguésia**, v. 58, p. 379-391. 2007.

CARDOSO, D. B. O. S.; QUEIROZ, L. P. Floristic composition of Seasonally Dry Tropical Forest fragments in Central Bahia, Northeastern Brazil. **Journal of the Botanical Research Institute of Texas**, v. 2, p. 551-573, Jul. 2008.

CARNEIRO-TORRES, D. S. Diversidade de *Croton* L. (Euphorbiaceae) no Bioma Caatinga. [Tese] Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009.

CLIMATE-DATE.ORG. Disponível em <pt.climate-data.org/location/315638/> Acesso em: 13 abr. 2018.

COSTA, G. M.; CARDOSO, D.; QUEIROZ, L. P.; CONCEIÇÃO, A. A. Variações locais na riqueza florística em duas ecorregiões da caatinga. **Rodriguésia**, v. 66, p. 685-709, 2015.

COSTA, K. C.; LIMA, A. L. A.; FERNANDES, C. F. M.; SILVA, M. C. N. A.; SILVA, A. C. B. L.; RODAL, M. J. N. Flora vascular e formas de vida em um hectare de caatinga no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, p. 48-54, 2009.

COSTA, R. C.; ARAÚJO, F. S.; LIMA-VERDE, L. W. Flora and life-form spectrum in an area of deciduous thorn woodland (caatinga) in northeastern, Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 68, n. 2, p. 11-22, 2007.

COSTA, T. C. C.; OLIVEIRA, M. A. J.; ACCIOLY, L. J. O.; SILVA, F. H. B. B. Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, Supl., p. 961-974, 2009.

DUQUE, J. G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 4ª ed., Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004, 103p.

FABRICANTE, J. R.; ANDRADE, L. A.; DIAS TERCEIRO, R. G. Divergências na composição e na estrutura do componente arbustivo-arbóreo entre duas áreas de Caatinga na região do submédio São Francisco (Petrolina, PE/Juazeiro, BA). **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 25 n. 3, p. 97-109, 2012.

FARIAS, R. C.; LACERDA, A. V.; GOMES, A. C.; BARBOSA, F. M.; DORNELAS, C. S. M. Riqueza florística em uma área ciliar de Caatinga no Cariri Ocidental da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 7, p. 109-118, 2017.

FERRAZ, E. M. N.; RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PEREIRA, R. C. A. Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 21, n. 1, p. 5-15, 1998.

FERREIRA, T. C.; SOUZA, J. T. A.; XAVIER, J. F. Diversidade florística em agroecossistemas no município de Gurjão–PB. **REB**, v. 8, n. 2, p. 177-189, 2015.

FRAGA, E. M; BRAZ, D. M; ROCHA, J. F; PEREIRA, M. G; FIGUEREDO, D. V. Interação microrganismo, solo e flora como condutores da diversidade na Mata Atlântica. **Acta Bot. Bras**, Minas Gerais, v. 26, n 4, p. 857-865, abr., 2012.

GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P.; BARBOSA, M. R. V.; BOCAGE-NETA A. L.; FIGUEIREDO, M. A. 2002. Espécies endêmicas da caatinga. In: SAMPAIO, E. V. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA ROJAS, C. (eds.). **Vegetação e flora da caatinga**. Associação Plantas do Nordeste - APNE/CNIP, Recife. Pp. 103-118.

GIULIETTI, A.M, BOCAGE, A.L. DU, CASTRO, A.A.J.F., GAMARRA-ROJAS, C.F.L., SAMPAIO, E.V.S.B., VIRGÍNIO, J., PAGANUCCI, L, FIGUEIREDO, M.A., RODAL, M.J.N., BARBOSA, M.R.V. & HARLEY, R. 2004. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. *In Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação* (MMA, UFPE, CI & CPATSA., orgs.). MMA, Brasília, p.45-90.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Diagnóstico florestal do Rio Grande do Norte / Plano de manejo florestal para a região do Seridó do Rio Grande do Norte**. Projeto PNUD/FAO/IBAMA/BRA/ 87/ 007. Natal: Ministério do Meio Ambiente, 1993. 45p.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Disponível em <<http://www.icmbio.gov.br/cbc/conservacao-da-biodiversidade/ameacas.html>>. Acesso em 10 de abril de 2018.

LACERDA, A. V.; NORDI, N.; BARBOSA, F. M.; WATANABE, T. Levantamento florístico do componente arbustivo-arbóreo da vegetação ciliar na bacia do rio Taperoá, PB, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 19, n. 3, p. 647-656, 2005.

LEMOS, J. R.; MEGURO, M. Florística e fitogeografia da vegetação decidual da Estação Ecológica de Aiuaba, Ceará, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n. 1, p. 34-43, 2010.

- LEMOS, J. R.; RODAL, M. J. N. Fitossociologia do componente lenhoso de um trecho da vegetação de caatinga no Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 23-42, Jan. 2002.
- LIMA, B. G.; COELHO, M. F. B. Estrutura do componente arbustivo-arboré de um remanescente de caatinga no estado do Ceará, Brasil. **Cerne**, v. 21, n. 4, p. 665-672, 2015.
- LIMA, J. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N.; ARAUJO, F. S. Composição florística da floresta estacional decídua montana de Serra das Almas, CE, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 756-763, 2009.
- LUCENA, C. M.; N, T. K.; C, J. E. S.; QUIRINO, Z. G. M.; CASAS, A.; LUCENA, R. F. P. Conhecimento botânico tradicional sobre cactáceas no semiárido do Brasil. **Gaia scientia**. Edição especial Cactaceae, v. 9, n. 2, p. 77-90, 2015.
- MACHADO, W. J.; PRATA, A. P. N.; MELLO, A. A. Floristic composition in areas of Caatinga and Brejo de Altitude in Sergipe state, Brazil. **Check List**, v. 8, n. 6, p. 1089–1101, 2012.
- MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Maldem, MA: Blackwell Publishing, 2006. 256p.
- MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade - caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 2ª ed. Ministério do Meio Ambiente. v.1, p.214, 2006.
- MARQUES, F. A., A. F. NASCIMENTO, J. C. ARAÚJO FILHO & A. B. SILVA. 2014. Solos do Nordeste. **EMBRAPA** [Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária], Brasília.
- MARTINELLI, G. & M. A. MORAES [ORGS]. 2013. Livro vermelho da flora do Brasil. **Centro nacional de conservação da flora, Jardim Botânico do Rio de Janeiro e Andrea Jakobsson estúdio**, Rio de Janeiro, Brasil. 1100 p.
- MATALHO, J. H. **Indicadores de desertificação**. Brasília: UNESCO, v.II, 2001, 126p.
- McGILL, B.J. R. S. ETIENNE, J. S.; GRAY, D.; ALONSO, M. J.; ANDERSON, H. K.; BENECHA, M.; DORNELAS, B. J et al. **Fractals, form, change and dimension**. San Francisco, California: W.H. Freeman, 1977. 365p.
- MEIADO, M. V. Germinação de sementes de cactos do Brasil: fotoblastismo e temperaturas cardeais. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 22, p. 20-23, 2012.
- MENDES, M. R. D. A.; CASTRO, A. A. J. F. Vascular flora of semi-arid region, São José do Piauí, state of Piauí, Brazil. **Check List**. v. 6, p. 39-44, 2010.

- MORO, M. F.; ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; MARTINS, F. R. 2015. Síntese dos estudos florísticos e fitossociológicos realizados no semiárido brasileiro. In: EISENLOHR, P. V.; FELFILI, J. M.; MELO, M. M. R. F.; e outros (eds). **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudo de caso**, vol. II. Editora da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Pp. 412-451.
- MORO, M. F.; NIC LUGHADHA, E.; ARAÚJO, F. S.; MARTINS, F. R. A Phytogeographical metaanalysis of the semiarid Caatinga domain in Brazil. **The Botanical Review**, v. 82, p. 91-148, 2016.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.
- NASCIMENTO, C. E. S.; RODAL, M. J. N.; CAVALCANTI, A. C. Fitossociologia da floresta xerofítica restante associada a um gradiente ambiental nas margens do rio São Francisco - Petrolina, Pernambuco, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 271-287, Set. 2003.
- NASCIMENTO, J. P. B.; VIEIRA, D. C. M.; MEIADO, M. V. *Ex situ* seed conservation of Brazilian Cacti. **Gaia Scientia**, João Pessoa, PB, v. 9 n. 2, p. 111-116, 2015.
- OLIVEIRA, L. S. D. et al. Hidden in the dry woods: Mapping the collection history and distribution of *Gymnanthes boticario*, a well-collected but very recently described species restricted to the dry vegetation of South America. **Phytotaxa**, v. 97, p. 1-16, 2013.
- OLIVEIRA, M. E. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CASTRO, A. A. J. F.; RODAL, M. J. N. Flora e fitossociologia de uma área de transição caatinga de areia-carrasco em Padre Marcos-PI. **Naturalia**, v. 22, p.131-150, 1997.
- PARENTE, H. N.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; SANTOS, E. M.; PARENTE, M. O. M. Parâmetros fitossociológicos do estrato arbóreo-arbustivo em áreas contíguas de caatinga no cariri paraibano. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 12, n. 2, p. 138-141, 2010.
- PEIXOTO, M. R.; ZAPPI, D. C.; RIBEIRO-SILVA, S.; COSTA, G. M.; AONA, L. Y. S. Cactus survey at the Floresta Nacional of Contendas do Sincorá, Bahia, Brazil. **Bradleya**, v. 34, p. 38-54, 2016.
- PENNINGTON, R. T.; PRADO, D. E.; PENDRY, C. A. Mudanças de florestas sazonalmente secas neotropicas e vegetação quaternária. **Journal of Biogeography**, v. 27, p. 261-273, 2000.
- PEREIRA JÚNIOR, L. R.; ANDRADE, A. P.; ARAÚJO, K. D. Composição florística e fitossociológica de um fragmento de caatinga em Monteiro, PB. **Holos**, ano 28, v. 6, 2012.

PETERS, D.P.C. 2002. Plant species dominance at a grassland-Shrubland ecotone: and individual-based gap dynamics model of herbaceous and species woody. **Ecological modeling**. v. 152, p. 5-32.

PINHEIRO, K.; RODAL, M. J. N.; ALVES, M. Floristic composition of different soil types in a semiarid region of Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 68-77, 2010.

QUEIROZ, J. A.; TROVÃO, D. M. B. M.; OLIVEIRA, A. B.; OLIVEIRA, E. C. S. Análise da estrutura fitossociológica da Serra do Monte, Boqueirão, Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 251-259, 2006.

QUEIROZ, L. P. 2006. The Brazilian caatinga: Phytogeographical patterns inferred from distribution data of the Leguminosae. In: PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. (eds.). **Neotropical savannas and dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation**. Taylor & Francis CRC Press, Oxford. Pp. 113-149.

RIBEIRO-SILVA, S.; MEDEIROS, M. B.; LIMA, V. V. F.; PEIXOTO, M. R.; AONA, L.Y.S. Patterns of Cactaceae species distribution in a protected area in the semiarid Caatinga biome of northeastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 73, n. 2, p. 157– 170, 2016.

RIZZINI, C. T. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 25, n. 1, p. 3-64. 1963.

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

RODAL, M. J. N. 1992. Fitossociologia da vegetação arbustivo-arbórea em quatro áreas de caatinga em Pernambuco. [Tese] Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 198p.

RODAL, M. J. N.; MARTINS, F. R.; SAMPAIO, E. V. S. B. Levantamento quantitativo das plantas lenhosas em trechos de vegetação de caatinga em Pernambuco. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 3, p. 192-205, 2008.

RODAL, M. J. N.; NASCIMENTO, L. M.; MELO, A. L. Composição florística de um trecho de vegetação arbustiva caducifólia, no município de Ibimirim, PE, Brasil. **Acta Botânica Brasilíca**, v. 13, n. 1, p.15-28, abr. 1999.

SALO, L.F. 2004. Population dynamics of red brome (*Bromus madritensis* subsp. *rubens*): times for concern, opportunities for management. **Journal of Arid Environments**. v. 57, p. 291-296.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAUJO, E. L.; SALCEDO, I. H. J; SALCEDO, I. H.; TIESSEN, T. H. Regeneração da vegetação da caatinga após o corte e

queima, em Serra Talhada, PE. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 5, p. 612-632, 1998.

SANQUETTA, M. N. I.; CORTE, A. P. D.; SANQUETA, C. R.; RODRIGUES, A. L.; MONGON, F. Diversidade e estrutura fitossociológica da Caatinga na Região de Brumado-Ba. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 10, n. 17, p. 2157-2167, 2014.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO S. J. Diversidade e estrutura fitossociológica da Caatinga na estação ecológica do Seridó-RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 232-242, 2006.

SANTOS, J. C.; LEAL, I. R.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; FERNANDES, J. W.; TABARELLI, M. Caatinga: The Scientific Negligence experienced by a dry tropical forest. **Tropical Conservation Science**, v. 4, n. 3, p. 276-286, 2011.

SANTOS, R. M. BARBOSA, ANA C. M. C.; ALMEIDA, H. S.; VIEIRA, F. A.; SANTOS, P. F.; CARVALHO, D. A. & OLIVEIRA-FILHO, A. T. Estrutura e florística de um remanescente de Caatinga arbórea em Juvenília, norte de Minas Gerais, Brasil. **Cerne**, v. 17, n. 2, p. 247-258, 2011.

