

**INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS
E ESPACIAIS NA DISTRIBUIÇÃO
GEOGRÁFICA DA FAMÍLIA CACTACEAE
NO LESTE DO BRASIL**

MARIANNA RODRIGUES SANTOS

2009

MARIANNA RODRIGUES SANTOS

INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ESPACIAIS NA
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA FAMÍLIA CACTACEAE NO
LESTE DO BRASIL

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Lavras como parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de
concentração Ecologia e Conservação de Recursos
Naturais de Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas
para obtenção do título de "Mestre"

Orientador
DR. ARY TEIXEIRA DE OLIVEIRA FILHO

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Santos, Marianna Rodrigues.

Influência de variáveis ambientais e espaciais na distribuição
geográfica da família Cactaceae no leste do Brasil

Marianna Rodrigues Santos. – Lavras : UFLA, 2009.

64 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Ary Teixeira de Oliveira Filho.

Bibliografia.

1. Fitogeografia. 2. Cactaceae. 3. Fitofisionomias. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 581.56981

MARIANNA RODRIGUES SANTOS

INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ESPACIAIS NA
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA FAMÍLIA CACTACEAE NO
LESTE DO BRASIL

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Lavras como parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de
concentração Ecologia e Conservação de Recursos
Naturais de Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas
para obtenção do título de "Mestre"

APROVADA em 13 de fevereiro de 2009

Prof. Dr. Alexandre Salino - UFMG

Profa. Dra. Gislene Carvalho de Castro - UFSJ

Prof. Dr. Ary Teixeira de Oliveira Filho
UFMG
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

A Deus, a Márcio, à minha família, parentes e aos meus amigos pelo
amor, ajuda e apoio.
A Joaquim , meu sogro (*in memoriam*)

OFEREÇO.

“A natureza foi definida como um princípio de movimento e mudança e esse é o objetivo da nossa investigação. Precisamos então ver o que sabemos sobre o significado do movimento, pois se for desconhecido, o significado da natureza também será.”
(Aristóteles, *Physics*, III, 1)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por mais esta conquista na minha vida, apenas Ele sabe o quanto este caminho até aqui foi difícil, mas que a presença Dele tornou possível. Agradeço a Ele por todas as pessoas maravilhosas que conheci durante a minha jornada até aqui, porque sem estas pessoas tudo seria muito mais difícil.

A Márcio pelo amor, companheirismo, respeito e compreensão. À minha família e parentes pela força e apoio diante das minhas escolhas.

Aos meus amigos Pathy, Dora, Lizinha, Fabiana, Pri e Hisas por simplesmente existirem e fazerem parte desta caminhada, pelos momentos de diversão e por sempre estarem “lá” quando eu precisei.

Aos colegas e amigos Grazi, Arthur, Elton, Rodrigo, Lelê, Ciça, Andréia, Carol e Jean pelos momentos de descontração e pela amizade.

À Gleyce e Bodin pela ajuda com o Diva e ArcGis.

À UFLA, ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada pela oportunidade.

À Capes pela concessão da bolsa, porque sem ela realmente a minha estada em Lavras e a conclusão do mestrado seria impossível.

Ao Ary e aos demais professores do programa pelo aprendizado, paciência e experiência adquirida.

À Daniela Zappi que apesar da distância, esteve sempre presente esclarecendo dúvidas, ensinando e dando força.

Aos membros da banca por se disponibilizarem.

À todos que de alguma maneira participou desta caminhada.

Obrigada.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
APRESENTAÇÃO.....	iii
ARTIGO.....	1
RESUMO.....	2
ABSTRACT.....	3
1 INTRODUÇÃO.....	4
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
2.1 Área de estudo, classificação do clima e vegetação.....	5
2.2 Obtenção do banco de dados e das variáveis ambientais e espaciais.....	8
2.3 Correlações entre espécies, variáveis ambientais e espaciais.....	10
2.4 Análise de espécies indicadoras.....	12
2.5 Análises da distribuição da riqueza de espécies.....	12
3 RESULTADOS.....	13
3.1 Correlações entre espécies, variáveis ambientais e espaciais.....	13
3.2 Análise de espécies indicadoras.....	17
3.3 Análises da distribuição da riqueza de espécies.....	17
4 DISCUSSÃO.....	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
TABELAS.....	40
FIGURAS.....	54

RESUMO

SANTOS, Marianna Rodrigues. **Influência de variáveis ambientais e espaciais na distribuição geográfica da família Cactaceae no leste do Brasil**. 2009. 64 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.¹

Este estudo foi realizado com o intuito de investigar a influência de variáveis climático-ambientais, espaciais e de seis diferentes fitofisionomias sobre a distribuição da família Cactaceae no leste do Brasil. Dados de ocorrência das espécies e variáveis ambientais e espaciais das suas áreas de ocorrência foram reunidos através de consulta bibliográfica e a bancos de dados e, posteriormente, submetidos a análises de correspondência canônica (CCA) e retificada (DCA), de espécies indicadoras (ISA) e curva de espécies-área. Também foram realizadas análises relacionando a riqueza de espécies e riqueza de espécies em cada forma de crescimento do caule com as variáveis ambientais e espaciais. Em todas as CCAs, os testes de permutação de Monte Carlo indicaram correlações significativas entre a distribuição das espécies com as seguintes variáveis: precipitação no mês mais seco, regime climático, fluxo foliar, faixa altitudinal, *status* nutricional do solo, latitude e longitude. Apesar das correlações significativas entre as espécies e algumas variáveis, 83,26% da variação não foi correlacionada. Em relação à ISA, a caatinga e as formações savânicas e rupestres foram as que apresentaram maior número de espécies indicadoras, correspondendo a 16,64% e 30,72% do total, respectivamente. A análise da distribuição da riqueza de espécies mostrou que as cactáceas do leste do Brasil possuem um padrão geral de distribuição concentrado em nível intermediário em relação às classes utilizadas neste estudo para as variáveis ambientais e espaciais. As formas de crescimento das cactáceas mostraram ter sua distribuição influenciada pelas variáveis analisadas, o que torna interessante a realização de estudos para entender melhor a relação das cactáceas com seu ambiente.

Palavras-chave: fitogeografia, Cactaceae, fitofisionomias.

¹ Comitê Orientador: Ary Teixeira de Oliveira Filho – UFMG (Orientador), Daniela Cristina Zappi - Royal Botanic Gardens, Kew (Co-orientadora).

ABSTRACT

SANTOS, Marianna Rodrigues. **Influence of environmental and spatial variables on the Cactaceae family distribution in eastern Brazil.** 2009. 64 p. Dissertation (Applied Ecology Up-Graduation) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.¹

This paper was realized with aim of investigate the influence of climatic-environmental and spatial variables and six different vegetation formations on the cacti flora in eastern Brazil. Species occurrence and variables were extracted from bibliography and data banks and after were submitted to Canonical Correspondence Analysis (CCA), Detrended Correspondence Analysis (DCA), indicator species (ISA) and species-area curve analysis connecting species and variables through multivariate analysis programs. Analyses connecting species richness and stem growth with climatic-environmental and spatial variables like latitude, altitude and ocean distance also were did. In all the CCAs, the Monte Carlo permutation test denoted highly significatives differences ($p < 0,05$) and the variables precipitation of driest month, climatic regim, leaf flux, latitude and longitude indicated significatives correlations with two first ordination axis. In spite of the significatives correlations of species and some variables, 83,26% of the species variation was unexplained. Caatinga and savannas and outcrops fields showed the largest number of indicators species, 16,64% and 30,72%, respectively. The analysis of richness distribution showed that cacti flora of eastern Brazil, had a general pattern of intermediary distribution, in agreement with environmental and spatial variables categories analysed here. The cacti stem growth distribution showed be under the influence of the variables analysed, what become interesting the realization of researchs to understand better the relation of cacti flora with its environment.

Keywords: phytogeography, Cactaceae, vegetation physiognomies.

¹ Supervising Committee: Ary Teixeira de Oliveira Filho – UFMG (Supervisor), Daniela Cristina Zappi - Royal Botanic Gardens, Kew (Co-supervisor).

APRESENTAÇÃO

O território brasileiro é dotado de grande diversidade de paisagens, com relevo bastante acidentado, diferentes tipos de climas e vegetações que geram uma grande variedade e heterogeneidade de habitats e, conseqüentemente, uma maior diversidade de espécies. Isto pode ser observado para a flora da família Cactaceae no país. Dentre os países com maior diversidade e endemismos de espécies de cactos, o Brasil, especificamente o leste do país, aparece como terceiro colocado.

Iniciativas científicas com intuito de conservação destas áreas com maior diversidade e, principalmente, maiores graus de endemismos têm sido realizadas em outros países e regiões das Américas dotadas de diversidade e endemismos maiores ou inferiores ao do Brasil, entretanto, neste, pouco tem sido feito, principalmente, por parte das autoridades

Sendo assim, o presente estudo intitulado como “INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ESPACIAIS NA DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA FAMÍLIA CACTACEAE NO LESTE DO BRASIL” é uma iniciativa, dentre outras que vêm sendo realizadas por outros pesquisadores que trabalham com Cactaceae, que visa trazer ao conhecimento científico informações sobre as relações biológicas e ecológicas que a flora de cactos tem com seus diferentes tipos de habitats e, com isto, reforçar a importância da conservação dos ambientes habitados por

espécies da família que muitas vezes se restringem a ambientes que são visados economicamente pelo homem para extração de matéria-prima.

A presente dissertação foi estruturada em um artigo, de acordo com a opção de formatação de dissertações e teses do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada. O artigo foi preparado para submissão à *Revista Brasileira de Botânica*.

Lavras, 13 de fevereiro de 2009

Influência de Variáveis Ambientais e Espaciais na Distribuição Geográfica da Família Cactaceae no Leste do Brasil

(Preparado de acordo com as normas da *Revista Brasileira de Botânica*)

MARIANNA RODRIGUES SANTOS^{1,4}, ARY TEIXEIRA DE OLIVEIRA FILHO², DANIELA CRISTINA ZAPPI³, NIGEL TAYLOR³

Título resumido: Distribuição geográfica da família Cactaceae no leste do Brasil

¹ Departamento de Biologia, Pós-graduação em Ecologia Aplicada, Universidade Federal de Lavras, 37200-000 Lavras, MG.

² Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, 31270-901, Belo Horizonte, MG

³ Royal Botanic Gardens, Kew. Richmond, Surrey, TW9 3AE, Inglaterra.

⁴ Autor para correspondência: mrodriguesantos@gmail.com

Resumo- (Influência de variáveis ambientais e espaciais na distribuição geográfica da família Cactaceae no leste do Brasil). Este estudo foi realizado com o intuito de investigar a influência de variáveis climático-ambientais, espaciais e de seis diferentes fitofisionomias sobre a distribuição da família Cactaceae no leste do Brasil. Dados de ocorrência das espécies e variáveis ambientais e espaciais das suas áreas de ocorrência foram reunidos através de consulta bibliográfica e a bancos de dados e, posteriormente, submetidos a análises de correspondência canônica (CCA) e retificada (DCA), de espécies indicadoras (ISA) e curva de espécies-área. Também foram realizadas análises relacionando a riqueza de espécies e riqueza de espécies em cada forma de crescimento do caule com as variáveis ambientais e espaciais. Em todas as CCAs, os testes de permutação de Monte Carlo indicaram correlações significativas entre a distribuição das espécies com as seguintes variáveis: precipitação no mês mais seco, regime climático, fluxo foliar, faixa altitudinal, *status* nutricional do solo, latitude e longitude. Apesar das correlações significativas entre as espécies e algumas variáveis, 83,26% da variação não foi correlacionada. Em relação à ISA, a caatinga e as formações savânicas e rupestres foram as que apresentaram maior número de espécies indicadoras, correspondendo a 16,64% e 30,72% do total, respectivamente. A análise da distribuição da riqueza de espécies mostrou que as cactáceas do leste do Brasil possuem um padrão geral de distribuição concentrado em nível intermediário em relação às classes utilizadas neste estudo para as variáveis ambientais e espaciais. As formas de crescimento das cactáceas mostraram ter sua distribuição influenciada pelas variáveis analisadas, o que torna interessante a realização de estudos para entender melhor a relação das cactáceas com seu ambiente.

Palavras-chave: fitogeografia, Cactaceae, fitofisionomias.

Abstract – (Influence of environmental and spatial variables on the Cactaceae family distribution in eastern Brazil). This paper was realized with aim of investigate the influence of climatic-environmental and spatial variables and six differents vegetation formations on the cacti flora in eastern Brazil. Species occurrence and variables were extracted from bibliography and data banks and after were submitted to Canonical Correspondence Analysis (CCA), Detrended Correspondence Analysis (DCA), indicator species (ISA) and species-area curve analysis connecting species and variables through multivariate analysis programs. Analyses connecting species richness and stem growth with climatic-environmental and spatial variables like latitude, altitude and ocean distance also were did. In all the CCAs, the Monte Carlo permutation test denoted highly significatives differences ($p < 0,05$) and the variables precipitation of driest month, climatic regim, leaf flux, latitude and longitude indicated significatives correlations with two first ordination axis. In spite of the significatives correlations of species and some variables, 83,26% of the species variation was unexplained. Caatinga and savannas and outcrops fields showed the largest number of indicators species, 16,64% and 30,72%, respectively. The analysis of richness distribution showed that cacti flora of eastern Brazil, had a general pattern of intermediary distribution, in agreement with environmental and spatial variables categories analysed here. The cacti stem growth distribution showed be under the influence of the variables analysed, what become interesting the realization of researchs to understand better the relation of cacti flora with its environment.

Keywords: phytogeography, Cactaceae, vegetation physiognomies.

1 Introdução

A família Cactaceae é composta por espécies arborescentes, arbustivas, trepadeiras ou epífitas, geralmente suculentas e perenes, sendo quase todas endêmicas das Américas, onde se distribuem desde o Canadá até a Argentina (Gibson & Nobel 1986; Montes et al., 1997). Fora das Américas ocorrem apenas três subespécies de *Rhipsalis baccifera* (*Rhipsalis baccifera* subsp. *mauritina*, subsp. *erythrocarpa* e subsp. *horrida*), sendo estas encontradas no Velho Mundo (Maxwell 1998, 1999a,b). O maior centro de diversidade da família encontra-se no México e sudoeste dos Estados, seguido pelas cordilheiras Andinas, abrangendo o Peru, Bolívia, nordeste do Chile e da Argentina e, posteriormente, o leste do Brasil (Taylor & Zappi, 2004). Dentre os países citados, o México é o que possui maior riqueza e endemismo de espécies (Hernández & Godínez, 1994; Boyle & Anderson, 2002).

As Cactaceae ocorrem entre as latitudes a 35° Norte e Sul, tanto ao nível do mar como até mais de 5000m altitude (Boyle & Anderson, 2002; Taylor & Zappi, 2004). Desta forma, as espécies desta família possuem a capacidade de crescer em diferentes ecossistemas, mas a maior diversidade é encontrada em regiões áridas e semi-áridas, onde são importantes fontes de recursos para diversas espécies de vertebrados e invertebrados, principalmente, na estação seca, época em que há grande escassez de recursos (Taylor & Zappi, 2004). Adicionalmente, algumas espécies de cactos representam importante fonte de recursos alimentares também para seres humanos e seus rebanhos, além de possuírem enorme valor ornamental (Nobel, 2002; Ortega-Baes & Godínez-Alvarez, 2006).

Em toda a sua área de ocorrência, a família Cactaceae compreende, no total, 124 gêneros e 1.438 espécies (Hunt et al., 2006), representando a segunda família com maior número de espécies endêmicas das Américas, com as Bromeliaceae em primeiro lugar (Taylor & Zappi, 2004). Para a região Leste do

Brasil são aceitas 162 espécies e subespécies, sendo 76% (123) endêmicas (Taylor & Zappi, 2004). Nesta região estão incluídas áreas de caatinga, cerrados, campos rupestres, mata atlântica (floresta ombrófila e floresta estacional semidecidual), e mata seca (floresta estacional decidual).

Alguns estudos abordando padrões de distribuição para cactáceas foram realizados (Hernández & Bárcenas, 1995, 1996; Mourelle & Ezcurra, 1997b; Guerrero et al., 2008). No entanto, estudos que abordem a influência de fatores climático-ambientais e espaciais na distribuição, riqueza e estrutura das populações de cactos são escassos, tanto para o Brasil, como também o resto das Américas. É muito importante, por outro lado, contribuir com informações a respeito da interação das espécies da família Cactaceae com o seu ambiente para subsidiar estudos de conservação e manejo de áreas com maior diversidade e endemismo. Diante disto, o presente estudo tem como objetivo verificar a influência de variáveis ambientais e espaciais sobre a distribuição das espécies da família Cactaceae no leste do Brasil.

2 Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo, classificação do clima e vegetação – Este estudo envolve a região leste do Brasil, que inclui os estados pertencentes às Regiões Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) e Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) que incluem um mosaico de diferentes tipos de vegetação e clima. Os climas nestas regiões são controlados por massas de ar equatoriais e tropicais que, segundo a classificação de Köppen-Geiger, inclui os tipos litorâneos Af (tropical úmido, sem estação seca definida e precipitação anual superior à evapotranspiração potencial anual) e As (clima tropical com estação seca de verão) e os mais interioranos, Aw (clima tropical com estação seca de inverno),

Cwa (clima temperado úmido com inverno seco e verão quente), Cwb (mesotérmico com verões brandos e suaves e estiagens de inverno), e BSh (clima árido, semi-desértico) (Kottek et al., 2006; Peel et al., 2007).

O leste do Brasil está sob, pelo menos, três dos seis Domínios Morfoclimáticos segundo a classificação feita por Ab'Saber (1970, 2005) e adaptado por Fernandes (2006), que são o Domínio das Depressões Intermontanas Semiáridas, o Domínio dos Mares de Morros e Domínio dos Chapadões Tropicais. O primeiro é caracterizado por uma região com exposição do embasamento cristalino, entre elevações marginais e os seus relevos residuais interiores e pela decomposição e freqüente afloramento de rochas. Os solos são rasos, muitas vezes pedregosos e em certas áreas ocorrem campos de inselbergues. As precipitações são estacionais, durando de três a quatro meses, com pluviometria variando de 200-800 mm anuais predominando em seu espaço total a caatinga, dotada de vegetação xerófila, caducifólia e acentuadamente tropofítica (adaptada a condições climáticas em que períodos de grande quantidade de chuva são alternados com períodos de seca). Neste domínio, ocorrem também enclaves de “brejos” na forma de microrregiões úmidas e florestadas, com solos de boa fertilidade, porém frágeis conforme a posição na topografia ou perante usos predatórios e processos erosivos ativados por ações antrópicas (Ab'Saber, 2005).

Já o Domínio dos Mares de Morros distribui-se, em sua maior extensão, ao longo da costa austro-oriental atlântica. Neste há uma generalizada decomposição de rochas em profundidade, com solos predominantemente constituídos por latossolos vermelho-amarelos. As precipitações alcançam valores entre 1200-2000 mm anuais, podendo atingir 3000-4000 mm em algumas áreas serranas, com distribuição variando em duração e volume precipitado durante o ano, com predomínio de vegetação florestal de natureza pluvial e também estacional sobre um sistema de serras cristalinas. Finalmente,

o Domínio dos Chapadões Tropicais caracteriza-se pelos planaltos de estrutura complexa, com terrenos cristalinos e sedimentares, solos em geral pobres, prevalecendo a existência de duas estações, uma chuvosa e outra seca, com precipitações variando entre 1300-2000 mm anuais sendo dominado por uma vegetação escleromorfa e tropofítica, o Cerrado.

O campo rupestre é descrito como um mosaico de diferentes tipos de vegetação, que reflete a íntima mistura de diferentes topografias, substratos e microclimas, resultante da justaposição de cadeias de montanhas, vales gramíneos ou pantanosos, platôs com vegetação mais ou menos aberta, rochas nuas, depósitos de areia e cascalho e bruscas flutuações diurnas na temperatura, umidade e luz. Neste tipo de vegetação, a precipitação é muito variável, mas, freqüentemente, excede 1000 mm por ano acompanhada pela grande quantidade de orvalho e neblina (Taylor & Zappi, 2004). As temperaturas máximas são mais baixas que em outros tipos de vegetação e no inverno a temperatura mínima pode chegar a valores entre 0 °C e -4 °C, nas maiores elevações (Nimer, 1973). Os campos rupestres são comumente e intrinsecamente associados com o cerrado, uma vez que a distinção entre os dois é difícil de fazer, sendo assim, no presente estudo estas duas fitofisionomias são consideradas juntas, dado ao pequeno número de áreas de ocorrência de cactos em cerrado propriamente dito.