SANTOS, R. M.; VIEIRA, F. A.; FAGUNDES, M.; NUNES, Y. R. F.; GUSMÃO, E. Riqueza e similaridade florística de oito remanescentes florestais no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 135-144, Fev. 2007.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DA BAHIA – SEMA-BA. Lista oficial das espécies endêmicas da flora ameaçadas de extinção do estado da Bahia. Disponível: <www.meioambiente.ba.gov.br/arquivos/File/ListaFlora.docx>. Acesso: 27 de julho de 2018.

SHEPHERD, G. J. **Fitopac 1 (programa e manual)**. Departamento de botânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995, 93p.

SILVA, A. C. C.; PRATA, A. P. N.; MELLO, A. A. Flowering plants of the Grotta do Angico Natural Monument, Caatinga of Sergipe, Brazil. **Check List**, v. 9, p. 733-739, 2013.

SILVA, E. C. A.; LOPES, I. S.; SILVA, J. L. Composição florística de um fragmento de caatinga do município de Itapetim, Pernambuco. **Scientia Plena**, v. 8, n. 4, p. 1-5, 2012.

SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília (DF): MMA/UFPE/Conservation International – Biodiversitas – Embrapa Semi-árido, 2004, 382p.

SILVA, K. A.; ARAUJO, E. L.; FERRAZ, E. M. N. Estudo florístico do componente herbáceo e relação com solos em áreas de caatinga do

embasamento cristalino e bacia sedimentar, Petrolândia, PE, Brasil. **Acta Botânica Brasilíca**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 100-110, Mar. 2009.

SOUZA, B. I.; MENEZES, R.; CAMARA ARTIGAS, R. Efeitos da desertificação na composição de espécies do bioma Caatinga, Paraíba/Brasil. **Investigaciones geográficas**, México, n. 88, p. 45-59, 2015.

TAYLOR, N.; ZAPPI, D. **Cacti of Eastern Brazil**. Richmond: Royal Botanic Gardens, Kew, 2004, 500p.

TROVAO, D. M. B. M.; FREIRE, A. M.; MELO, J. I. M. Florística e fitossociologia do componente lenhoso da mata ciliar do riacho de bodocongó, semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 78-86, abr.-jun., 2010.

VANZOLINI, P. E. Ecological and geographical distribution of lizards in Pernambuco, northeastern Brazil (Sauria). **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 28, p. 61-90, 1974.

ZAPPI, D., TAYLOR, N., SANTOS, M. R., LAROCCA, J. 2015. Cactaceae in lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB70>>. Acesso 15 de abril de 2018.

ZAPPI, D.; TAYLOR, N.; SANTOS, M. R. 2011. Parte I: Conservação das Cactaceae do Brasil. In: SILVA, R. S.; ZAPPI, D.; TAYLOR, N.; Machado, M. **Plano de ação nacional para a conservação das Cactaceae**. Brasília-DF: Instituto Chico Mendes de conservação e biodiversidade, p. 27-28.

CAPITULO 2

MODELAGEM DE NICHOS ESPACIAIS DE CINCO ESPÉCIES DE CACTACEAE ENDEMICAS DA CAATINGA BRASILEIRA

MODELAGEM DE NICHU ESPACIAL DE CINCO ESPÉCIES DE CACTACEAE ENDÊMICAS DA CAATINGA BRASILEIRA

RESUMO: Somadas às ações antrópicas, as mudanças climáticas causam impactos sobre os sistemas naturais e humanos em todos os continentes, constituindo uma grande ameaça para a biodiversidade, em especial para ambientes que apresentam uma alta taxa de endemismo e cujas espécies estão profundamente adaptadas a condições ambientais específicas, como é o caso das Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (STDF), em especial a Caatinga, um domínio fitogeográfico exclusivamente brasileiro. O objetivo deste estudo foi realizar modelagem de nicho espacial de cinco espécies de Cactaceae (*Pereskia aureiflora* Ritter, *Brasilicereus phaeacanthus* (Gürke) Backeb., *Stephanocereus leucostele* (Gürke) A.Berger, *Arrojadoa penicillata* (Gürke) Britton & Rose e *Tacinga inamoena* (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy) endêmicas da caatinga buscando avaliar o impacto das mudanças climáticas na distribuição geográfica dessas espécies. Foram utilizados registros de coleta de diversas fontes (Specieslink, Herbário Virtual Re flora) e seis variáveis ambientais disponíveis no WorldClim. Os registros das espécies e os valores das variáveis ambientais foram sobrepostos em uma grade de 6818 células com 0,5° de resolução espacial (latitude x longitude). Modelos de nicho foram obtidos para cinco tipos de circulação geral entre oceano e atmosfera (MCGOA) e 12 modelos ecológicos diferentes. O consenso foi calculado no presente e projetado para o futuro (média = 2080), sob o efeito de mudanças climáticas, no cenário de emissão de carbono RCP8.5. O padrão de distribuição das espécies estudadas indica uma área com menor adequabilidade ambiental no Último Máximo Glacial (UMG), seguida de uma expansão iniciada no Holoceno Médio e que continua de forma constante até o período pré-industrial (presente). No futuro (2080) vemos uma retração de áreas de adequabilidade ambiental, na qual *P. aureiflora* e *B. phaeacanthus* apresentam grande risco de extinção, enquanto *S. leucostele*, *A. penicillata* e *T. inamoena* terão grandes perdas de área de adequabilidade, sendo esta redução menor em *T. inamoena*. Deste modo, ações conservacionistas para as espécies de Cactaceae analisadas, tanto na região Nordeste quanto no Norte de Minas Gerais, são necessárias para assegurar a sobrevivência dessas espécies.

Palavras-chave: Caatinga, Cactaceae, Conservação, Modelagem, Mudança climática, Previsões futuras

SPATIAL NICHE MODELING OF FIVE ENDEMIC CACTACEAE SPECIES OF BRAZILIAN CAATINGA

ABSTRACT: In addition to human actions, climate change impacts on natural and human systems on all continents and poses a major threat to biodiversity, especially in environments with a high rate of endemism and whose species are deeply adapted to specific environmental conditions, as is the case of the Seasonally Dry Tropical Forests (SDTF), especially the Caatinga, an exclusively Brazilian biome. The objective of this study was to perform spatial niche modeling of five species of Cactaceae (*Pereskia aureiflora* Ritter, *Brasilicereus phaeacanthus* (Gürke) Backeb., *Stephanocereus leucostele* (Gürke) A.Berger, *Arrojadoa penicillata* (Gürke) Britton & Rose e *Tacinga inamoena* (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy) endemic to the caatinga to evaluate the impact of climate change on the geographic distribution of these species. Collection records from several sources (Specieslink, Herbário Virtual Re flora) and six environmental variables were used in WorldClim. The species records and values of environmental variables were overlaid on a grid of 6818 cells with 0.5 ° spatial resolution (latitude x longitude). Niche models were obtained for five types of general circulation between ocean and atmosphere (MCGOA) and 12 different ecological models. The consensus was calculated at present and projected for the future (average = 2080), under the effect of climate change, in the carbon emission scenario RCP8.5. The distribution pattern of the studied species indicates an area with less environmental suitability in the Last Glacial Maximum (UMG), followed by an expansion that began in the Middle Holocene and continues continuously until the pre-industrial period (present). In the future (2080) we see a retraction of areas of environmental suitability, in which *P. aureiflora* e *B. phaeacanthus* present a great risk of extinction *S. leucostele*, *A. penicillata* and *T. inamoena* will present a smaller reduction of adequacy area. Thus, conservation actions for the species of Cactaceae analyzed, both in the Northeast and in the North of Minas Gerais, are necessary to ensure the survival of these species.

Keywords: Caatinga, Cactaceae, Conservation, Modeling, Climate change, Forecasts

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas causadas por alterações físico-químicas na atmosfera resultam em ciclos de aquecimento e resfriamento e são fenômenos naturais globais (OLIVEIRA et al., 2017). Entretanto, desde a Revolução Industrial, com o aumento das emissões de gases do efeito estufa, esses ciclos vêm se acelerando e afetam o clima global (MARENGO 2006). Tais mudanças ocasionam impactos sobre os sistemas naturais e humanos globalmente, sendo mais intensos e abrangentes quando incidem sobre os sistemas naturais, devido à sua maior vulnerabilidade (IPCC 2007).

Durante o Pleistoceno, as mudanças graduais que ocorreram no clima tiveram implicações na distribuição geográfica das espécies com alterações entre ciclos de resfriamento e aquecimento resultando em períodos úmidos e secos nos trópicos (BRASIL 2007). Essas mudanças, principalmente as que aconteceram durante o Último Máximo Glacial influenciaram a evolução da flora e fauna (MEYER et al., 2014). Entre 36 a 18 mil anos antes do presente (AP), o clima era mais úmido, permitindo o desenvolvimento de vegetação do tipo savana arbórea densa e florestas esparsas (MEYER et al., 2014). Entre 22 e 18 mil anos AP, ocorreu uma diminuição da umidade e entre 10 e 10.5 mil AP chegou-se ao máximo de aridez, havendo um decréscimo do componente arbóreo e uma expansão das áreas de savana aberta e da caatinga (MEYER et al., 2014).

Estudos evidenciam que durante o final do Pleistoceno/Holoceno a caatinga passou por vários períodos com alta taxa de umidade, os quais duraram centenas de milhares de anos e que, possivelmente, causaram grandes mudanças na vegetação e na expansão da flora na região (AULER et al., 2004; LEDRU et al., 1996; COLINVAUX et al., 2000; MENEZES et al., 2016). As condições climáticas do UMG também podem ter possibilitado que espécies de áreas de florestas secas se introduzissem em áreas de florestas tropicais formando novas comunidades vegetais, onde essas oscilações climáticas na Caatinga, provavelmente, tenham desempenhado importantes formações no padrão fitogeográfico de Cactaceae (AULER et al., 2004; WERNECK et al. 2011; MENEZES et al., 2016). Essas evidências foram demonstradas a partir de registros palinológicos sugerindo que a Caatinga

passava então por um período menos seco e quente do que o atual (CARVALHO et al., 2014). Na transição entre o Pleistoceno/Holoceno e início do Holoceno, quando o clima passava por oscilações e ainda apresentava condições adversas para algumas espécies, há indícios de táxons derivados de florestas úmidas na Caatinga, evidenciando que as áreas do semiárido possivelmente apresentavam corredores úmidos de migração entre esses biomas. Neste período, também existem indícios da vegetação típica da caatinga atual como espécies dos gêneros *Cereus* (Cactaceae) e *Cnidoscolus* e *Jatropha* (Euphorbiaceae) (CARVALHO et al., 2014).

As mudanças climáticas vêm ocorrendo em ritmo mais acelerado, modificando ambientes atualmente caracterizados por serem úmidos e com vegetação densa em ambientes secos e quentes, dando espaço a uma vegetação decídua e adaptada a ambientes mais áridos como as Cactaceae. Essas alterações ambientais são evidenciadas pela substituição de espécies, um exemplo ainda incipiente foi observado na Serra da Jiboia (Bahia), ambiente de Floresta Atlântica, onde a distribuição de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Fabaceae), espécie endêmica de formações vegetais mais abertas, como a Caatinga e Cerrado está aumentando, com o estabelecimento de populações de tamanho considerável (G. Costa e A. Caiafa, com. pess.). Não há estudos que avaliem o motivo desse tipo de invasão, mas podemos observar que as mudanças climáticas podem acarretar alterações sensíveis e mais perceptíveis à biodiversidade. Desta forma, provavelmente já está ocorrendo um deslocamento de espécies, uma vez que a área em questão também está passando por oscilações perceptíveis de temperatura, com dias apresentando temperaturas mais elevadas e noites mais frias e secas.

Além das transformações nas paisagens naturais, as mudanças climáticas, somadas às ações antrópicas, constituem uma grande ameaça para a biodiversidade, em especial para ambientes que apresentam uma alta taxa de riqueza de espécies endêmicas. Essas espécies são altamente adaptadas às condições ambientais específicas, como é o caso das Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (SDTF), onde o domínio fitogeográfico da caatinga, exclusivamente brasileiro, localizado nas SDTF, é um dos maiores e mais diversos núcleos e tem como principal característica a pluviosidade restrita e irregular e um clima árido, estando coberta por diversas fâcies de vegetação

decidual (ALEIXO et al., 2010; DE LA BARREDA-BAUTISTA et al., 2011; WERNECK et al., 2011).

Entre os desafios apontados para áreas de SDTF em relação às mudanças climáticas, espera-se um incremento de eventos de desertificação (SHIMITSU 2007), perda de biodiversidade e migração de espécies (BRASIL 2017). Em espécies vegetais, essa migração não ocorre de forma rápida (OLIVEIRA et al., 2015, HANNAH et al. 2007; ARAÚJO et al., 2004) porque apresentam uma lenta jornada de migração, por apresentarem dispersão mais limitadas que os animais e também pela fragmentação de habitat isolando as áreas de ocorrência naturais das espécies, dificultando o fluxo gênico entre as espécies (BUCKERIDGE et al., 2007; GODOY 2007). Dessa forma, é plausível que essas mudanças possam acarretar uma alteração espacial nas áreas de Florestas Deciduais Secas no futuro (COLLEVATTI et al., 2012).