Para o presente estudo foram definidos seis tipos de vegetação com ocorrência de cactáceas e, para isto, foi adotada a classificação da vegetação segundo Oliveira-Filho (2009) em que as fitofisionomias foram definidas por aspectos topológicos da massa vegetal, organizadas em quatro grandes formações – as florestais, as arbustivas, as savânicas e as campestres. Detalhes adicionais são acrescentados para discriminar as fitofisionomias, particularmente as variações de altura, densidade e proporções das formas de crescimento, bem como a textura conferida pelos padrões da folhagem. Isto inclui folhas largas e planas (latifoliadas), ausentes, efêmeras ou enrijecidas (rigidifoliadas).

Nesta classificação, uma vez definida a fitofisionomia, podem ser agregados a ela cinco atributos hierárquicos: regime climático, regime de renovação foliar, domínio térmico, faixa altitudinal e substrato. Com isto, os seis tipos de fitofisionomias que possuem registros de cactáceas no leste do Brasil são definidas abaixo em maior detalhe e depois substituídas no restante do texto pelos nomes mais curtos em itálico:

(a) Nanofloresta e arbustal latifoliados ou campo-lenhoso litorâneos rupícolas ou arenícolas = *restinga*.

(b) Floresta e nanofloresta latifoliadas pluviais perenifólias rupícolas ou de solos profundos = *floresta pluvial*.

(c) Floresta e nanofloresta latifoliadas estacionais semideciduífólias rupícolas ou de solos profundos = *floresta semidecídua*.

(d) Floresta e nanofloresta latifoliadas estacionais a semi-áridas deciduífólias rupícolas ou de solos profundos = *floresta decídua*.

(e) Nanofloresta e arbustal rigidifoliados semi-áridos ou estacionais deciduífólios rupícolas ou de solos rasos = *caatinga*.

(f) Savana arbustiva aberta ou campo-lenhoso rupícolas ou de solos rasos = *cerrados e campos rupestres*.

2.2 *Obtenção do banco de dados e das variáveis ambientais e espaciais* - O presente estudo faz uso de dois conjuntos de dados: ocorrência das espécies de Cactaceae e variáveis ambientais e espaciais. As ambientais se relacionam à natureza do substrato e ao clima ao passo que as espaciais se relacionam à altitude e situação geográfica. Listagens de espécies de Cactaceae e dados relacionados ao substrato e à distribuição geográfica das espécies foram extraídos do livro *Cacti of Eastern Brazil* (Taylor & Zappi, 2004), do acesso ao conteúdo de vários herbários do mundo através do site Species Link & Centro de

Referência em Informação Ambiental (2007) e das informações sobre cactáceas arbóreas e arbustivas do banco de dados TreeAtlas 1.0 (Oliveira-Filho, 2007). Com isto, foram registradas 163 espécies de cactáceas em 714 áreas no leste do Brasil, entretanto, áreas muito próximas (raio de 20 Km) pertencentes ao mesmo tipo de fitofisionomia foram fundidas, totalizando 453 áreas.

As variáveis climáticas e a altitude foram extraídas do banco de dados Worldclim (Worldclim Database Version 1.4, 2008; Hijmans et al., 2005a) através do programa Diva-Gis 5.2 (Hijmans et al., 2005b) com auxílio dos dados de latitude e longitude das áreas. Com isto, foi obtido um conjunto de 19 variáveis bioclimáticas derivadas de valores mensais de temperatura e precipitação e que representam tendências anuais de sazonalidade e fatores climáticos extremos ou limitantes. Estas variáveis consistem em: temperatura média anual, mediada amplitude térmica diária, isothermalidade, sazonalidade da temperatura, temperatura máxima do mês mais quente, temperatura mínima do mês mais frio, temperatura máxima anual, temperatura média do trimestre mais chuvoso, temperatura média do trimestre mais seco, temperatura média do trimestre mais quente, temperatura média do trimestre mais frio, precipitação anual, precipitação do mês mais chuvoso, precipitação do mês mais seco, sazonalidade da precipitação, precipitação do trimestre mais chuvoso, precipitação do trimestre mais seco, precipitação do trimestre mais quente e precipitação do trimestre mais frio. Uma variável climática adicional, a duração do período de déficit hídrico, foi obtida de diagramas de Walter construídos com as médias mensais de temperatura e precipitação.

Um segundo conjunto de variáveis ordinais foi produzido a partir da classificação da vegetação encontrada no banco de dados TreeAtlas 1.0 conforme se segue. O regime climático foi expresso como: 1- estacional, 2 – litorâneo, 3 – pluvial e 4 - semi-árido. O fluxo foliar (regime de renovação foliar) como: 1- decíduifólio, 2- semidecíduifólio e 3-.perenifólio. A faixa

altitudinal como: 1- de planície, 2- inferomontana, 3 – nerítico, 4 – submontano e 5 – superomontano. O status nutricional do solo como: 1 – distrófico, 2 – eutrófico e 3 – mesotrófico. Dez tipos de substrato foram definidos: 1 – arenícola dunar e rupícola de costão, 2 – arenícola sedimentar, 3 – rupícola arenítico e areno-regolítico, 4 – rupícola calcítico e areno-regolítico, 5 – rupícola calcítico e regolítico, 6 – rupícola ferruginoso e regolítico, 7 – rupícola granito-gnáissico e areno-regolítico, 8 – rupícola granito-gnáissico e regolítico, 9 – rupícola quartzítico e areno-regolítico e 10 – rupícola regolítico sedimentar.

As variáveis espaciais consistiram da altitude, da distância das áreas ao oceano calculada através de uma análise espacial em ambiente SIG no programa ArcGis 9.2 (Environmental Systems Research Institute – ESRI, 2006) e das coordenadas geográficas das áreas, longitude (long) e latitude (lat), mais sete variáveis delas derivadas – long^2 , long^3 , lat^2 , lat^3 , $\text{long}*\text{lat}$, long^2*lat e $\text{long}*\text{lat}^2$ - seguindo o modelo polinomial proposto por Borcard et al. (1992).

Como a altitude é uma variável capaz de representar gradientes ambientais complexos, ecologicamente relevantes, a mesma foi incluída no conjunto de variáveis ambientais. Com isto, foram reunidas um total de 25 variáveis ambientais e dez variáveis espaciais.

2.3 Correlações entre espécies, variáveis ambientais e espaciais – Para investigar as relações entre a flora de cactáceas e as variáveis ambientais e espaciais, foi adotada a análise de correspondência canônica (CCA) (ter Braak, 1987, 1995) processada pelo programa CANOCO 4.5 (ter Braak & Smilauer, 1998) e executada seguindo o procedimento interativo de Borcard et al. (1992) que exige a preparação de três matrizes. A primeira foi uma matriz binária de presença e ausência de cada espécie em cada área. A segunda foi composta das 25 variáveis ambientais e a terceira das dez variáveis espaciais.

Como havia muitas áreas com apenas uma espécie e espécies que ocorriam em apenas uma área decidimos considerar apenas aquelas com mais de duas espécies e espécies que ocorrem em mais de duas áreas para esta análise. Com esta eliminação restaram 352 áreas e 128 espécies. O passo seguinte foi a realização de quatro CCAs relacionando a matriz de espécies com variáveis ambientais (CCA1), variáveis espaciais (CCA2), variáveis ambientais e co-variáveis espaciais (CCA3) e variáveis espaciais e co-variáveis ambientais (CCA4). Nas duas primeiras CCAs, foi utilizada a rotina de seleção progressiva de variáveis associada a testes de Monte Carlo com 499 repetições para verificar a significância das mesmas. No caso das variáveis ambientais dez permaneceram, regime climático, fluxo foliar, faixa altitudinal, *status* nutricional do solo, tipo de substrato, sazonalidade da temperatura, média da temperatura no trimestre mais chuvoso, sazonalidade da precipitação, precipitação no mês mais seco e no mês mais chuvoso. Das variáveis espaciais, nove permaneceram – latitude, longitude, $\text{long} \cdot \text{lat}$, long^2 , lat^2 , long^3 , lat^3 , $\text{long}^2 \cdot \text{lat}$, $\text{long} \cdot \text{lat}^2$. Contudo, as variáveis ambientais relacionadas à temperatura, a precipitação no mês mais chuvoso, a sazonalidade da precipitação, o tipo de substrato e as variáveis espaciais derivadas da latitude e longitude, apesar de terem sido significativas no teste de Monte Carlo, apresentaram correlações muito baixas com os dois primeiros eixos de ordenação, com isto, não foram incluídas na confecção dos diagramas de ordenação.

Testes de Monte Carlo (ter Braak, 1988) foram aplicados às quatro CCAs e seus resultados foram empregados para estimar a proporção da variação dos dados das espécies que é explicada distintamente pelas variáveis ambientais e espaciais, bem como a proporção explicada indistintamente pelos dois conjuntos de variáveis e a variação remanescente que não é explicável por nenhuma das variáveis em questão.

A matriz de espécies foi em seguida, submetida a uma análise de correspondência retificada (DCA) processada pelo programa PC-ORD 5.10 for Windows (McCune & Mefford, 2006) para confeccionar diagramas de ordenação de áreas e espécies, sem interferência de variáveis ambientais. Estes diagramas foram utilizados para uma análise ambiental *a posteriori*, sendo o sentido do aumento médio das variáveis ambientais e espaciais representado por setas nos diagramas produzidos pela DCA. As variáveis foram as mesmas selecionadas pela CCA, porém com eliminação daquelas que apresentaram correlações baixas com os dois eixos da DCA.

2.4 Análise de Espécies Indicadoras – Uma Análise de Espécies Indicadoras (ISA) (Dufrêne & Legendre, 1997) foi processada pelo programa PC-ORD 5.10 for Windows (McCune & Mefford, 2006) com intuito de identificar as espécies indicadoras de cada uma das seis fitofisionomias em estudo. Para tal, um valor indicador (Vallnd) é gerado para cada espécie em cada grupo e a significância da diferença de um valor gerado pelo acaso é determinada pelo teste de permutação de Monte Carlo. Como os dados de ocorrência de espécies neste trabalho não refletem a abundância, mas sim a presença e ausência das espécies nas áreas, muitas espécies apresentaram valores indicativos muito baixos, sendo assim, foram consideradas espécies indicadoras neste estudo aquelas espécies que apresentaram valores de significância $<0,05$.

2.5 Análises da distribuição da riqueza de espécies – Uma análise comparativa de riqueza entre as fitofisionomias foi realizada através de diagramas de Venn. Foram utilizados dados de frequência de espécies nas 352 áreas usadas nas análises multivariadas para estimar a riqueza de cactáceas em função de algumas variáveis ambientais e espaciais selecionadas pelas CCAs e outras não selecionadas, mas que se mostram importantes sob outros aspectos. A riqueza de

espécies foi então comparada entre as classes de cada variável por meio de curvas do esforço coletor traçadas a partir das médias e intervalos de confiança a 95% do número cumulativo de espécies (McCune & Mefford, 2006). Para esta análise, as variáveis utilizadas foram a altitude, regime climático, fluxo foliar, sazonalidade da precipitação, precipitação no mês mais seco, sazonalidade da temperatura, tipo de substrato e *status* nutricional do solo. Para a quantificação da riqueza segundo o substrato e o *status* nutricional, as cactáceas epífitas foram desconsideradas.

A riqueza também foi quantificada por bandas de 1° de latitude, agora considerando as 453 áreas que restaram após a junção de áreas próximas e incluídas entre 2° e 23°S. A distância do oceano também foi utilizada para quantificar a riqueza por faixas de 50 km.

Para verificar a riqueza de espécies em relação à forma de crescimento do caule, foram consideradas as mesmas variáveis utilizadas da curva espécie-área e também as seis fitofisionomias estudadas. As espécies de cactáceas foram incluídas em cinco diferentes categorias de forma de caule: (a) as colunares, (b) aquelas com formato globoso a alongado, incluindo também formas discóides e ovóides, (c) o grupo das espécies do gênero *Pereskia*, (d) as epífitas e uma categoria denominada (e) “outros” onde foram incluídas as espécies com caules ramificados, tanto cilíndricos como achatados.

3 Resultados

O levantamento geral registrou um total de 163 espécies de cactáceas (Tabela 1) distribuídas em seis fitofisionomias diferentes (Figura 1). Na tabela 1 são apresentadas, além da listagem espécies, a forma de crescimento do caule, distribuição geográfica, a(s) fitofisionomias e o(s) tipos de substratos onde ocorrem.

3.1 Correlações entre espécies, variáveis ambientais e espaciais – As CCAs 1 e 2 apresentaram autovalores $> 0,30$, exceto para o eixo 2 da CCA1, indicando uma considerável substituição de espécies ao longo dos gradientes. Por outro lado, as CCAs 3 e 4 apresentaram autovalores muito baixos para os dois primeiros eixos (Tabela 2), indicando gradientes curtos e pouca substituição de espécies ao longo dos mesmos.

As CCAs ambiental e espacial explicaram proporções semelhantes da variação total de espécies de cactáceas, entre 10 e 11%, salientando que a proximidade espacial tem um peso semelhante ao das variáveis ambientais quando se procura explicar a distribuição das espécies. Conforme mostra a figura 2, (a) apenas 5,34% da variação total é puramente ambiental e independente do espaço (CCA3); (b) 4,95% da variação é indistintamente espacial e ambiental (CCA1-3 ou CCA2-4), ou seja, deve-se à estrutura espacial do próprio ambiente; (c) 6,45% da variação é puramente espacial e independente do ambiente (CCA4). Em decorrência disto, 16,74% da variância total foi explicada por ambiente e espaço em conjunto (CCA1+4 ou CCA2+3), restando (d) 83,26% da variância das espécies que é estocástica ou não explicável pelas variáveis utilizadas neste estudo. Segundo ter Braak (1988), esta expressiva variância remanescente é comum em dados de vegetação e não prejudica a significância das relações espécie-ambiente.

Os dois primeiros eixos das quatro CCAs explicaram proporções pouco elevadas das variações da correlação entre espécie-ambiente, principalmente em relação ao primeiro eixo, sendo melhor explicadas pelo segundo eixo com valores superiores a 40% (Tabela 2). Entretanto, as correlações de Pearson entre espécies e variáveis ambientais e espaciais foram elevadas nos dois eixos, variando entre 0,65 a 0,89 para o primeiro e de 0,65 a 0,86 para o segundo eixo de ordenação. Além disto, em todas as CCAs, os testes de permutação de Monte

Carlo indicaram diferenças altamente significativas para todos os eixos canônicos (Tabela 2).

Entre as variáveis ambientais, destacam-se o regime climático, o fluxo foliar e a precipitação no mês mais seco, todas fortemente correlacionadas com o primeiro eixo da CCA1, não tendo peso expressivo no segundo eixo desta, com as duas primeiras variáveis com correlações negativas e a última, positiva. O regime climático e o fluxo foliar produziram correlações relativamente fracas, mas também negativas com o segundo eixo da CCA3. Ao contrário das variáveis ambientais citadas acima, a faixa altitudinal produziu correlação (positiva) mais forte com o segundo eixo da CCA 1 e mais fraca com o primeiro eixo da CCA3. O *status* nutricional, por sua vez, apresentou correlações relativamente fracas e negativas com o primeiro eixo das CCAs ambientais (Tabela 2).

Em relação às variáveis espaciais, a longitude produziu correlação forte e positiva com o segundo eixo da CCA 2 e foi ainda mais expressiva, mas desta vez de modo negativo, para o primeiro eixo da CCA4. Por outro lado, a latitude apresentou correlações fortes para os dois primeiros eixos das CCAs espaciais, sendo negativa na CCA4 (Tabela 2).

Os diagramas das figuras 3 e 4 mostram a ordenação de áreas e espécies, respectivamente, produzido pela DCA. As coordenadas de ordenação das áreas e espécies representam o ótimo aproximado de uma distribuição unimodal das mesmas no espaço de ordenação (ter Braak, 1988). Dentre todas as variáveis apresentadas a latitude e a longitude representam o gradiente principal entre áreas mais úmidas (restingas, florestas pluviais e florestas semidecíduas) e as florestas decíduas, caatinga e cerrados e campos rupestres, sendo as outras variáveis, como precipitação no mês mais seco, status nutricional, regime climático, fluxo foliar, e faixa altitudinal, fatores secundários e também fortemente influenciados pelas variáveis do gradiente principal.

O grupo na parte superior à direita do diagrama na figura 3 representa as áreas mais úmidas e que se apresentaram fortemente relacionadas à maior precipitação no mês mais seco do ano, ou seja, nestas áreas de menor longitude chove consideravelmente nos períodos mais secos havendo menos influência da sazonalidade climática durante o ano, que é o que ocorre nas áreas mais secas concentradas na parte esquerda e inferior do diagrama. Esta sazonalidade é causada, por exemplo, pela variação na temperatura, que é fortemente influenciada pela latitude e pela precipitação que varia negativamente conforme o aumento da longitude. Para as áreas mais secas, podem ser evidenciados dois grupos, as florestas decíduas, caatingas, cerrados e campos rupestres da região nordestina no canto esquerdo e as situadas na região do Médio São Francisco, na Bahia e norte de Minas Gerais, na parte inferior do diagrama, mostrando que estas áreas possuem semelhanças em sua flora de Cactaceae, ao passo que se diferenciam das áreas mais ao norte da Bahia e dos demais estados nordestinos situados mais à esquerda do diagrama.

As áreas de cerrados, campos rupestres e algumas de florestas decíduas situadas no canto direito inferior e próximas ao vetor da latitude são áreas que fazem parte do complexo da Cadeia do Espinhaço, que englobam serras como a do Ambrósio, do Cabral e regiões adjacentes, e que se mostraram diferentes em relação à flora de áreas como as da região da Chapada Diamantina, situadas mais próximas à origem dos vetores. A maioria das florestas decíduas ocorre também em torno do ponto de origem dos vetores, e mistura-se com as outras formações, indicando que esta fitofisionomia possui caráter ecotonal, e que partilha da flora de cactáceas com as demais fitofisionomias.

A ordenação das espécies (figura 4) sugere que a maioria das espécies do gênero *Rhipsalis* e espécies como *Cereus fernambucensis* subsp. *fernambucensis*, *Coleocephalocereus buxbaumianus* subsp. *buxbaumianus*, *Pilosocereus azulensis*, *Pilosocereus multicostatus*, *Pilosocereus brasiliensis*

subsp. *brasiliensis*, *Pilosocereus floccosus* subsp. *quadricostatus*, *Brasiliopuntia brasiliensis*, *Hylocereus setaceus*, *Epiphyllum phyllanthus*, *Pereskia aculeata*, *Pereskia grandifolia* subsp. *grandifolia*, *Pereskia grandifolia* subsp. *violacea*, *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus*, *Melocactus violaceus* subsp. *violaceus* tendem a ocorrer em latitudes maiores com precipitação considerável durante o ano, onde estão situadas as regiões litorâneas, incluindo as restingas e também florestas pluviais e semidecíduais com ambientes rupícolas, no interior do continente.

A maioria das espécies do gênero *Melocactus* e *Tacinga*, as espécies *Pilosocereus catingicola* subsp. *cattingicola*, *Pilosocereus gounellei* subsp. *gounellei*, *Pilosocereus tuberculatus*, *Brasilicereus phaeacanthus*, *Cereus albicaulis*, *Cereus jamacaru* subsp. *jamacaru*, *Harrisia adscendens*, *Facheiroa squamosa*, *Facheiroa ulei*, dentre outras, estão associadas a ambientes semi-áridos, com pouca influência da variação da temperatura mas fortemente influenciadas pela duração da estação chuvosa (Figura 4).