A modelagem de nicho ecológico de espécies endêmicas tem se mostrado uma ferramenta útil para avaliação de conservação de espécies (INÁCIO-SILVA et al., 2017). Tais estudos permitem avaliar se a alta diversidade de espécies endêmicas de plantas tende a decrescer diante das mudanças ambientais, devido à perda de adequabilidade ambiental associada à redução da área de cobertura original da vegetação, impactando a permanência e existência de várias espécies (SILVA et al., 2017; MARENGO 2016).

Dentre os grupos de plantas emblemáticos não apenas para a caatinga como para outras áreas de SDTF, estão as Cactaceae (PRADO & GIBBS 1993). No semiárido brasileiro há um importante centro de diversidade dessa família de plantas, que conta com cerca de 35% das espécies da família do Brasil, das quais 63 espécies e 4 gêneros são endêmicos do domínio fitogeográfico da Caatinga (ZAPPI et al., 2011; TAYLOR & ZAPPI 2004). As Cactaceae apresentam adaptações fisiológicas, morfológicas e anatômicas para habitar o clima quente e seco do semiárido. Uma das principais características adaptativas das Cactaceae para o clima semiárido é o metabolismo CAM que permite que as plantas percam água reduzindo a fotorespiração. Pereskioideae por apresentarem folhas sazonalmente, realizam principalmente fotossíntese do tipo C3, mas também possuem a capacidade

fotossintética CAM, mesmo em menor proporção que os outros grupos de Cactaceae (MEDINA 1987; TAYLOR & ZAPPI 2004; GRIFFITH 2008).

Ecologicamente, as Cactaceae têm um papel preponderante na caatinga, representando componentes estruturais importantes nas comunidades vegetais (RIBEIRO-SILVA et al. 2016). Além disso, são relevantes para a manutenção de polinizadores e dispersores, especialmente porque florescem e frutificam tanto no período seco quanto no chuvoso, representando um importante recurso alimentar para diversos animais da caatinga principalmente na época de seca (ZAPPI et al., 2011; LUCENA 2007). Além disso, apresentam forte relação cultural com as comunidades humanas do semiárido brasileiro (ANDRADE 2008). Em um cenário de mudanças ambientais na caatinga, entender mais sobre o nicho ecológico de grupos bem adaptados a certas condições ambientais, com importante papel ecológico e social, pode ser útil não apenas como subsídio a políticas de conservação, mas também trazendo maior compreensão do que acontecerá com a caatinga como um todo.

Com esse intuito, foram elaborados modelos de nicho ecológico de cinco espécies de Cactaceae endêmicas da caatinga buscando entender a história de sua distribuição e avaliar o impacto das mudanças climáticas na distribuição geográfica dessas espécies, fazendo ponderações sobre a conservação das mesmas.

MATERIAL E MÉTODOS

A região Neotropical foi dividida em 6818 células de 0,5° de resolução espacial (i.e., latitude x longitude), formando uma grade quadriculada. Sobre essa grade foram sobrepostos 552 registros de ocorrência das cinco espécies de Cactaceae selecionadas (Tabela 1). Os dados foram compilados a partir dos seguintes bancos de dados: Specieslink (<http://slink.cria.org.br>), Herbário Virtual Re flora (JBRJ 2012), além de visitas presenciais ao acervo dos herbários ALCB, HUEFS, HURB, SPF, UFP e PEUFR. Todos os pontos amostrados estão incluídos no domínio fitogeográfico da Caatinga e foram revisados quanto a precisão nas coordenadas geográficas, aos registros corretos de nomes e não são provenientes de plantas cultivadas. Os registros

representarem ocorrências únicas para um mesmo local. Os critérios para a seleção das espécies foram: endemismo na Caatinga, localização no semiárido brasileiro, distribuição relativamente ampla, incluindo o estado da Bahia e a existência de alguns dados demográficos conhecidos a seu respeito na FLONA de Contendas do Sincorá (RIBEIRO-SILVA et al., 2016).

Espécie	Número de registros
<i>Arrojadoa penicillata</i> (Gürke) Britton & Rose	176
<i>Brasilicereus phaeacanthus</i> (Gürke) Backeb.	60
<i>Pereskia aureiflora</i> Ritter	51
<i>Stephanocereus leucostele</i> (Gürke) A.Berger	62
<i>Tacinga inamoena</i> (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy	203

As variáveis de clima que caracterizaram o espaço ambiental para os Modelos de nicho Ecológico (MNEs) foram obtidas das simulações climáticas para o período de tempo pré-industrial, (representando o período presente), o Holoceno Médio, há seis mil anos (6K), o Último Glacial Máximo (UGM), há 21 mil anos (21K) e futuro, 2080 (RCP 4.5 Taylor et al., 2012). As variáveis foram derivadas de quatro modelos de circulação geral oceano-atmosfera (MCGOA): Community Climate System Model (CCSM4), Centre National de Recherches Météorologiques (CNMR), Marine-Earth Science and Technology-National Institute for Environmental Studies (MIROC-ESM) e Meteorological Research Institute (MRI-CGCM3). Foram compiladas simulações mensais para quatro variáveis climáticas: precipitação, temperaturas média, máxima e mínima, que foram sobrepostas à mesma grade de 0,5° de resolução espacial e utilizadas para calcular as 19 variáveis bioclimáticas utilizando a mesma metodologia do banco de dados do Worldclim descrita por Hijmans et al. (2005, www.world.clim.org/BIOCLIM).

Foram selecionadas cinco variáveis bioclimáticas: temperatura média anual, amplitude térmica anual, precipitação do mês mais chuvoso, precipitação do mês mais seco e precipitação do trimestre mais quente (www.ecoclimate.org). As variáveis bioclimáticas foram selecionadas por uma

análise fatorial com base na matriz de correlação para minimizar colinearidade e diminuir os problemas de sobreajuste entre as variáveis climáticas na construção dos MNEs (ver metodologia em TERRIBILE et al. 2012). Juntamente com essas variáveis bioclimáticas, também incluímos a variável de pH do subsolo (30-100 cm; ver. 1.1, FAO / IIASA / ISRIC / ISS-CAS / CCI 2009) como uma variável de restrição para melhorar as previsões dos MNEs.

Metodologias de consenso (Araújo e New 2007) foram utilizadas para definir o nicho ecológico das espécies seguindo os protocolos de análises de Diniz-Filho et al. (2009, 2010) e Terribile et al. (2012). Aleatoriamente foram divididos os registros de presença e pseudo-ausência (selecionados aleatoriamente ao longo da região Neotropical) das espécies em 75% para calibração e 25% para validação e repetimos esse procedimento por 50 vezes. As adequabilidades ambientais das espécies foram definidas pela proporção das 50 presenças confirmadas pela validação cruzada projetada como presença em cada célula que cobre a região Neotropical para cada MNE baseado em níveis de corte estabelecidos pela curva ROC (*sensu* TERRIBILE et al. 2012).

Doze diferentes MNEs foram utilizados. Desses, foram cinco modelos de somente presença (BIOCLIM, Distâncias Euclidiana, de Gower, de Mahalanobis e entropia máxima – MAXENT), e sete modelos de presença e ausência (modelos lineares generalizados – GLM, Random forest, modelos aditivos generalizados – GAM, Análise discriminante fatorial – FDA, múltipla adaptive regression splines –MARS, environmental niche factor analysis – ENFA e redes neurais). Franklin (2009) e Peterson et al. (2011) apresentam descrições gerais sobre esses métodos. Esses modelos foram executados no BioEnsembles, uma plataforma computacional para modelagem de espécies (Diniz-Filho et al. 2009b, Terribile et al. 2012, Collevatti et al. 2013). O modelo de adequabilidade final, consenso, é resultado da média entre todos os ENMs e os AOGCMs.

RESULTADOS

O padrão espacial de adequabilidade ambiental das espécies de Cactaceae aqui estudadas indica uma área de adequabilidade ambiental menor

no UMG, seguida de uma expansão que começa no Holoceno Médio, esse padrão se mantém até o período pré-industrial (presente) e futuramente, uma retração de áreas adequadas para presença das espécies no ano 2080 (Figuras 1-5).

Estas áreas foram perdidas no período de transição entre o UMG e o Holoceno, restando apenas uma pequena área com alta adequabilidade coincidindo com o semiárido brasileiro, bem como uma área um pouco maior, com média adequabilidade, recobrando grande parte do Nordeste, parte do Sudeste, Centro-oeste e Sul do Brasil (Figs. 1B; C; 2B; C; 3B; C; 4B; C; 5B; C), muito semelhante às áreas propostas para o presente. No entanto, a região Norte do Brasil, no decorrer dos períodos, foi perdendo grande faixa de adequabilidade ambiental para a ocorrência das espécies (Figuras 1-5).

No UMG, as áreas não apresentavam uma alta adequabilidade ambiental para o estabelecimento das espécies estudadas, mas apresentavam uma extensa área com valores baixos e médios de adequabilidade cobrindo as regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, além de uma parte do Sul do Brasil (Figs. 1A; 2A; 3A; 4A; 5A). Estas áreas foram perdidas no período de transição entre o UMG e o Holoceno, restando apenas uma pequena área com alta adequabilidade coincidindo com o semiárido brasileiro, bem como uma área um pouco maior, com valores de adequabilidade médios, recobrando grande parte do Nordeste, parte do Sudeste, Centro-oeste e sul do Brasil (Figs. 1B-C; 2B-C; 3B-C; 4B-C; 5B-C), muito semelhante às áreas propostas para o presente.

Para o futuro, as áreas ótimas para a presença das espécies estudadas, predominam na região leste do Brasil. Na Caatinga, as áreas estão deslocadas mais para o centro e até mesmo preferencialmente na borda do domínio fitogeográfico (Fig. 6B; 7B; 8B; 9B; 10B).

Ao comparar as diferentes espécies estudadas, *Tacinga inamoena* foi a que apresentou a maior área de adequabilidade ambiental no ano de 2080 (Fig. 5D), seguida de *Arrojadoa penicillata* (Fig. 1D) e *Stephanocereus leucostele* (Fig. 4D), Já *Pereskia aureiflora* (Fig. 3D) e *Brasilicereus phaeacanthus* (Fig. 2D) perdem toda a área com alta adequabilidade em 2080.

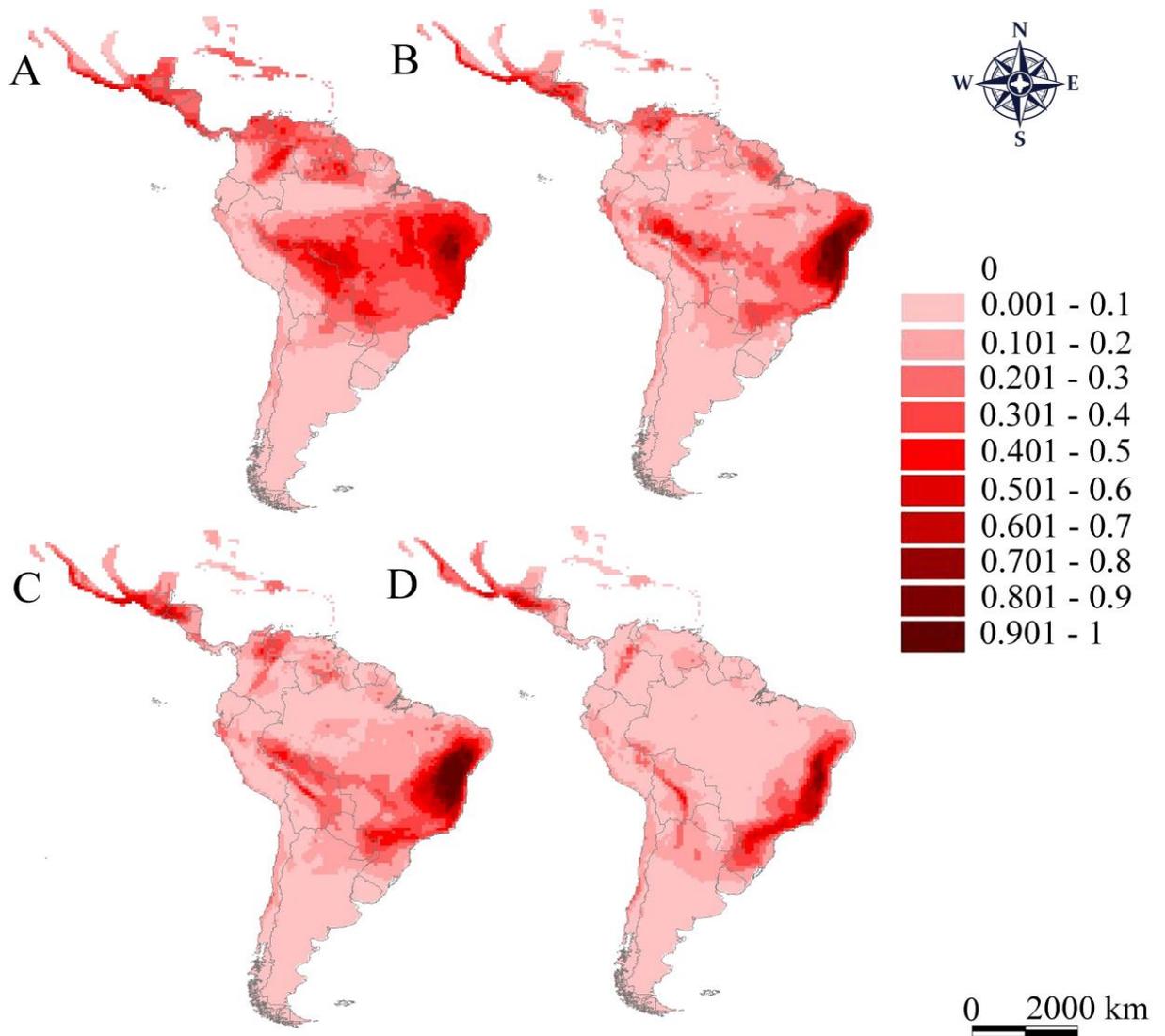


Figura 1: Modelos de distribuição potenciais (MaxEnt) para *Arrojadoa penicillata* (Gürke) Britton & Rose considerando o cenário climático: (A) Último Máximo Glacial-UGM, (B) Holoceno Médio. (C) Presente. (D) Futuro (ano 2080).