Em regiões de longitudes maiores, no interior do continente, encontramos os campos rupestres na cadeia do Espinhaço em Minas Gerais, onde são encontradas as espécies do gênero *Cipocereus*, *Arthrocareus* e *Uebelmannia*. Nas florestas decíduas do norte de Minas Gerais, oeste e sudoeste da Bahia, que são influenciadas diretamente pela sazonalidade climática predominam espécies como *Cereus jamacaru* subsp. *calcirupicola*, *Micranthocereus dolichospermaticus*, *Pereskia aureiflora*, *Pilosocereus gounellei* subsp. *zehntneri* e *Quiabentia zehntneri* (figura 4).

3.2 *Análise de espécies indicadoras* - Das 128 espécies da família Cactaceae analisadas em 352 áreas pelo método de espécies indicadoras (tabela 3), o teste de significância de Monte Carlo mostrou que tanto as restingas como as florestas decíduas apresentaram apenas seis (7,68%) espécies que podem ser consideradas

como indicadoras destes ambientes. As florestas pluviais apresentaram também poucas espécies indicadoras, apenas sete (8,96%), seguidas pelas florestas semidecíduas, com nove (11,52%). A grande preferência das cactáceas por habitats particulares pôde ser comprovada por esta análise, onde 13 (16,64%) e 24 (30,72%) espécies apresentaram preferência significativa pelas formações de caatinga e savânicas e campestres, respectivamente.

3.3 Análises da distribuição da riqueza de espécies - Os diagramas de Venn na figura 5 permitiram uma avaliação comparativa da riqueza da flora de cactáceas nos seis tipos de fitofisionomias. As formações dos cerrados e campos rupestres apresentaram maior número de espécies (104), seguidos pelas caatingas (95) e pelas florestas decíduas (87) (figura 5). Entretanto, o número de áreas estudadas foi maior para a caatinga com 159 áreas, seguidas das florestas decíduas com 92 e dos cerrados e campos rupestres (67).

De acordo com o diagrama A da figura 5, a caatinga, as florestas decíduas e os cerrados e campos rupestres, quando analisadas juntas, compartilham um maior número cactáceas quando comparados às demais combinações nos outros diagramas. Também é possível observar que os cerrados e campos rupestres apresentam 24% da sua flora de cactos endêmica, quando analisados juntamente com a caatinga e florestas decíduas, chegando a compartilhar mais espécies com a caatinga. Nos diagramas C e F, mais uma vez, as formações savânicas e campestres apresentaram maior percentagem de espécies restritas a estes ambientes, sendo 59,62% quando analisadas com as florestas pluviais e restingas e 50,96% quando analisadas juntamente com as florestas semidecíduas e pluviais. No diagrama C, os cerrados e campos rupestres compartilharam 19 espécies com as florestas pluviais, entretanto, no diagrama F, quando a restinga é substituída pelas florestas semidecíduas, este número diminui. No geral, as caatingas aparentemente apresentam menos

espécies incomuns às outras fitofisionomias que as formações savânicas e campestres, indicando que estas, provavelmente, possuem maior número de espécies restritas e endêmicas que as caatingas.

Quando analisamos as fitofisionomias mais úmidas em conjunto (diagrama D), percebe-se que, apesar de sua proximidade geográfica, as florestas pluviais compartilham menor número de espécies de cactáceas com a restinga e maior número com as florestas semidecíduas. No diagrama E, ocorre um considerável compartilhamento entre as três fitofisionomias, sendo importante ressaltar que a caatinga compartilha um maior número de espécies com as florestas decíduas que quando comparado no diagrama A, onde, ao invés das florestas semidecíduas, a caatinga é analisada juntamente com os cerrados e campos rupestres. A caatinga apresentou uma maior número de espécies endêmicas quando analisada com fitofisionomias mais úmidas (diagrama B).

A influência da latitude e da distância do oceano sobre a riqueza de espécies de cactáceas que é evidenciada na figura 6. Os padrões latitudinais, mostram maior riqueza de espécies de Cactaceae entre as latitudes 11°S e 16°S (figura 6a), que cobrem quase todo o território da Bahia, o norte de Minas Gerais e o Vale do Jequitinhonha. A maior riqueza foi com 70 espécies, verificada entre 11°S e 12°S, onde estão situadas 44 áreas na Bahia. As latitudes menores, entre 2°S e 7°S, cobrindo os estados do Maranhão, Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba e norte de Pernambuco, e as latitudes maiores, entre 21°S e 23°S, onde estão as áreas do sul e sudoeste de Minas Gerais e os estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo, apresentaram menor riqueza de espécies (figura 6 a).

Da mesma forma, a influência da distância do oceano, apesar de não ter sido significativa na CCA, mostrou um padrão interessante, onde a maior riqueza de espécies foi encontrada entre 250 e 399 km, e as áreas situadas em distâncias maiores que 450 km, mais no interior do continente, portanto, apresentaram a menor riqueza (figura 6 b).

Padrões relacionados ao ambiente podem ser observados na figura 7. As curvas do esforço do coletor indicam maior riqueza potencial de espécies de cactáceas em áreas com altitude entre 600-799 m e 800-999m, seguido de áreas a 200-399 m (figura 7a). As áreas com regime de renovação foliar semideciduífólio, no qual 30 – 60% da massa foliar é liberada na estação mais seca e/ou fria, obteve um maior número de espécies que as áreas com regime deciduífólio que liberam 60% da massa foliar (figura 7 b).

O regime climático estacional apresentou maior número cumulativo médio de cerca de 240 áreas (figura 7 c). Embora tenha alcançado sua maior riqueza em menos áreas, o regime semi-árido possui número de espécies inferior às áreas que estão sob regime climático estacional. Conforme esperado, as áreas sob regime climático litorâneo e pluvial apresentaram baixo número cumulativo médio de espécies (figura 7 c).

Áreas com grande sazonalidade de precipitação, entre 81 e 100%, apresentam a maior riqueza de espécies da família, poucas preferem ambientes com baixa sazonalidade (0 a 20%) (figura 7 d), e um maior número de espécies é encontrado em áreas com menor precipitação nos meses mais secos do ano (figura 7 e). As áreas com sazonalidade da temperatura entre 151 e 200% foram mais ricas (figuras 7 f).

Ao contrário das demais variáveis ambientais apresentadas, quando o assunto em questão é o substrato, as cactáceas possuem preferência por habitats extremos, entretanto, o *status* nutricional mesotrófico também apresentou um número considerável de espécies (figura 7 g).

Em relação à forma de crescimento do caule, podemos observar alguns padrões de preferência das cactáceas que ocorrem no leste do Brasil por certos ambientes. As espécies do gênero *Pereskia*, por possuírem poucas espécies, não apresentaram padrão significativo sob nenhuma das variáveis ambientais apresentadas (figura 8). As demais categorias apresentaram uma distribuição,

onde o maior número de espécies está concentrado nas altitudes intermediárias, diminuindo em altitudes inferiores a 199 m e superiores a 1200 m (figura 8 a). Apenas as epífitas apresentaram uma frequência bimodal, aumentando na direção das altitudes mais baixas e mais altas até os 999 m.

As espécies colunares, globosas e “outros” foram mais abundantes em áreas com regimes de renovação foliar decíduifólio e semidecíduifólio e ocorreram em menor número sob regime de renovação foliar perenífólio. Já as epífitas preferem o regime semidecíduifólio onde a vegetação perde de 30 a 60% da massa foliar, mas também ocorrem em áreas de florestas perenífólias e decíduifólias (figura 8 b).

Em relação ao regime climático, os cactos colunares, globosos e as “outras” possuem maior número de espécies em áreas sob regime estacional e semi-árido, as epífitas, por sua vez, ocorrem em maior número sob regime pluvial (figura 8 c).

As cactáceas colunares e globosas possuem maior riqueza em áreas sob 81 – 100% de sazonalidade da precipitação e em locais nos quais chove menos nos meses mais secos do ano (figuras 8 d, e). Entretanto, o número de espécies forófitas (não epifíticas) foi maior em ambientes com menor sazonalidade, mas a riqueza é uniformemente distribuída nas classes relacionadas à precipitação nos meses mais secos do ano (figura 8 e). Os cactos colunares, globosos, epífitas e “outras” (caule achatado ou cilíndrico) apresentam um padrão concentrado em categorias intermediárias de sazonalidade da temperatura (figuras 8f).

A preferência por solos distróficos e mesotróficos observada na figura 7g repete-se quando são consideradas as formas do caule (figura 8 g). As cactáceas ocorrem em tipos diferentes em relação ao substrato, mas parecem evitar ambientes ricos em ferro (figura 8 h), onde apenas duas espécies colunares o *Arthrocereus glaziovii* (tribo Trichocereae) e o *Cipocereus minensis* subsp. *leiocarpus* (tribo Cereae) possuem registros de ocorrência. *Hattiora*

salicornioides também foi encontrada em Caetés, Serra da Piedade, crescendo sobre rochas ricas em ferro, ao lado do *A. glaziovii* (Daniela Zappi, informação pessoal.). Ainda na figura 8 h pode-se observar que ambientes com substrato puramente arenoso ou regolítico são mais pobres em espécies.

As cactáceas colunares e globosas apresentaram maior número de espécies nos cerrados e campos rupestres (figura 8 i). Já as epífitas se concentram em maior número nas florestas pluviais e semidecíduas, mas também ocorrem nas vegetações mais secas, entretanto em menor número, comprovando o padrão apresentado em relação ao regime de renovação foliar na figura 8 b. As espécies com forma de caule achatado e cilíndrico ocorrem nos seis tipos de vegetação apresentadas neste estudo, assim como as demais formas de caule, mas mostram preferência, primeiramente, por áreas de caatinga, seguido pelas formações savânicas e campestres (figura 8 i).

4 Discussão

A distribuição de cactáceas no leste do Brasil foi consistentemente correlacionada com as variáveis geoclimáticas, particularmente as vinculadas à latitude e longitude, como a sazonalidade, precipitação e temperatura (Murphy & Lugo, 1986), sugerindo que estes fatores têm influenciado há muito tempo a evolução e especiação da família. Isto não foi uma surpresa porque variáveis como precipitação e temperatura são fatores principais na determinação da distribuição das formações vegetais em todo o mundo, e a história climática no Brasil durante o Quaternário mostra mudanças dramáticas nos regimes de temperatura e precipitação (Ledru, 1993; Behling, 1998; Ledru et al., 1998; Safford, 2007).