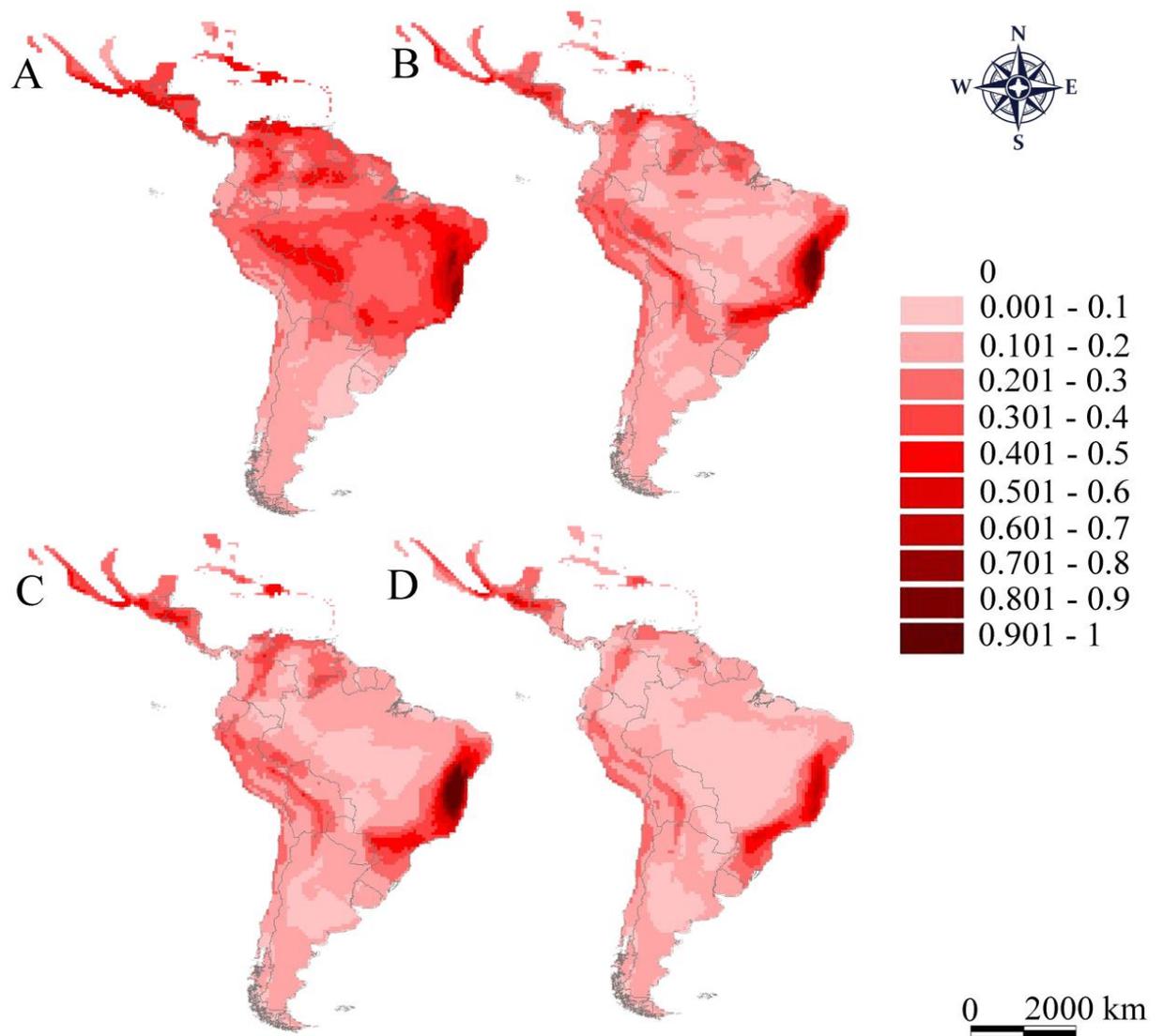


Figura 2: Modelos de distribuição potenciais (MaxEnt) para *Brasilicereus phaeacanthus* (Gürke) Backeb. considerando o cenário climático: (A) Último Máximo Glacial-UGM, (B) Holoceno Médio. (C) Presente. (D) Futuro (ano 2080).

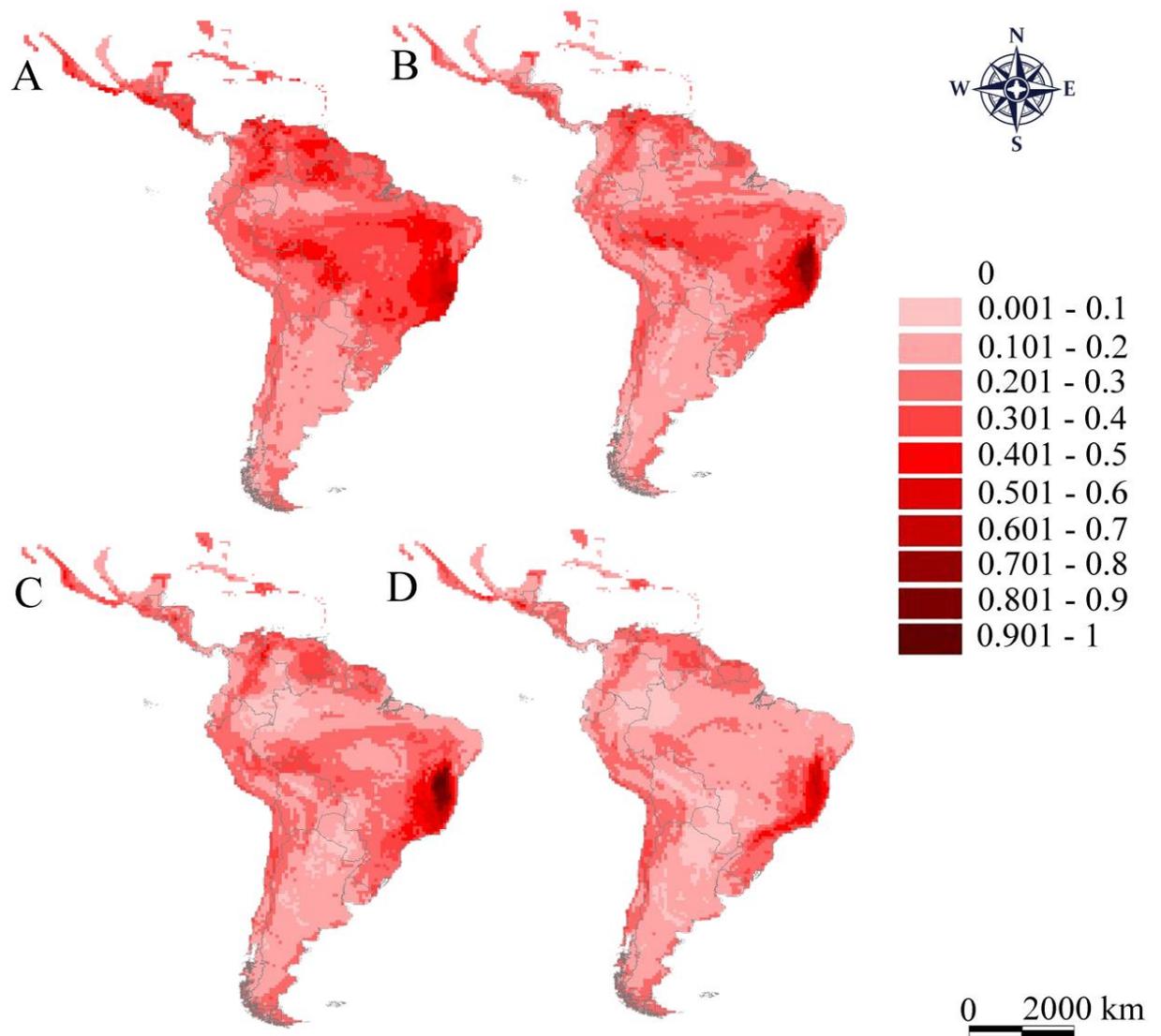


Figura 3: Modelos de distribuição potenciais (MaxEnt) para *Pereskia aureiflora* Ritter considerando o cenário climático: (A) Último Máximo Glacial-UGM. (B) Holoceno Médio. (C) Presente. (D) Futuro (ano 2080).

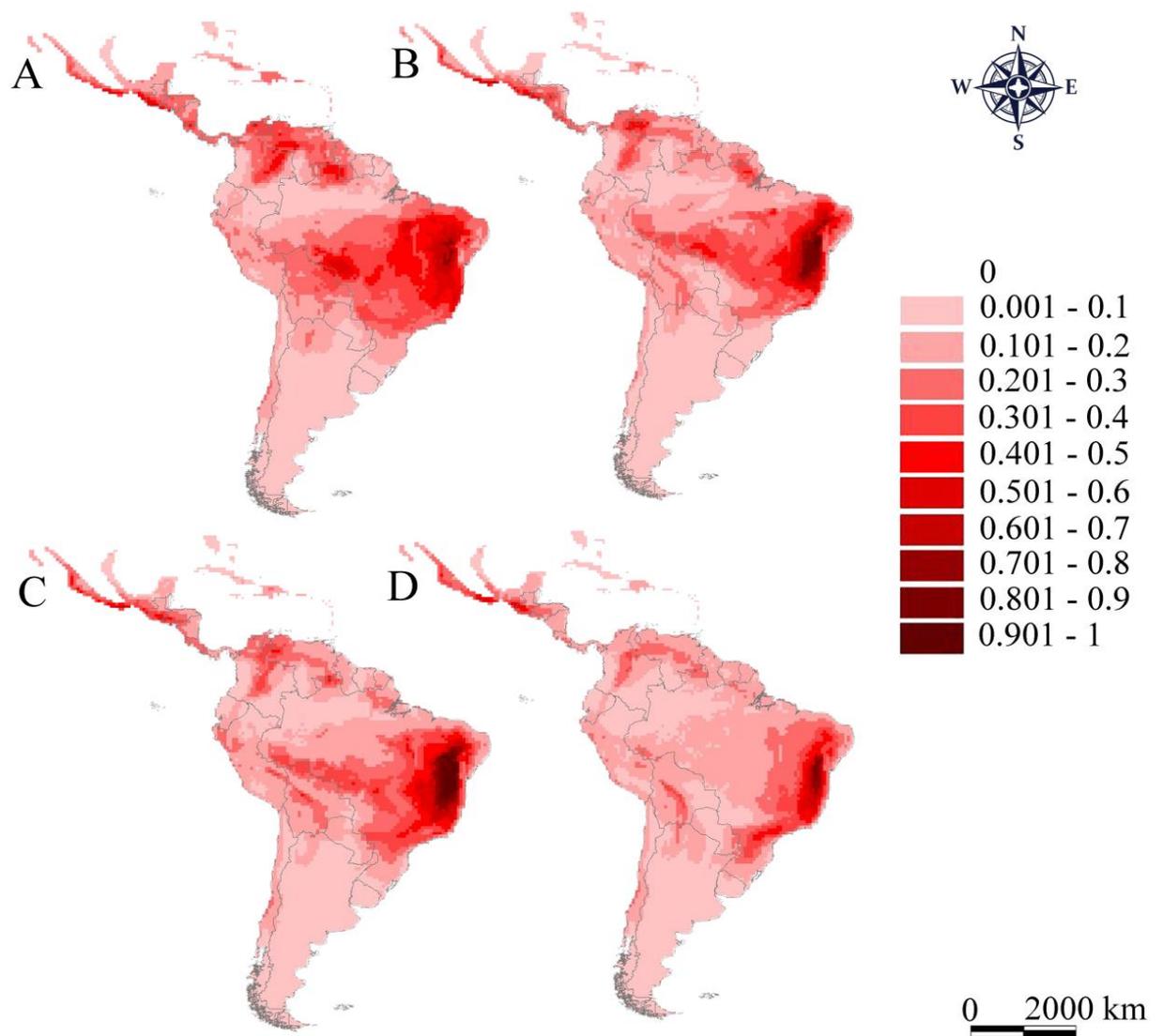


Figura 4: Modelos de distribuição potenciais (MaxEnt) para *Stephanocereus leucostele* (Gürke) A. Berger considerando o cenário climático: (A) Último Máximo Glacial-UGM. (B) Holoceno Médio. (C) Presente. (D) Futuro (ano 2080).

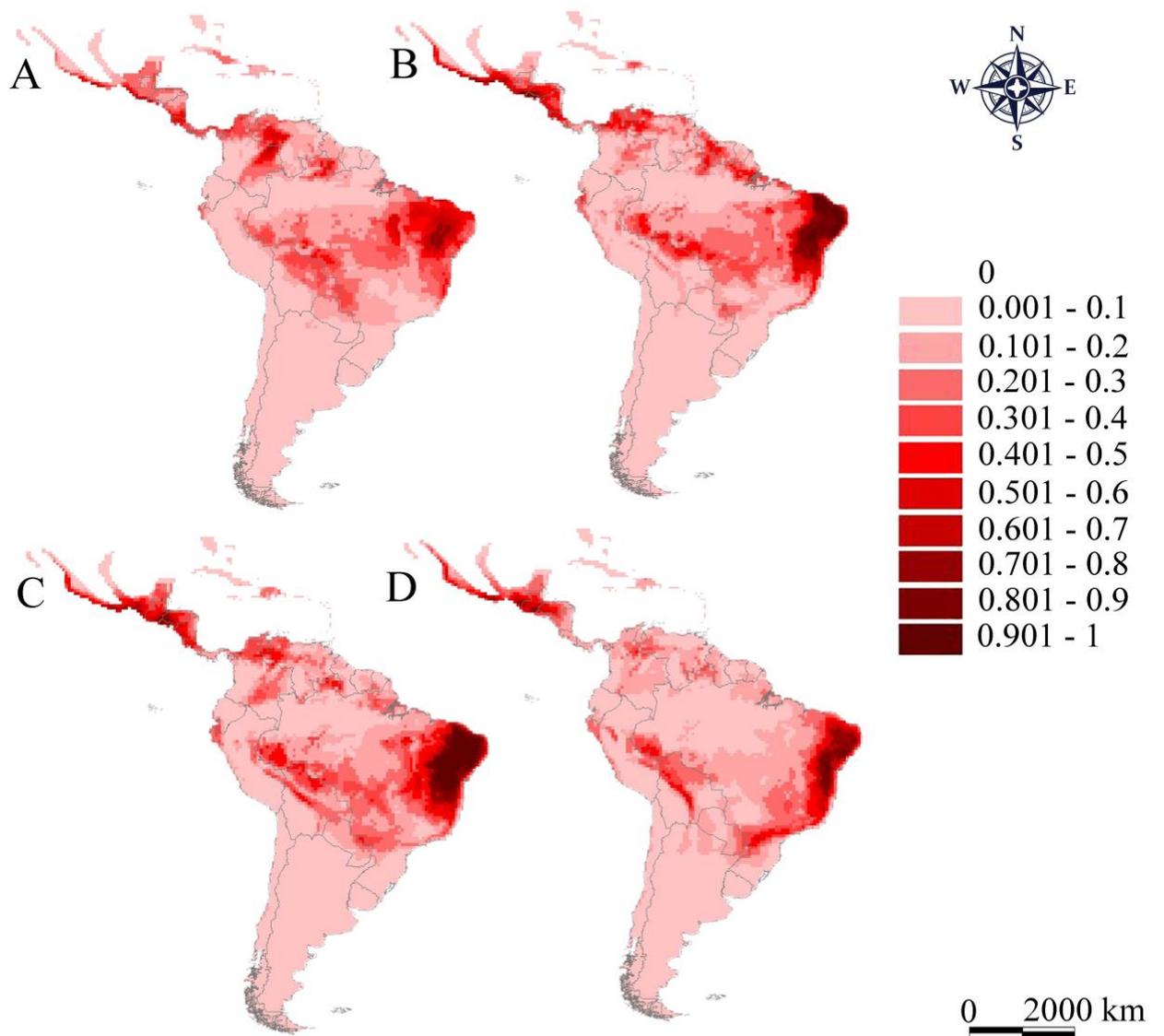


Figura 5: Modelos de distribuição potenciais (MaxEnt) para *Tacinga inomonea* (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy considerando o cenário climático: (A) Último Máximo Glacial-UGM. (B) Holoceno Médio. (C) Presente. (D) Futuro (ano 2080).

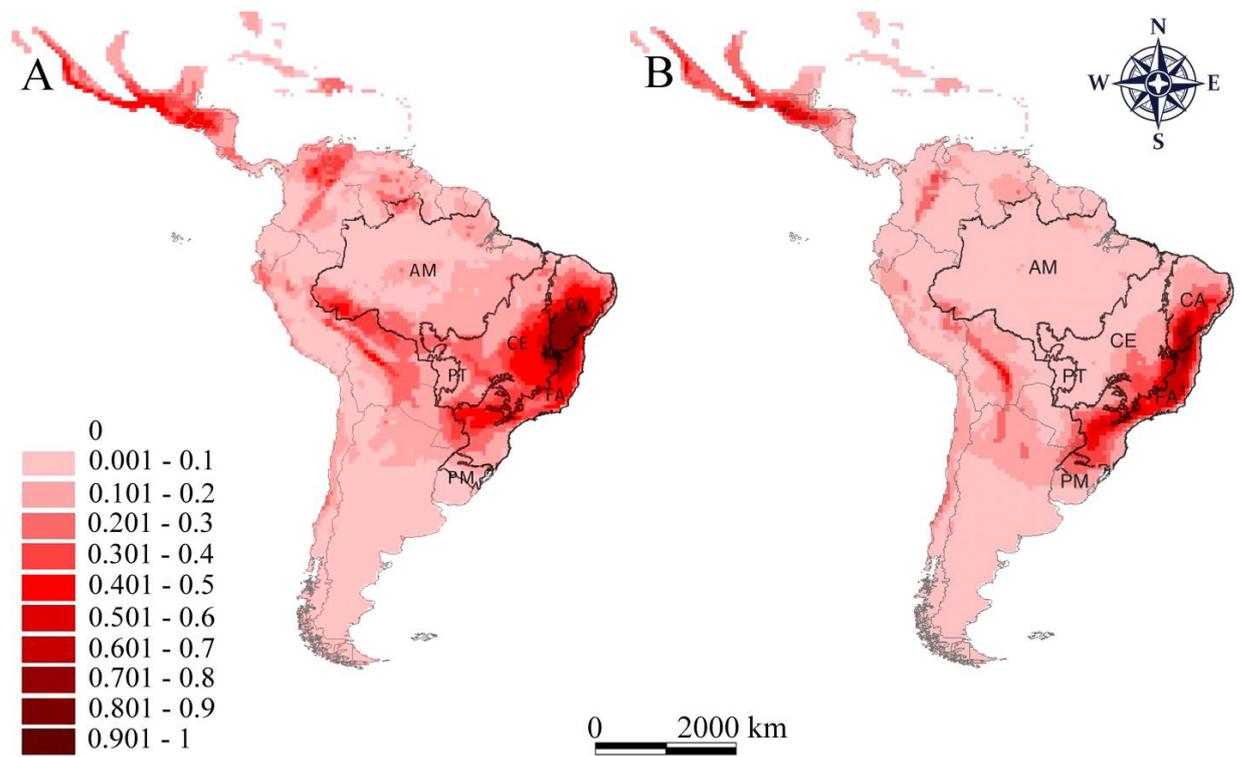


Figura 6. Domínios fitogeográficos os quais apresentam melhores áreas de adequabilidade ambiental para ocorrência das espécies. *Arrojadoa penicillata* (Gürke) Britton & Rose. (A) Presente. (B) Futuro (2080).

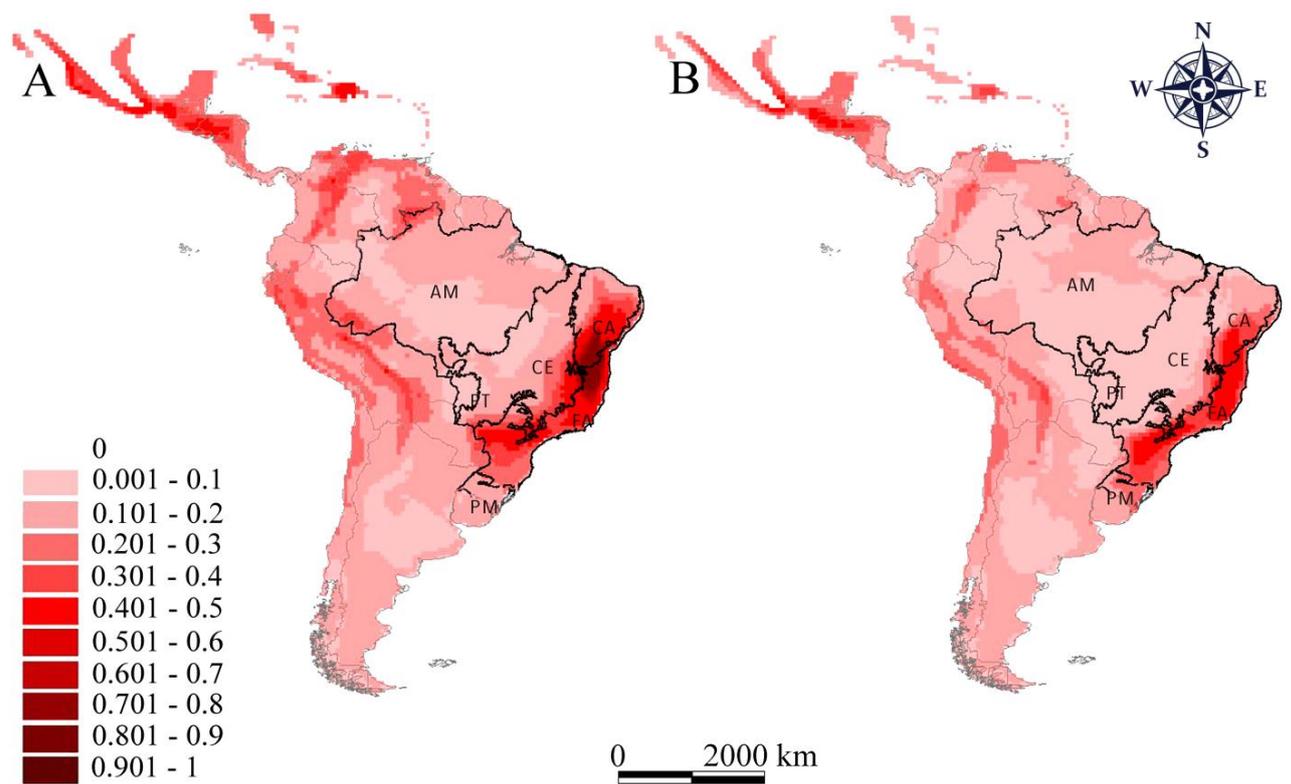


Figura 7. Domínios fitogeográficos os quais apresentam melhores áreas de adequabilidade ambiental para ocorrência das espécies. *Brasiliocereus phaeacanthus* (Gürke) Backeb. (A) Presente. (B) Futuro (2080).

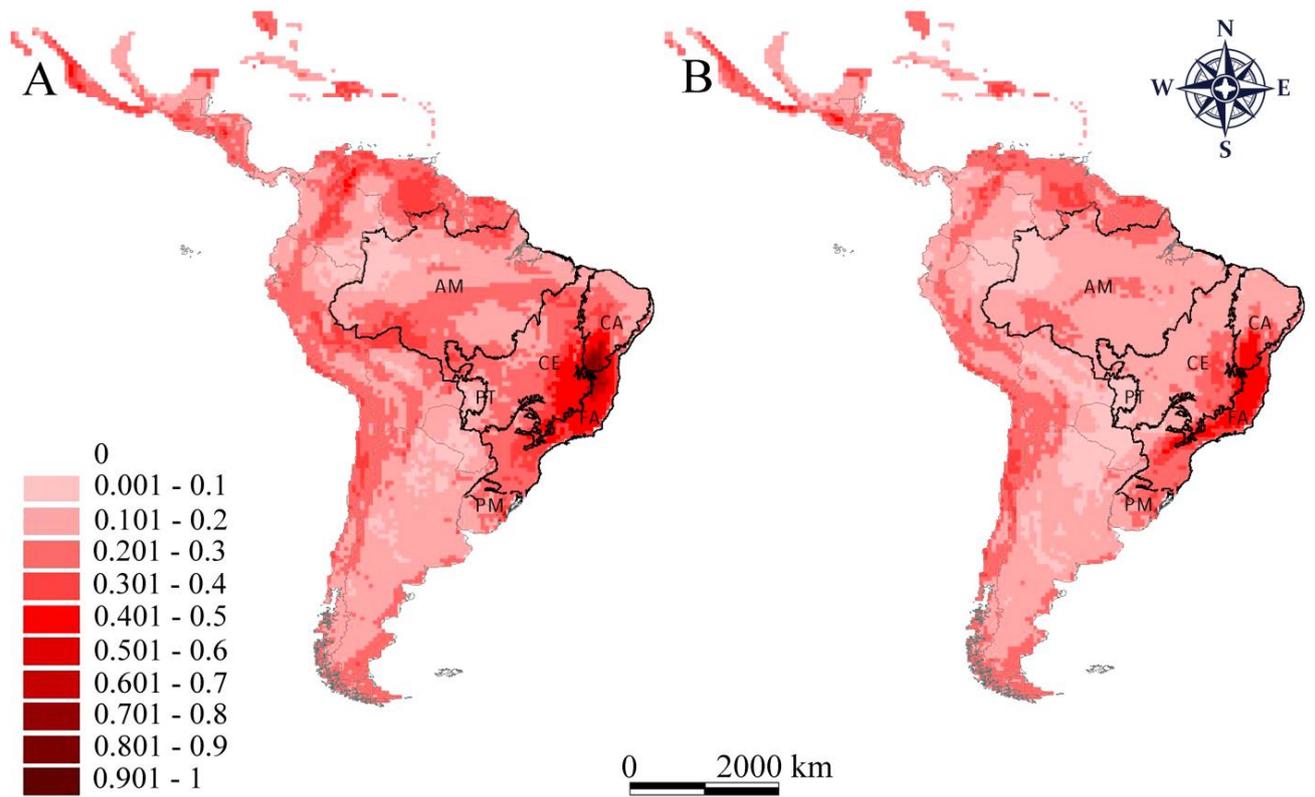


Figura 8. Domínios fitogeográficos os quais apresentam melhores áreas de adequabilidade ambiental para ocorrência das espécies. *Pereskia aureiflora* Ritter. (A) Presente. (B) Futuro (2080).