A grande proporção de variação não explicada pelas variáveis climático-ambientais e espaciais e o pequeno número de espécies significativamente identificadas como indicadoras das fitofisionomias estudadas reforça a idéia de

que eventos estocásticos podem preponderar sobre os ambientais como um agente causal e casual, influenciando a distribuição de espécies.

Uma das características mais intrigantes da vida no planeta é o gradiente de diversidade de espécies que, segundo a Regra de Rapoport, tende a diminuir na direção das latitudes maiores (Stevens, 1992, 1996; Brown & Lamolino, 2006). Esse padrão é, em geral, verdadeiramente válido não apenas para espécies, mas também para táxons hierarquicamente superiores (classes, ordens e famílias) (Brown & Lamolino, 2006). Contudo, Colwell & Hurr (1994) e Colwell & Lees (2000), sugeriram que a distribuição de espécies pode estar sendo afetada por barreiras geográficas ou “constraints” nos seus limites de distribuição e que, devido a isto, o pico de riqueza de espécies se concentra no domínio médio, ou seja, em ambientes com características intermediárias, fenômeno este, denominado como Efeito do Domínio Médio. Este modelo de distribuição pode estar relacionado com a maioria dos padrões encontrados para as cactáceas do leste do Brasil, particularmente, em relação à latitude e altitude. Guerrero et al. (2008) utilizou este modelo para analisar os padrões geográficos de distribuição de cactáceas endêmicas do Chile entre as latitudes 18° e 35° S e observaram que a riqueza foi maior nas latitudes 25° e 29° S, em concordância com o modelo do Efeito do Domínio Médio. Entretanto, Mourelle & Ezcurra (1997b) examinaram a validade da regra de Rapoport para espécies de cactos colunares ao longo de gradientes tropical-subtropical nas Américas do Sul e do Norte e verificaram que a regra parece ser um importante determinante da distribuição de espécies e que outros efeitos que frequentemente co-variam com a latitude, assim como a extensão do habitat, podem exercer um papel extremamente importante, como nos resultados obtidos no presente estudo.

As barreiras geográficas existentes devido ao relevo variado do leste do Brasil e a heterogeneidade climática gerada por elas possivelmente influenciam nos padrões de riqueza de cactáceas e de espécies de outros grupos. Esta é uma

idéia plausível a ser testada e faz com que a variação na diversidade de espécies ao longo de gradientes de altitude, por exemplo, seja tão geral e intrigante quanto à variação latitudinal (McArthur, 1972; Brown & Gibson, 1983; Brown & Lamolino, 2006; Begon et al., 2006). Da mesma maneira que variáveis climáticas como temperatura e precipitação variam em grande escala em função da latitude, também ocorrem variações em uma escala local em função da altitude (Brown & Gibson, 1983). Sendo assim, do mesmo modo que o número de espécies pode decrescer em climas progressivamente mais frios, dos trópicos aos pólos, ele pode decrescer na direção de ambientes mais frios encontrados no alto das montanhas (Brown & Lamolino, 2006). Entretanto, se existem exceções a essa regra geral, pois certos grupos taxonômicos ou ecológicos restritos não se ajustam a ela (Rohde, 1992), as cactáceas parecem não fugir ao comum. De acordo com os resultados, poucas espécies da família ocorrem em altitudes acima de 1200 m, preferindo as intermediárias, e concentrando-se principalmente em faixas altitudinais submontanas e inferomontanas, o que nos retorna à idéia do Efeito do Domínio Médio. Resultados semelhantes em relação à altitude também foram encontrados para as famílias Cactaceae, Bromeliaceae e Araceae por Kessler (2000) nos Andes bolivianos.

As “matas de brejo” ou “brejos de altitude” no Nordeste do Brasil representam fragmentos isolados de maior umidade no topo de montanhas, sendo circundadas por florestas decíduas ou caatingas, assim como as “matas de neblina” da Serra do Espinhaço, em Minas Gerais, e na Chapada Diamantina, na Bahia (Silva & Nascimento, 2001; Rocha & Agra, 2002). Estas florestas são exemplos de que o padrão altitudinal intermediário se aplica à família Cactaceae, pois funcionam de certa forma como áreas de refúgio para espécies caracteristicamente de ambientes mais úmidos, mas não favorecem o aumento da diversidade de espécies da família em maiores altitudes.

Hernández & Bárcenas (1995) estudaram modelos de distribuição de cactos ameaçados de extinção na região do Deserto de Chihuahuan no México em quadrados de 30° de latitude x 30° de longitude e constataram que os quadrados com alto número de espécies estavam agregados em áreas de altitude moderada. Este padrão também é observado para a fauna de mamíferos não voadores analisados através da reunião de 56 estudos por McCain (2005). Whittaker & Niering (1965), em um estudo em montanhas desérticas no sudoeste dos Estados Unidos, constataram que a diversidade de quase todos os tipos de organismos apresenta o mesmo padrão. Nesse caso, o padrão pôde ser atribuído ao fato de que o gradiente de altitude são dois. A temperatura, a duração de estação de crescimento e outras variáveis decrescem com o aumento da altitude, mas a precipitação e a disponibilidade total de umidade aumentam. Isso não se aplica apenas a regiões áridas onde existe um pico de diversidade em altitudes intermediárias (Rahbek, 1995). Estes dois fatores, associados ao aumento da altitude, provavelmente atuam na direção oposta ao afetar a diversidade de cactáceas no leste do Brasil, tendo como resultado condições mais favoráveis para a maioria das espécies nas altitudes intermediárias.

A distribuição de cactáceas relacionando a forma de crescimento do caule a variáveis ambientais e espaciais é um assunto pouco estudado, e apenas dois trabalhos do gênero relatam a influência de gradientes latitudinais e longitudinais sobre a distribuição cactos. Mourelle & Ezcurra (1997b) realizaram um estudo comparando a validade da Regra de Rapoport para cactos colunares da América do Sul (Argentina) e do Norte (México). Em ambos os hemisférios observaram que a taxa total de variação latitudinal aumenta significativamente em direção ao equador e que a riqueza de espécies diminui com o aumento latitude em ambos os continentes. Em outro estudo, Mourelle & Ezcurra (1997a) analisaram a diversidade β em comunidades de espécies de cactos colunares na Argentina. Eles mensuraram o *turnover* das principais

formas de crescimento de cactos (colunar, opuntióide e globoso) ao longo de gradientes latitudinais e longitudinais, e além disto, analisaram as variáveis ambientais que em parte explicaram o *turnover* das espécies.

As áreas de maior riqueza em relação à distância do oceano coincidem com a região a leste da Cadeia do Espinhaço, em Minas Gerais, e da Chapada Diamantina, na Bahia, compreendendo o domínio das Depressões Intermontanas Semi-Áridas (Depressão Sertaneja e do São Francisco), locais com altitude média de 746 m e precipitações estacionais entre 200-800 mm anuais (Ab'Saber, 2005). Estas depressões separam o Domínio dos Mares de Morros, com precipitações que alcançam valores entre 1200-2000 mm, chegando a 4000 mm anuais, e coberto por florestas pluviais e estacionais, do Domínio dos Chapadões Tropicais, com estações seca e chuvosa bem definidas, precipitações entre 1300-2000 mm anuais e coberto pela vegetação escleromorfa do cerrado (Ab'Saber, 2005; Fernandes, 2006). Neste último Domínio os cactos são mais raros ou ausentes, exceto em áreas abertas sobre alguns substratos profundos arenosos ou pedregosos, ou restritos a afloramentos de rochas protegidos do fogo, como os de calcário que suportam as florestas decíduas (Taylor & Zappi, 2004).

A alta porcentagem de variância das espécies que não foi explicada pelas variáveis ambientais e espaciais pode estar, provavelmente, relacionada com a estocasticidade de eventos pretéritos, como a variação climática do Quaternário. No entanto, pode ser relacionadas também a variáveis importantes, mas nem sempre facilmente perceptíveis ou mensuráveis e que contribuem para a heterogeneidade do habitat, como os distúrbios, a incidência local de luz e os microhabitats formados por outras plantas (“nurse-plants”), rochas (“nurse rocks”), o que é bastante documentado para cactos (Harner & Harper, 1976; Brown, 1988; Franco & Nobel, 1989; Brown & Lamolino, 2006; Drezner, 2006; Machado et al., 2008; Peters et al., 2008). Também podem ser importantes as e interações das cactáceas com outros organismos, que apesar dos vários trabalhos

realizados sobre o tema (Oliveira et al., 1999; McIntosh, 2005; Aona et al., 2006; Dar et al., 2006; Rivera-Marchand & Ackerman, 2006; Schlumberger et al., 2006; Rocha et al., 2007) ainda não existem estudos que confirmem a participação das interações interespecíficas ou intraespecíficas como influenciadoras da distribuição geográfica das cactáceas.

Um caso histórico interessante e que mostra como as interações podem controlar a distribuição de espécies de cactácea é o caso da introdução de espécies do gênero *Opuntia*, especialmente do figo-da-índia (*Opuntia inermis*), originária da América do Sul, na Austrália em 1839. Esta espécie se adaptou tão bem às condições australianas que, em 1924, já ocupava 24 milhões de hectares e aumentava à razão de 4 milhões de hectares por ano até que, em 1925, surgiu a idéia de introduzir na Austrália uma pequena borboleta sul-americana *Cactoblastis cactorium* cujas lagartas se alimentavam de caules de *Opuntia*. Com isto, houve uma rápida redução das populações de figo-da-índia que, desde então, continuam controladas pela população de borboletas (Dodd, 1930; Raghu & Walton, 2007). Desta forma, temos um exemplo de interação antagonística controlando radicalmente a população de uma espécie fora do seu habitat natural. No entanto, a pergunta é se interações desta natureza funcionam nas regiões de origem? A distribuição do figo-da-índia na América do Sul é também controlada pelas borboletas ou existem outros fatores bióticos e/ou abióticos do habitat natural que controlam esta interação, e com isto, a distribuição destas espécies? São fatos como este que necessitam ser analisados e, com isto, talvez avaliar até que ponto, fatores climáticos e edáficos determinam a distribuição das espécies da fauna e da flora no mundo.