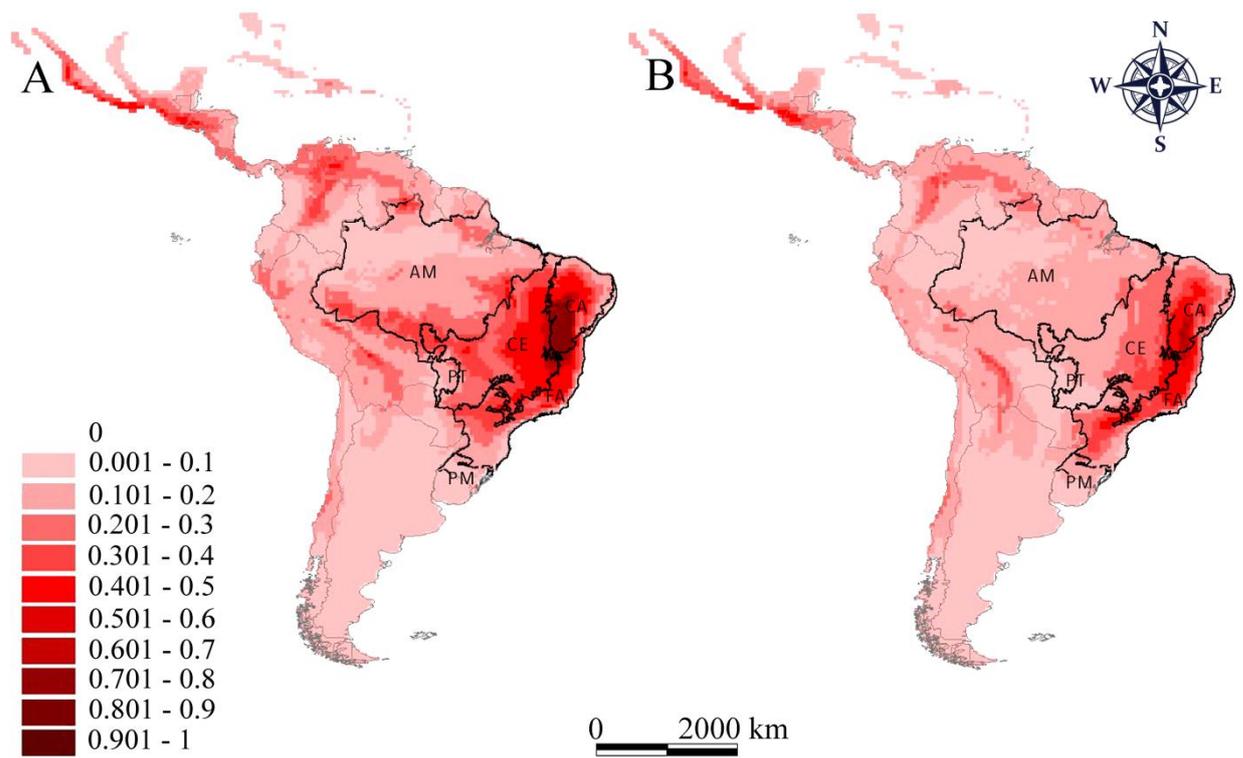


Figura 9. Domínios fitogeográficos os quais apresentam melhores áreas de adequabilidade ambiental para ocorrência das espécies. *Stephanocereus leucostele* (Gürke) A.Berger Presente. (B) Futuro (2080).

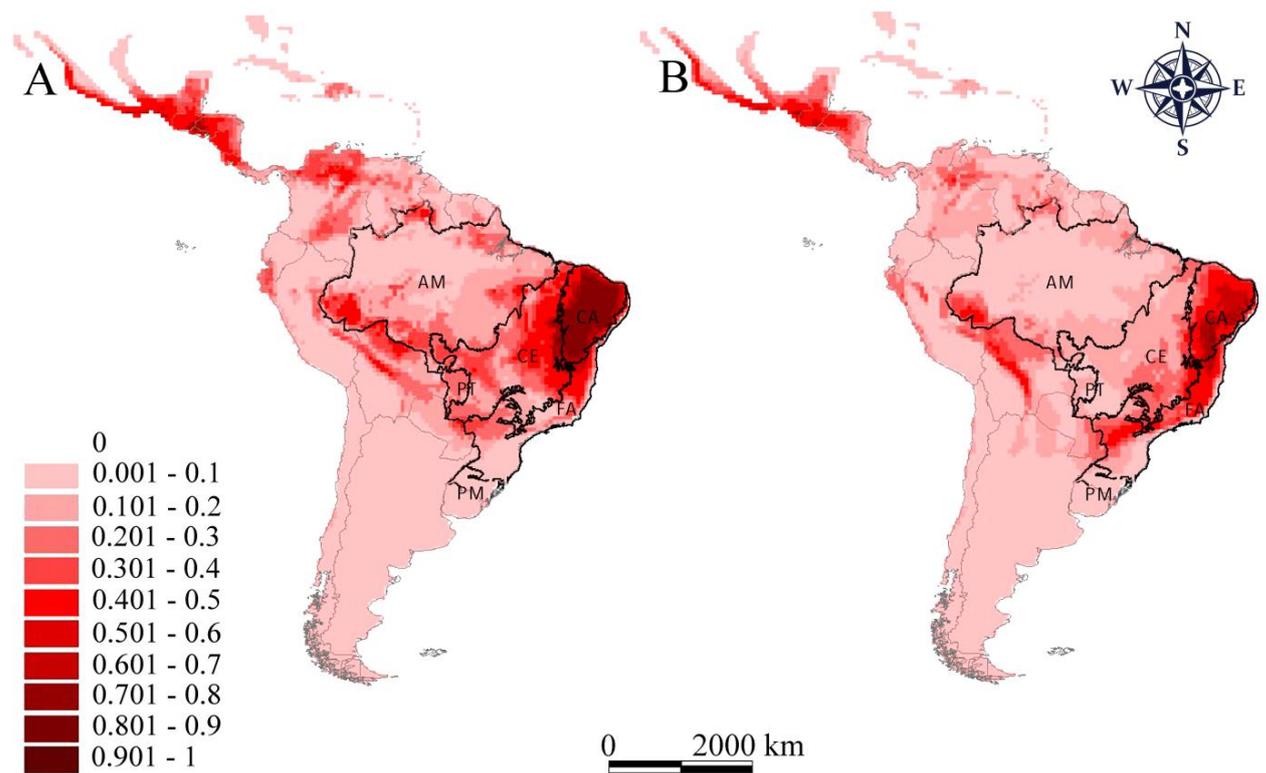


Figura 10. Domínios fitogeográficos os quais apresentam melhores áreas de adequabilidade ambiental para ocorrência das espécies. *Tacinga inomonea* (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy. Presente. (B) Futuro (2080).

DISCUSSÃO

Passado, presente e futuro das espécies de Cactaceae da Caatinga

Os modelos apontam que as áreas com maior adequabilidade ambiental no futuro (2080) para ocorrência das espécies de Cactaceae estudadas encontram-se em uma pequena área da Caatinga flanqueando o que atualmente é Floresta Atlântica. Provavelmente são coincidentes com os núcleos de florestas secas, ocorrentes em outros domínios fitogeográficos fora da Caatinga, alguns denominados de Peri-Caatinga, (LINARES-PALOMINO et al., 2011). As áreas de floresta úmida provavelmente passarão por grandes transformações ambientais tornando-se áreas mais secas e quentes (MARENGO 2006).

Devido à sua distribuição geográfica restrita, as espécies endêmicas são mais suscetíveis ao risco de extinção. A sua ocorrência em um nicho fundamental muito restrito, muitas vezes adicionado ao fato de que estas espécies apresentam pouca variabilidade genética, tornam-nas mais vulneráveis a mudanças climáticas, catástrofes ambientais e perturbações antrópicas (PIRES et al., 2006). Essa é uma das maiores preocupações uma vez que as espécies analisadas são endêmicas e algumas delas, como *Pereskia aureiflora* e *Brasilicereus phaeacanthus*, apresentam populações pequenas e restritas a determinados tipos de vegetação (ZAPPI et al., 2011; RIBEIRO-SILVA et al., 2016). Os modelos propostos para estas espécies apresentaram uma redução de distribuição muito grande, não restando nenhum ambiente com alta adequabilidade para estas espécies e somente uma pequena área com média adequabilidade, no leste do Brasil. Dessa forma, pode-se presumir que essas espécies provavelmente entrarão em extinção no futuro em decorrência das mudanças climáticas. As espécies que apresentam ampla distribuição, como *Tacinga inamoena*, estão menos suscetíveis à extinção (IUCN 2018). Embora endêmica da caatinga, ela é bem distribuída por todo o domínio, estando presente em quase todos os estados do Nordeste e também no Norte de Minas Gerais, (ZAPPI & TAYLOR 2015; TAYLOR & ZAPPI 2004), apresentando de 10 a 15 indivíduos em cada população (BENEVIDES et al., 2007; COSTA et al. 2015). O reflexo da distribuição e densidade de indivíduos é notavelmente visualizado nos modelos produzidos (as áreas de ocorrência das espécies coincidem com as áreas de adequabilidade para o presente). Modelos obtidos para as espécies de Cactaceae endêmicas da região de Chihuahua (México), *Coryphantha macromeris*, *Mamillaria lasiachantha*, *Echinocereus dasyacanthus* e *Ferocactus wislizenii* apontam uma diminuição de adequabilidade da área de distribuição até 2020, mas as projeções de 2080 apresentam uma expansão das áreas de adequabilidade, exceto para *E. dasyacanthus*, com redução de distribuição para 2080 (CORTES et al., 2014). Resultados bem diferentes do que encontramos para as Cactaceae da caatinga, porém essas espécies estudadas do México são espécies encontradas em áreas de deserto e que são capazes de tolerar temperaturas de até 55°C, estando condicionadas a elevadas temperaturas e baixa precipitação, enquanto as espécies brasileiras possuem

uma história evolutiva isolada das espécies supra-citadas, ligada a climas menos extremos. Ressaltamos aqui que não existem ainda estudos sobre estresse térmico e hídrico para avaliar os níveis de tolerância das espécies brasileiras de Cactaceae.

A temperatura média atual da Caatinga varia de 26 a 30°C, porém, devido às transformações antrópicas e às mudanças climáticas, há possibilidade de que a área ocupada por esse domínio venha a se transformar numa extensa área desértica, com aumento considerável da temperatura e diminuição da precipitação (MARENGO 2006; CLIMATE-DATA.ORG 2018). Desse modo, as espécies terão que se deslocar para um nicho ecológico mais favorável, pois não estão condicionadas às condições extremas apresentadas por esse novo habitat. Existe evidência de que as espécies também não toleram temperaturas demasiado elevadas, como é o caso de *Thelocactus bukii*, onde os indivíduos não suportam períodos prolongados sob temperatura acima dos 29°C (MOSCO 2017). É provável que as espécies estudadas tenham resposta semelhante em relação a um suposto aumento de temperatura, como o que foi previsto para a caatinga (MARENGO 2006), tendo que migrar para um novo habitat com condições ambientais mais adequadas para sua permanência ou serão localmente extintas.

SILVA et al. (2018), ao estudarem o efeito das mudanças climáticas no Quaternário em populações de Cactaceae, observaram que as projeções de *Cereus hildmannianus* para o Holoceno Médio e Último Interglacial foram bastante similares ao modelo projetado para o presente, porém o UMG mostrou uma grande divergência, apresentando maior probabilidade de ocorrência para a espécie na parte Ocidental do Sul do Brasil, tendo sido sugerido um desvio potencial de alcance que afetou a distribuição de *C. hildmannianus* neste período de tempo em relação aos outros períodos analisados. Provavelmente isto se deve ao fato de que o Último Interglacial, Holoceno e pré-industrial terem sofrido oscilações de temperatura, com temperaturas mais elevadas do que as do UMG, com clima seco e frio (HAFFER & PRANCE 2002), onde grande parte da Terra era recoberta por gelo, o que pode explicar essa migração de áreas de adequabilidade para a porção mais Ocidental do Sul do Brasil, já que as áreas meridionais tendem a ser mais frias (LEITE 2015).