A similaridade entre fitofisionomias quanto à flora de Cactaceae foi relativamente alta, uma vez que temos uma série de espécies que parecem não ser restritas a elas, principalmente, quando se leva em consideração a proximidade entre certas fitofisionomias e a existência de ambientes

transicionais entre as mesmas, com destaque para as áreas de transição entre as caatingas, cerrados e campos rupestres. Contudo, a restinga mostrou ser um ambiente com características ecológicas e ambientais diferentes das florestas úmidas litorâneas, apesar de estarem sob regime climático semelhante, o que pode ter contribuído para um menor compartilhamento de espécies de cactos entre estas.

As restingas, provavelmente devido às diferenças ambientais radicais nos habitats costeiros em relação às florestas, são ambientes marcados por uma variedade de habitats de dunas de areia, ou rochosos, coberto por vegetação herbáceo-arbustiva e nanoflorestal (Hemmendorff, 1913; Suguio & Tessler, 1984; Bastazini et al., 2007) e compartilham algumas espécies com outros ambientes arenosos ou rochosos no interior do continente, como as vegetações de dunas do São Francisco e os campos rupestres. Algumas espécies da família, no entanto, se mostraram especializadas ao ambiente de restinga devido, talvez, a características fisiológicas e adaptativas particulares que devem apresentar para sobreviver neste ambiente que sofre continuamente a movimentação de areia, o *stress* hídrico e a deposição de salsugem (Oosting, 1945; Barbour, 1978).

Espécies vegetais diferem em sua tolerância e escape face à limitações do ambiente, tanto que suas distribuições variam ao longo de gradientes ambientais (Swaine, 1996). Desta forma, como no presente estudo, a distribuição de espécies mostra claras associações com variações do clima, em escalas regionais. Contudo, a distribuição da flora não se deve unicamente ao clima, uma vez que as espécies também mostram associações com as condições do solo, o que é frequentemente identificável em escalas relativamente menores e mais raramente avaliáveis (Swaine, 1996). Em escalas menores em florestas tropicais, foram detectadas relações entre abundância e frequência de espécies arbóreas e condições do solo e relevo (Oliveira-Filho et al., 1994; Clark et al.,

1995; Swaine, 1996; Hutchings et al., 2003; Pinto et al., 2005; Machado et al., 2008).

A distribuição das cactáceas e de outras famílias, como Bromeliaceae, Euphorbiaceae e Orchidaceae, sobre substratos específicos, como afloramentos, lajedos e inselbergues, é vinculada à exposição a condições ambientais austeras, por fatores abióticos limitantes, como a intensa irradiação, as altas temperaturas, o estresse hídrico e a baixa disponibilidade de nutrientes (França et al., 1997; Porembski et al., 1997, 1998; Almeida et al., 2007). A separação destes ambientes por barreiras geográficas ou ecológica determinam um certo grau de endemismo nestas áreas, assim como para a vicariância, uma condição considerada importante e historicamente responsável pelo aumento da diversidade de espécies (Brown & Lamolino, 2006). É importante ressaltar que as condições ambientais rigorosas e o isolamento que existe em inselbergues, por exemplo, têm sido considerada determinante nos processos evolutivos e na diferenciação de suas espécies (Kluge & Brulfert, 2000), o que torna interessante e importante o investimento da comunidade científica em estudos filogeográficos e de conservação destes ambientes.

Cactos possuem algumas características, como, por exemplo, a participação obrigatória de dispersores e polinizadores o que os faz vulneráveis a perturbações ambientais, assim como distribuições geográficas restritas, ciclo de vida longo e baixas taxas de crescimento individual (Hernández & Godínez, 1994; Godínez-Alvarez & Horteiga-Baes, 2003). Devido a estas características ecológicas, cactáceas podem ser negativamente afetadas pelas atividades humanas, como coleções ilegais, comércio internacional e modificação do habitat natural (Hunt, 1999; Boyle & Anderson, 2002). Em decorrência de pressões e distúrbios ambientais, muitas espécies de cactos são hoje consideradas ameaçadas ou em perigo de extinção (Hunt, 1999). Por esta razão, países como México e Estados Unidos, dotados de grande número de cactáceas

endêmicas têm realizado ações conservacionistas e vários cactos têm sido incluídos em listas vermelhas e áreas prioritárias para conservação de espécies da família têm sido criadas, principalmente, entre as que contêm maior grau de endemismo (Hernández & Godínez, 1994; Hernández & Bárcenas, 1995, 1996; Gómez-Hinostrosa & Hernández, 2000; Hernández et al., 2001). Desta forma, faz-se necessário que ações semelhantes sejam realizadas para o leste do Brasil, já que esta região está entre os três maiores centros de diversidade de cactáceas no mundo.

A influência de fatores climático-ambientais e espaciais sobre a riqueza e distribuição de cactáceas demonstrada no presente estudo foi evidente, mas a investigação de outros fatores bióticos e abióticos em menor e larga escala é imprescindível, como por exemplo, a realização de mais estudos que abordem características ecológicas e genéticas de populações, com intuito de conhecer mais a respeito dos mecanismos de dispersão, distribuição e sistemas reprodutivos da família Cactaceae no Brasil.

Referências Bibliográficas

AB'SABER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 3.ed. Cotia, SP: Ateliê Editorial, 2005. 159 p.

AB'SABER, A. **Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos do Brasil**. São Paulo: USP-Instituto de Geografia, 1970. 26 p.

ALMEIDA, A.; FELIX, W. J. P.; ANDRADE, L. A.; FELIX, L. P. A família Orchidaceae em inselbergues da Paraíba, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 753-755, 2007.

AONA, L. Y. S.; MACHADO, M.; PANSARIN, E. R.; CASTRO, C. C.; ZAPPI, D. C.; AMARAL, M. C. E. Pollination biology of three Brazilian species of *Micranthocereus* Backeb. (Cereaceae, Cactoideae) endemic to the "campos rupestres". **Bradleya**, England, v. 24, p. 39-52, 2006.

BARBOUR, M. G. Salt spray as a microenvironmental factor in the distribution of beach plants at Point Reyes, California. **Oecologia**, Heidelberg, v. 32, p. 213-224, 1978.

BASTAZINI, C. V.; MUNDURUCA, J. F. V.; ROCHA, P. L. B.; NAPOLI, M. F. Wich environmental variables better explain changes in anuran community composition? A case study in the restinga of Mata de São João, Bahia, Brazil. **Herpetologica**, Lawrence, v. 63, n. 4, p. 459-471, 2007.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology: from individuals to ecosystems**. 4.ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. 738 p.

BEHLING, H. Late quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, London, v. 99, n. 2, p. 143-156, 1998.

BORCARD, D.; LEGENDRE, P.; DRAPEAU, P. Partialling out the spatial component of ecological variation. **Ecology**, New York, v. 73, p. 1042-1055, 1992.

BOYLE, T. H.; ANDERSON, E. **Biodiversity and conservation**. In: NOBEL, P. S. (Ed.). **Cacti: biology and uses**. Los Angeles: University of California, 2002. p. 125-141.

BROWN, J. H.; GIBSON, A. C. **Biogeography**. St. Louis, MO: Mosby, 1983. 643 p.

BROWN, J. H.; LAMOLINO, M. V. **Biogeografia**. 2. ed. Ribeirão Preto, SP: FUNPEC, 2006. 691 p.

BROWN, J. H. Species diversity. In: MYERS, A.; GILLER, R. S. (Ed.). **Analytical biogeography**. London: Chapman and Hall, 1988. p. 57-89.

CLARK, D. A.; CLARK, D. B.; SANDOVAL, M. R.; CASTRO, C. M. V. Edaphic and human effects on landscape-scale distributions of tropical rain forest palms. **Ecology**, New York, v. 76, n. 8, p. 2581-2594, 1995.

COLWELL, R. K.; HURTT, G. C. Nonbiological gradients in species richness and a spurious Rapoport effect. **The American Naturalist**, Chicago, v. 144, p. 570-595, 1994.

COLWELL, R. K.; LEES, D. C. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. **Trends in Ecology & Evolution**, London, v. 15, n. 2, p. 70-76, 2000.

DAR, S.; ARIZMENDI, M. del CORO; VALIENTE-BANUET, A. Diurnal and nocturnal pollination of *Marginatocereus marginatus* (Pachycereeae: Cactaceae) in Central Mexico. **Annals of Botany**, Oxford, v. 97, n. 3, p. 423-427, 2006.

DODD, A. P. The progress of biological control of pickly-pear in Australia. **The Review of Applied Entomology**, USA, v. 18, p. 287-288, 1930.

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

DUFRENE, M. & LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, Ithaca, v. 67, p. 345-366, 1997.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGis® 9.2**. New York: ESRI, 2006. 107 p.

FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira: províncias florísticas**. 3.ed. Fortaleza: Realce, 2006. 202 p.

FRANÇA, F.; MELO, E.; SANTOS, C. C. Flora de inselbergs da região de Milagres, Bahia, Brasil: I. caracterização da vegetação e lista de espécies de dois inselbergs. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 17, p. 163-184, 1997.

FRANCO, A. C.; NOBEL, P. S. Effect of nurse plants on the microhabitat and growth of cacti. **Journal of Ecology**, London, v. 77, n. 3, p. 870-886, 1989.

GIBSON, A. C.; NOBEL, P. S. **The cactus primer**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University, 1986. 286 p.

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

GÓMEZ-HINOSTROSA, C.; HERNÁNDEZ, H. Diversity, geographical distribution and conservation of Cactaceae in Mier y Noriega region, Mexico. **Biodiversity and Conservation**, Netherlands, v. 9, p. 403-418, 2000.

GUERRERO, P. C.; DURÁN, P.; WALTER, H. Patrones biogeográficos de las Cactáceas endémicas de Chile. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 59., 2008, Natal, RN. Natal: Imagem Gráfica, 2008. p. 492-494.

HARNER, R. F.; HARPER, K. T. The role of area, heterogeneity and favorability in plant species diversity of pinyon-juiiper ecosystems. **Ecology**, USA, v. 57, p. 1254-1263, 1976.

HEMMENDORFF, E. Review: restinga (Littoral Forest) vegetation, Brazil. **Journal of Ecology**, London, v. 1, n. 2, p. 159-160, 1913.

HERNÁNDEZ, H. M.; BÁRCENAS, R. T. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: I. distribution patterns. **Conservation Biology**, Washington, v. 9, n. 5, p. 1176-1188, 1995.