O fato de algumas das espécies estudadas apresentarem áreas de adequabilidade futura maior do que outras podem ser explicado tanto pela faixa individual de distribuição, as quais podem variar desde escalas biogeográficas até fatores micro e macro ambientais (ZUQUIM et al., 2007) quanto de suas diferentes preferências ecológicas. Apesar do nicho ecológico de espécies ser n-dimensional e haver diversos fatores que podem influenciar na presença ou ausência das espécies, sabe-se que algumas espécies apresentam temperatura ótima para germinação mais ampla, que influencia no sucesso na colonização de habitats (HUTCHINSON 1944; MEIADO et al., 2010; MEIADO et al., 2012). Estudos de germinação de espécies de Cactaceae do Nordeste relatam que as espécies estudadas apresentam melhor temperatura de germinação em torno dos 30°C (MEIADO 2016). Dessa forma, temperaturas superiores a esta podem não ser favoráveis para a germinação destas espécies. Caso a temperatura do ambiente no futuro (2080) aumente de forma significativa, ultrapassando a temperatura ótima para germinação das espécies, provavelmente não haverá colonização de indivíduos jovens para a manutenção das populações.

Cabe salientar que a extinção ou o desaparecimento de espécies de Cactaceae em determinadas áreas pode comprometer não só a fisionomia da Caatinga, mas também todo o ecossistema local, já que espécies de Cactaceae têm papel importante na manutenção da fauna local, sendo utilizada como um importante recurso energético por diversos animais como vespas, morcegos, abelhas, beija-flores, lagartos e pequenos roedores, que utilizam suas flores e frutos como recurso alimentar, colocando em risco a permanência e sobrevivência desses animais na Caatinga (SANTOS et al., 2007; ZAPPI et al., 2011; MANDUJANO et al., 2010).

Respostas individuais das espécies de Cactaceae estudadas ao cenário de mudanças climáticas

As espécies de Cactaceae selecionadas para este trabalho possuem diferentes preferências em termos de habitat e história evolutiva muito diversa. Dessa forma, primeiramente discutimos os padrões espaciais especificamente.

Pereskia aureiflora é uma espécie de Cactaceae com folhas e pouco suculenta, de hábito arbustivo e terrícola, ocorrendo em vegetação de caatinga arbustivo-arbórea densa (TAYLOR & ZAPPI 2004). Pertence a Pereskioideae, subfamília basal em relação às outras espécies deste estudo. *P. aureiflora* é a espécie brasileira mais proximamente relacionada com espécies do gênero *Maihuenia*, que, por sua vez, ocupam uma posição basal dentro do gênero, sendo a única espécie do subgênero *Leunebergia* encontrada no hemisfério Sul (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2011). A ocorrência desta espécie basal no domínio fitogeográfico caatinga é consistente com as áreas secas que existiram por um longo período de tempo e, segundo N.P. Taylor (com. pess.), a espécie apresenta uma distribuição esparsa e pontual na parte meridional da Caatinga, geralmente em encostas de vales e associada a terrenos pedregosos.

Espécies endêmicas e com pequenas populações, como é o caso de *Pereskia aureiflora*, apresentam um risco maior frente às adversidades ambientais, o que as torna mais vulneráveis às mudanças climáticas, catástrofes ambientais e perturbações antrópicas (PIRES et al., 2006). O modelo para 2080, proposto para *P. aureiflora*, apresentou uma redução de distribuição muito grande, não restando nenhum ambiente com alta adequabilidade para estabelecimento desta espécie e somente uma pequena área com média adequabilidade ao leste do Brasil. É possível presumir que essa espécie, provavelmente entrará em extinção no futuro (2080), caso nenhuma medida mitigadora seja tomada, considerando seus aspectos demográficos e as mudanças climáticas.

O mesmo tende a ocorrer com *Brasilicereus phaeacanthus*, uma espécie áfila, com caules medianamente suculentos e hábito arbustivo terrícola/rupícola, que ocorre em vegetação de caatinga arbustivo-arbórea densa na faixa ecotonal da Caatinga com a Floresta Atlântica conhecida como agreste (TAYLOR & ZAPPI 2004). Pertence à Tribo Cereeae (Cactoideae), a qual apresenta o maior número de espécies para o Brasil e é representada pelos gêneros *Arrojadoa* Britton & Rose, *Brasilicereus* Backeb. e *Stephanocereus* A. Berger (TAYLOR & ZAPPI 2004) entre outros. Esse grupo compartilha características simpliomórficas como escamas no exterior do tubo floral com membros do clado BCT, que inclui as tribos Browningieae,

Cereeae e Trichocereae (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2011). Espécies que compõem este clado são encontradas em várias regiões da América do Sul e são formados por espécies colunares ou arborescentes (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2011). Atualmente, as áreas de ocorrência coincidem com as áreas propostas pelo modelo, porém suas áreas de alta adequabilidade para ocorrência no futuro serão drasticamente perdidas, da mesma forma que ocorrerá com *P. aureiflora*, inferindo que esta espécie também tem grandes chances de entrar em extinção no futuro (2080).

Já *Stephanocereus leucostele* e *Arrojadoa penicillata*, apesar de serem gêneros proximamente relacionados e apresentarem características semelhantes, como ausência de folhas, ramos suculentos e presença de cefálio anelar, coloração dos frutos e sistemas dérmicos, fundamentais e vasculares semelhantes (TAYLOR & ZAPPI 2004; SOFFIATTI & ANGYALOSSY 2007), possuem preferências distintas de habitat. *S. leucostele* cresce como terrestre ou rupícola, em caatinga arbóreo-arbustiva densa, atingindo facilmente três ou mais metros de altura e sobressaindo da vegetação, enquanto que *A. penicillata* é rupícola e, devido ao seu porte menor, ocorre em ambientes mais abertos (TAYLOR & ZAPPI 2004).

Stephanocereus leucostele apresenta uma distribuição restrita no Brasil, ocorrendo em algumas áreas do estado da Bahia (TAYLOR & ZAPPI, 2004; RIBEIRO-SILVA 2016). Apesar de apresentar populações restritas, elas não são tão raras como *Pereskia aureiflora*, nem restringem-se às proximidades de uma faixa ecotonal como *Brasilicereus phaeacanthus*. *S. leucostele* possui uma maior distribuição e a perda de adequabilidade irá afetar relativamente menos essa espécie em relação às outras duas. Apesar das variáveis climáticas influenciarem seu nicho ecológico, mesmo que em um grau menor do que *P. aureiflora* e *B. phaeacanthus*, ainda irá restar uma pequena área com alta adequabilidade ambiental sugerindo melhor probabilidade de persistência de *S. leucostele*. Enquanto *Arrojadoa penicillata* ocupa um hábitat semelhante à *Tacinga inamoena*, ela ainda apresentará uma perda de adequabilidade muito maior que *T. inamoena*, já que as espécies ocupam o ambiente de maneiras distintas, onde cada espécie tem suas particularidades e apresentam amplitude de tolerância diferente em relação às variações (SHELFORD, 1913). *T. inamoena* apresenta maior população tanto em número de indivíduos quanto

em biomassa em relação a *A. penicillata*, a reprodução por propágulos de *T. inamoena* também é mais eficiente do que por sementes, como geralmente ocorre na reprodução de *A. penicillata*.

T. inamoena, apresenta distribuição geográfica mais ampla do que as outras espécies estudadas aqui, por conseguinte, é provável que tolere melhor a situação futura de mudanças climáticas, sendo a espécie que apresenta maior área de adequabilidade ambiental futura (2080). Por ser uma espécie a qual habita áreas rochosas, que são afetadas diretamente pelas altas temperaturas do semiárido consequentemente refletindo maior sensação térmica, ela apresenta um condicionamento ao aumento de temperatura melhor que as outras espécies, e também está mais condicionada a restrição de recursos, principalmente hídrico. Este podendo ser um dos principais fatores ao qual a espécie terá mais sucesso em relação aos outros quatro táxons frente às mudanças climáticas.

Alguns estudos demográficos de Cactaceae apontam um declínio em algumas populações de Cactaceae, principalmente relacionadas a fatores sazonais como a redução da pluviosidade (GODÍNEZ-ÁLVAREZ et al. 2003; MARTINEZ et al. 2010). Muitas espécies de Cactaceae crescem associadas a outras plantas, e este fator de associação está relacionado na maioria das vezes ao seu sucesso de sobrevivência, já que plantas maiores proporcionam áreas sombreadas para as plântulas evitando a perda de água por evapotranspiração (GODÍNEZ-ÁLVAREZ et al. 2003; HUGHES et al. 2011). Este declínio nas populações é um fator preocupante, pois as altas taxas de mortalidade acabam afetando o tamanho das populações colocando estas populações em risco de extinção (MARTINEZ et al. 2010). Como foi evidenciado pelos modelos de nicho ecológico, que com as mudanças ambientais as populações de *Brasilicereus phaeacanthus* e *Pereskia aureiflora* provavelmente entrarão em extinção em um futuro bem próximo e outras populações, como o caso de *Arrojadoa penicillata* e *Stephanocereus leucostele* irão sofrer uma grande perda de área de ocorrência o que também pode levar ao declínio ou até mesmo a extinção destas espécies.

A maioria das mortalidades está relacionada a indivíduos jovens, principalmente por apresentarem baixa biomassa e sofrerem de forma mais drásticas as consequências de fatores ambientais como a escassez de chuvas,

modificações das propriedades do solo e condições microclimáticas (GODÍNEZ-ÁLVAREZ et al. 2003; MARTINEZ et al. 2010; HUGHES et al. 2011). Desta forma podemos observar que Cactaceae mesmo sendo um grupo de plantas bem adaptados a elevadas temperaturas, as plantas jovens não suportam radiações elevadas diretas, sendo necessárias áreas sombreadas para melhor sucesso de colonização. Como as mudanças climáticas estão diretamente relacionadas a fatores de sazonalidade como aumento da temperatura e diminuição dos níveis de chuvas e conseqüentemente aumentando o risco de desertificação em áreas de caatinga, é provável que o declínio destas populações aumentem, levado a redução e até a extinção de várias espécies de Cactaceae.

Portanto, uma ação conservacionista para as espécies de Cactaceae analisadas, tanto das populações presentes em áreas do domínio Caatinga, quanto na região Nordeste e norte de Minas Gerais, merece atenção especial. A implementação de unidades de conservação, restauração das áreas de ocorrência, gestão sustentável, criação de bancos de sementes, coleções *ex situ* e manejo dessas áreas podem ser estratégias para assegurar, em longo prazo, a persistência dessas espécies.

A degradação da caatinga é um problema sócio-ambiental atual, onde a seca e falta de recursos tendem a afugentar a comunidade para áreas menos áridas e para o setor urbano (Leal et al., 2005). Portanto, ações relacionadas à vegetação de caatinga, como um todo, assim como orientações sobre a gestão sustentável dos recursos, restauração das áreas degradadas, implementação de novas unidades de conservação nas áreas que contém espécies estudadas, assegurando assim não só a permanência da cobertura vegetal, mas também a persistência em longo prazo dessas espécies, dos animais que delas dependem, e também da comunidade local é de imprescindível importância.

O manejo florestal, assim como o uso consciente da água e do solo e a fiscalização para evitar o desmatamento de determinadas áreas também são práticas importantes que devem ser observadas, pois todas ajudam a controlar o aumento dos gases causadores do efeito estufa e, conseqüentemente, reduzir o risco de desertificação. Áreas sob manejo florestal são mais resistentes à desertificação do que outras áreas onde ocorre exploração

indiscriminada do solo pela agricultura ou pecuária desorganizada (GARIGLIO et al., 2010; LEAL et al., 2005).

REFERÊNCIAS

ALEIXO, A.; ALBERNAZ, A. L.; GRELLE, C. E. V.; VALE, M. M.; RANGEL, T. F. Mudanças climáticas e a biodiversidade dos biomas brasileiros: Passado, Presente e Futuro. **Natureza e Conservação**, v. 8, n. 2, p. 194–196, 2010.

ANDRADE, C. T. S. **Cactos úteis na Bahia: ênfase no semi-árido**. União Sul-Americana de Estudos da Biodiversidade, Rio Grande do Sul, 1ª ed., 2008.

ARAÚJO, M. B.; CABEZA, M.; THULLER, W.; HANNAH, L.; WILLIAMS, P. H. Would climate change drive species out of reserves ? An assessment of existing reserve-selection methods. **Global Change Biology**, v. 10, n. 9, p. 1618–1626, 2004.

AULER, A. S., A. WANNING, R. L. EDWARDS, H. CHENG, P. S. CRISTALLI, P. L. SMART, AND D. A. RICHARDS. 2004. Quaternary ecological and geomorphic changes associated with rainfall events in presently semi-arid z

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Inter-relações entre biodiversidade e mudanças climáticas: recomendações para a integração das considerações sobre biodiversidade na implementação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima e seu Protocolo de Kyoto**. Brasília, DF: 2007. 221 p.

BUCKERIDGE, M. S.; MORTARI, L. C.; MACHADO, M. R. Respostas fisiológicas de plantas às mudanças climáticas: alterações no balanço de carbono nas plantas podem afetar o ecossistema?. In: REGO, G. M.; NEGRELLE, R. R. B; MORELLATO, L. P. C. Fenologia - Ferramenta para conservação e manejo de recursos vegetais arbóreos (Editores Técnicos). - Colombo, PR: **Embrapa Florestas**, 2007.

CARVALHO, I. S.; KUMAR, S. N.; CUNHA, L. C.; GARCIA, J. **Paleontologia: Cenários de Vida** - Volume 3 - 1a. Edição - 2011.

CASTELLETI, C. H. M.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; SANTOS, A. M. M. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (Org.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, 2003. p. 91-100.

CLIMATE-DATA.ORG. Disponível em <pt.climate-data.org/location/315638/> Acesso 13 abr. 2018.

COLINVAUX, P. A., DE OLIVEIRA, P. E. & M. B. BUSH. "Amazonian and Neotropical plant communities on glacial time scales: The failure of the aridity and refuge hypotheses". **Quaternary Sci. Rev.**, 19, 2000, p. 141-69.

COLLEVATTI, R. G.; TERRIBILE, L. C.; OLIVEIRA, G.; LIMA - RIBEIRO, M. S.; NABOUT, J. C.; RANGEL, T. F.; DINIZ - FILHO, J. A. e PEARSON, R. Drawbacks to palaeodistribution modelling: the case of South American seasonally dry forests. **Journal of Biogeography**, v. 40, n. 2, p. 345–358, 2013.

CORTES, L.; DOMÍNGUEZ, I.; LEBGUE, T.; VIRAMONTES, O.; MELGOZA, A.; PINEDO, C.; CAMARILLO, J. Variation in the distribution of four cacti species due to climate change in Chihuahua, Mexico. **International journal of environmental research and public health**, v. 11, n. 1, p. 390–402, 2013.

CRIA . 2014 . Centro de referência e informação ambiental. Disponível em < [athttp://www.cria.org.br/](http://www.cria.org.br/)>. Acesso em 15 jun. 2016.

DA COSTA, G. M.; CARDOSO, D.; QUEIROZ, L. P.; CONCEIÇÃO, A. A. Variações locais na riqueza florística em duas ecorregiões de caatinga. **Rodriguésia**, v. 66, n. 3, p. 685–709, 2015.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. **Ministério do Meio Ambiente: Serviço Florestal Brasileiro**, 2ª ed., p. 368, 2010.

GIBSON, A. C.; NOBEL, P. S. **The Cactus Primer**. 1ª ed. Cambridge, M A and London, England: Harvard University Press, 1986.

GODOY, J.F.L. 2007. Ecofisiologia do estabelecimento de leguminosas arbóreas da Mata Atlântica, pertencentes a diferentes grupos funcionais, sob atmosfera enriquecida com CO₂: uma abordagem sucessional. [Tese] de doutorado apresentada ao Curso de Pós-graduação em Biodiversidade e Meio Ambiente do Instituto de Botânica de São Paulo. 109p.

GRIFFITH, M. P. *Pereskia*, Portulacaceae, photosynthesis, and phylogenies: Implications for early Cactaceae. **Haseltonia**, v. 14, p. 37–45, 2008.

HAFFER, J.; PRANCE, G. T. Impulsos climáticos da evolução na Amazônia durante o Cenozóico: sobre a teoria dos Refúgios da diferenciação biótica. **Estudos Avançados**, v. 16, n. 46, p. 175–206, 2002.

HANNAH, L.; MIDGLAY, G.; ANDELMAN, S.; ARAÚJO, M.; HUGHES, G.; MARTINEZ-MEYER, E.; PEARSON, R.; WILLIAMS, P. Protected area needs in a changing climate. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 5, n. 3, p. 131–138, 2007.

HERNANDEZ-HERNANDEZ, T.; HERNANDEZ, H. M.; DE-NOVA, J. A.; PUENTE, R.; EGUIARTE, L. E.; MAGALLON, S. Phylogenetic relationships and evolution of growth form in Cactaceae (Caryophyllales, Eudicotyledoneae). **American Journal of Botany**, v. 98, n. 1, p. 44–61, 2011.

HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 25, n. 15, p. 1965–1978, 2005.

HUTCHINSON, G. E. Limnological Studies in Connecticut. VII. A critical examination of the supposed relationship between phytoplakton periodicity and chemical changes in lake waters. **Ecology**, v. 25, n. 1, p. 3–26, 1944.

INÁCIO-SILVA, M.; CARMO, D. M. DO; PERALTA, D. F. As espécies brasileiras endêmicas de *Campylopus* Brid. (Bryophyta) estão ameaçadas? Uma análise usando modelagem para avaliar os seus estados de conservação. **Hoehnea**, v. 44, n. 3, p. 464–472, 2017.

IUCN. A IUCN Lista vermelha de espécies ameaçadas. Versão 2018-1. Disponível: < <http://www.iucnredlist.org> >. Acesso 27 de julho de 2018.

JBRJ . 2012 . Instituto de pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Jabot. – Banco de dados da floresta brasileira. Disponível em <<http://www.jbrj.gov.br/jabot>>. Acesso em 23 Jul. 2016.

LA BARREDA-BAUTISTA, B. DE; LÓPEZ-CALOCA, A. A; COUTURIER, S; SILVÂN-CÂRDEANS, J. L. Tropical Dry forests in the global picture: the challenge of remote sensing-based change detection in tropical dry environments. In: Planet earth 2011 - Global warming challenges and opportunities for policy and practice. [s.l.] **InTech**, 2011.

LEAL, I. R.; DA SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; LACHER JR, T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **MEGADIVERSIDADE**, v. 1, n. 1, 2005.

LEDRU, M. P., BRAGA, P. I. S., SOUBIÈS, F., FOUNIER, M., MARTIN, L., SUGUIO, K. & TURCQ, B., 1996, The last 50,000 years in the Neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, 123: 239-257.

LEITE, J. C.; LEITE, J. C. Do mistério das eras do gelo às mudanças climáticas abruptas. **Scientiae Studia**, v. 13, n. 4, p. 811–839, 2015.

LINARES-PALOMINO, R.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; PENNINGTON, R. T. Neotropical seasonally dry forests: Diversity, endemism, and biogeography of woody plants. In: **Seasonally dry tropical forests**. Washington, DC: Island press/center for resource economics, 2011. p. 3–21.

LUCENA, E. A. R. M. Fenologia, biologia da polinização e da reprodução de *Pilosocereus* Byles & Rowley (Cactaceae) no Nordeste do Brasil. [Tese] Universidade Federal de Pernambuco, 2007.

MANDUJANO, M. C.; CARRILLO-ANGELES, I.; MARTÍNEZ-PERALTA, C.; GOLUBOV, J. Reproductive biology of Cactaceae. In: **Desert Plants**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 197–230.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade - caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. v. 1, p.214, 2006.

MEDINA, E. Aspectos ecofisiológicos de plantas CAM en los trópicos. **Revista Biología Tropical**, v. 35, n. 1, p. 55–70, 1987.

MEIADO, M. V. Germinação de sementes de cactos do Brasil: fotoblastismo e temperaturas cardeais. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 22, n. 3, p. 20-23, 2012.

MEIADO, M. V.; ALBUQUERQUE, L. S. C.; ROCHA, E. A.; ROJAS-ARÉCHIGA, M.; LEAL, I. R. Seed germination responses of *Cereus jamacaru* DC. ssp. *jamacaru* (Cactaceae) to environmental factors. **Plant Species Biology**, v. 25, n. 2, p. 120–128, 2010.

MEIADO, M. V.; ROJAS-ARÉCHIGA, M.; SIQUEIRA-FILHO, J. A.; LEAL, I. R. Effects of light and temperature on seed germination of cacti of Brazilian ecosystems. **Plant Species Biology**, v. 31, n. 2, p. 87–97, 2016.

MENEZES MOT, ZAPPI, D. C.; MORAES, E. M.; FRANCO, F. F.; TAYLOR, N. P.; COSTA, I. R.; LOIOLA, M. I. B. Pleistocene radiation of coastal species of *Pilosocereus* (Cactaceae) in eastern Brazil. **J Arid Environ. Elsevier Ltd**; 2016;135: 22–32.

METZ, B.; DAVIDSON, O. R.; BOSCH, P. R.; DAVE, R.; MEYER, L. A. Contribution of working group III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. **Cambridge University Press**, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.

MEYER, K.E.B., CASSINO, R.F., LORENTE, F.L., RACZKA, M., PARIZZI, M.G. 2014. Paleoclima e paleoambiente do Cerrado durante o Quaternário com base em análises palinológicas. In: CARVALHO, I. S., GARCIA, M.J., LANA, C.C.; Strohschoen, O. (Eds.). **Paleontologia: Cenários da Vida**, v. 5, Interciência, Rio de Janeiro, pp. 403-420.

MOSCO, A. Niche characteristics and potential distribution of *Thelocactus* species, a Mexican genus of globular cacti. **bioRxiv**, p. 124511, 2017.

OLIVEIRA, G.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; TERRIBILE, L. C.; DOBROVOLSKI, R.; TELLES, M. P. C.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Conservation biogeography of the

Cerrado's wild edible plants under climate change: Linking biotic stability with agricultural expansion. **American Journal of Botany**, v. 102, n. 6, p. 870–877, 2015.

OLIVEIRA, M.J.; CARNEIRO, C. D. R.; VECCHIA, F. A. S.; BAPTISTA, G. M. M. **Ciclos climáticos e causas naturais das mudanças do clima**. Terra e Didática. 2017. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Inter-relações entre biodiversidade e mudanças climáticas. Brasília: MMA, 2007. 206 p.

PEIXOTO, M. R.; ZAPPI, D. C.; SILVA, S. R.; COSTA, G. M.; AONA, L. Y. S. Cactus survey at the Floresta Nacional of Contendas do Sincora, Bahia, Brazil. **Bradleya**, v. 34, p. 38–54, 2016.

PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. **Ecography**, v. 31, n. 2, p. 161–175, 2008.

PIRES, A. S.; FERNANDEZ, F. A. S.; BARROS, C. S., 2006. Vivendo em um mundo em pedaços: Efeitos da fragmentação florestal sobre comunidades e populações animais. In ROCHA, C.F.D., BERGALLO, H.G., SLUYS, M.V. and ALVES, M.V. **Biologia da Conservação: Essências**. RiMa. p. 231-260.

PRADO, D. E.; GIBBS, P. E. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of south america. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 80, n. 4, p. 902, 1993.

RIBEIRO-SILVA, S.; MEDEIROS, M. B.; LIMA, V. V. F.; PEIXOTO, M. R.; AONA, L. Y. S. Patterns of cactaceae species distribution in a protected area in the semiarid caatinga biome of north-eastern brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 73, n. 02, p. 157–170, 2016.

SANTOS, G. M. M.; CRUZ, J. D.; BICHARA FILHO, C. C.; MARQUES, O. M.; AGUIAR, C. M. L. Utilização de frutos de cactos (Cactaceae) como recurso alimentar por vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae) em uma área de caatinga (Ipirá, Bahia, Brasil). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 4, p. 1052–1056, 2007.

SILVA, G. A. R.; ANTONELLI, A.; LENDEL, A.; MORAES, E. M.; MANFRIN, M. H. The impact of early Quaternary climate change on the diversification and population dynamics of a South American cactus species. **Journal of Biogeography**, v. 45, n. 1, p. 76–88, 2018.

SOFFIATTI, P.; ANGYALOSSY, V. Anatomy of Brazilian Cereeae (subfamily Cactoideae, Cactaceae): *Arrojadoa* Britton & Rose, *Stephanocereus* A. Berger and *Brasillicereus* Backeberg. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 4, p. 813–822, 2007.

TAYLOR, N. P.; ZAPPI, D. C. **Cacti of eastern Brazil**. [s.l.] Royal Botanic Gardens, Kew, 2004. 500p.

THOMAS, M. F.; THORP, M. B. Geomorphic response to rapid climatic and hydrologic change during the late pleistocene and early holocene in the humid and sub-humid tropics. **Quaternary Science Reviews**, v. 14, n. 2, p. 193–207, 1995.

WERNECK, F. P.; COSTA, G. C.; COLLI, G. R.; PRADO, D. E.; SITES JR, J. W. Revisiting the historical distribution of Seasonally Dry Tropical Forests: new insights based on palaeodistribution modelling and palynological evidence. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, n. 2, p. 272–288, 2011.

WISZ, M. S.; HIJMANS, R. J.; LI, J.; PETERSON, A. T.; GRAHAM, C. H.; GUIBAN, A. Effects of sample size on the performance of species distribution models. **Diversity and Distributions**, v. 14, n. 5, p. 763–773, 2008.

ZAPPI, D. & TAYLOR, N. Cactaceae in lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB1753>> Acesso 15 abr. 2018.

ZAPPI, D.; RIBEIRO-SILVA, S.; AONA, L. Y. S. e TAYLOR, N. Parte I: Domínios fitogeográficos. In: SILVA, R. S.; ZAPPI, D.; TAYLOR, N.; MACHADO, M. **Plano de ação nacional para a conservação das Cactaceae**. Brasília-DF: Instituto Chico Mendes de conservação e biodiversidade. 2011. p. 36-40.

ZAPPI, D.; TAYLOR, N.; LAROCA, J & CALVENTE, A. Parte I: Domínios Fitogeográficos. In: SILVA, R. S.; ZAPPI, D.; TAYLOR, N.; MACHADO, M. **Plano de ação nacional para a conservação das Cactaceae**. Brasília-DF: Instituto Chico Mendes de conservação e biodiversidade. 2011. p. 28-36.

ZAPPI, D.; TAYLOR, N.; SANTOS, M. R. Parte I: Conservação das Cactaceae do Brasil. In: SILVA, R. S.; ZAPPI, D.; TAYLOR, N.; MACHADO, M. **Plano de ação nacional para a conservação das Cactaceae**. Brasília-DF: Instituto Chico Mendes de conservação e biodiversidade. 2011. p. 27-28.

ZUQUIM, G.; COSTA, F.R.C. & PRADO, J. 2007. Fatores que determinam a distribuição de espécies de pteridófitas da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Biociências** 5: 360-362.