HERNÁNDEZ, H. M.; BÁRCENAS, R. T. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert. II. biogeography and conservation. **Conservation Biology**, Washington, v. 10, n. 4, p. 1200-1209, 1996.

HERNÁNDEZ, H. M.; GODÍNEZ, H. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. **Acta Botánica Mexicana**, México, v. 26, p. 33-52, 1994.

HERNÁNDEZ, H. M.; GÓMEZ-HINOSTROSA, C.; BÁRCENAS R. T. Diversity, spatial arrangement, and endemism of Cactaceae in the Huizache area, a hot-spot in the Chihuahuan Desert. **Biodiversity Conservation**, Netherlands, v. 10, p. 1097-1112, 2001.

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**, England, v. 25, p. 1965-1978, 2005a.

HIJMANS, R. J.; GUARINO, L.; JARVIS, A.; O'BRIEN, R.; MATHUR, P.; BUSSINK, C.; CRUZ, M.; BARRANTES, J.; ROJAS, E. **Diva-Gis version 5.2. manual**. California: LizardTech, 2005b. 73 p.

HUTCHINGS, M. J.; JOHN, E. A.; WIJESINGHE, D. K. Toward understanding the consequences of soil heterogeneity for plant populations and communities. **Ecology**, USA, v. 84, n. 9, p. 2322-2334, 2003.

HUNT, D. **Cites: cactaceae checklist**. 2.ed. U. K.: Royal Botanic Gardens Kew and International Organization for Succulent Plant Study, 1999. 190 p.

HUNT, D.; TAYLOR, N. P.; CHARLES, G. **The new cactus lexicon**. Milborne Port.: DH Books, 2006. 2 v.

KESSLER, M. Elevational gradients in species richness and endemism of selected plant groups in the central Bolivian Andes. **Plant Ecology**, New York, v. 149, p. 181-193, 2000.

KLUGE, M.; BRULFERT, J. Ecophysiology of vascular plants on inselbergs. In: POREMBSKY, S.; BARTHLOTT, W. (Ed.). **Inselbergs: biotic diversity of rock outcrops in tropical and temperate regions**. Berlin: Springer-Verlag, 2000. p. 43-176.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of köppen-geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 15, p. 259-263, 2006.

LEDRU, M. P. Late quaternary environmental and climatic changes in central Brazil. **Quaternary Research**, Oxford, v. 39, p. 90-98, 1993.

LEDRU, M. P.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; LORSCHTEITER, L. Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10,000 yr. **B. P. Review of Palaeobotany and Palynology**, London, v. 99, p. 131-142, 1998.

MACHADO, E. L. M.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BERG, E. van den; CARVALHO, W. A. C.; SOUZA, J. S.; MARQUES, J. J. G. S. M.; CALEGÁRIO, N. Efeito do substrato, bordas e proximidade espacial na estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 287-302, 2008.

MCARTHUR, R. H. **Geographical ecology**: patterns in the distributions of species. New York: Harper & Row, 1972. 269 p.

MCCAIN, C. M. Elevational gradients in diversity of small mammals. **Ecology**, USA, v. 86, n. 2, p. 366-372, 2005.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD Multivariate analysis of ecological data**: version 5.10. Gleneden Beach, Oregon: MjM Software, 2006.

MCINTOSH, M. E. Pollination of two species of *Ferocactus*: interactions between cactus-specialist bees and their host plants. **Functional Ecology**, London, v. 19, p. 727-734, 2005.

MAXWELL, P. **The rhipsalis riddle - or the day the cacti came down from the trees**: part 1. 1998. Disponível em: <<http://www.rhipsalis.com/maxwell.htm>>. Acesso em: 03 dez. 2007.

MAXWELL, P. **The rhipsalis riddle - or the day the cacti came down from the trees**: part 2. 1999a. Disponível em: <<http://www.rhipsalis.com/maxwell2.htm>>. Acesso em: 03 dez. 2007.

MAXWELL, P. **The rhipsalis riddle - or the day the cacti came down from the trees**: part 3. 1999b. Copyright. Disponível em: <<http://www.rhipsalis.com/maxwell3.htm>>. Acesso em: 03 dez. 2007.

MONTES, S. A.; LÓPEZ, S. G.; CRUZ, L.U.G. **Flora Del Valle de Tehuacán-Cuicatlán**: fascículo 14. Cactaceae A.L. Juss. México: UNAM-Instituto de Biología, 1997. 146 p.

- MOURELLE, C.; EZCURRA, E. Differentiation diversity of Argentine cacti and its relationship to environmental factors. **Journal of Vegetation Science**, USA, v. 8, p. 547-558, 1997a.
- MOURELLE, C.; EZCURRA, E. Rapoport's rule: a comparative analysis between South and North American columnar cacti. **The American Naturalist**, Chicago, v. 150, n. 1, p. 131-142, 1997b.
- MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Ecology of tropical dry forest. **Annals of Review of Ecology and Systematics**, California, v. 17, p. 67-88, 1986.
- NIMER, E. Clima. **Instituto Brasileiro de Geografia, novo paisagens do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Biblioteca Geográfica Brasileira/Ministério do Planejamento e Coordenação Geral, 1973. p. 33-49. (Serie D, Publ. n. 2).
- NOBEL, P. S. (Ed.). **Cacti: biology and uses**. Los Angeles, USA: University of California, 2002. 931 p.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. Classificação das fitofisionomias da América do Sul Extra-Andina: proposta de um novo sistema – prático e flexível – ou uma injeção a mais de caos? **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, 2009. No prelo.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. **TreeAtlan 1.0**: flora arbórea da Mata Atlântica e domínios adjacentes: um banco de dados envolvendo geografia, diversidade e conservação. 2007. Disponível em:
<<http://www.treetatlan.dcf.ufla.br/classificacao.htm>>. Acessado em: 20 set. 2007.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A.; GAVILANES, M. L. Effects of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 10, p. 483-508, 1994.
- OLIVEIRA, P. S.; RICO-GRAY, V.; DÍAZ-CASTELAZO, C.; CASTILLO-GUEVARA, C. Interaction between ants, extrafloral nectaries and insect herbivores in Neotropical coastal sand dunes: herbivore deterrence by visiting ants increases fruit set in *Opuntia stricta* (Cactaceae). **Functional Ecology**, London, v. 13, p. 623-631, 1999.
- OOSTING, H. J. Tolerance to salt spray of plants of coastal dunes. **Ecology**, USA, v. 26, n. 1, p. 85-89, 1945.

ORTEGA-BAES, P.; GODÍNEZ-ALVAREZ, H. Global diversity and conservation priorities in the Cactaceae. **Biodiversity and Conservation**, Netherlands, v. 15, p. 817-827, 2006.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Science**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

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

PINTO, J. R. R.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; HAY, J. D. V. Influence of soil and topography on the composition of a tree community in a central Brazilian valley forest. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 62, n. 1/2, p. 69-90, 2005.

POREMBSKI, S.; MARTINELLI, G.; OHLEMULLER, R.; BARTHLOTT, W. Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats or inselbergs in Brazilian Atlantic rainforest. **Diversity and Distributions**, Edinburgh, v. 4, p. 107-119, 1998.

POREMBSKI, S.; SEINE, R.; BARTHLOTT, W. Inselberg vegetation and the biodiversity of granite outcrops. **Journal of Royal Society of Western Australia**, Australia, v. 80, p. 193-199, 1997.

RAGHU, S.; WALTON, C. Understanding the ghost of *Cactoblastis* past: historical clarifications on a poster child of classical biological control. **Bioscience**, Washington, v. 57, n. 8, p. 699-705, 2007.

RAHBEK, C. The elevational gradient of species: a uniform pattern? **Ecography**, Sweden, v. 18, n. 2, p. 200-205, 1995.

RIVERA-MARCHAND, B.; ACKERMAN, D. Bat pollination breakdown in the Caribbean columnar cactus *Pilosocereus royenii*. **Biotropica**, Zurich, v. 38, n. 5, p. 635-642, 2006.

ROCHA, E. A.; AGRA, M. F. Flora do Pico do Jabre, Paraíba, Brasil: Cactaceae Juss. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 15-21, 2002.

ROCHA, E. A.; MACHADO, M.; ZAPPI, D. C. Floral biology of *Pilosocereus tuberculatus* (Werderm.) Byles & Rowley: a bat pollinated cactus endemic from the “Caatinga” in the northeastern Brazil. **Bradleya**, England, v. 25, p. 125-128, 2007.

ROHDE, K. Latitudinal gradients in species diversity: the search for the primary cause. **Oikos**, Sweden, v. 65, p. 514-527, 1992.

SAFFORD, H. D. Brazilian Páramos IV. phytogeography of the campos de altitude. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 34, p. 1701-1722, 2007.

SCHLUMPBERGER, B. O.; CLERY, R. A.; BARTHLOTT, W. A unique cactus with scented and possibly bat-dispersed fruits: *Rhipsalis juegeri*. **Plant Biology**, New York, v. 8, p. 265-270, 2006.

SILVA, G. C.; NASCIMENTO, M. T. Fitossociologia de um remanescente de mata sobre tabuleiros no norte do estado do Rio de Janeiro (Mata do Carvão). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 51-62, 2001.

SPECIES LINK. CENTRO DE REFERÊNCIA EM INFORMAÇÃO AMBIENTAL. **Dados e ferramentas**. Disponível em: <<http://splink.cria.org.br/tools?criaLANG=pt>>. Acesso em: 03 set. 2007.

STEVENS, G. C. Extending Rapoport’s rule to Pacific marine fishes. **Journal of Biogeography**, Davis, v. 23, p. 149-154, 1996.

STEVENS, G. C. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport’s latitudinal rule to altitude. **The American Naturalist**, Chicago, v. 140, p. 893-911, 1992.

SUGUIO, K.; TESSLER, M. G. Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (Ed.). **Restingas: origem, estrutura, processos**. Niterói: Centro Editorial da UFF, 1984. p. 15-25

SWAINE, M. D. Rainfall and soil fertility as factors limiting forest species distributions in Ghana. **Journal of Ecology**, Londres, v. 84, p. 419-428, 1996.

TAYLOR, N. P.; ZAPPI, D. C. **Cacti of eastern Brazil**. Richmond, UK: The Royal Botanic Gardens, Kew, 2004. 499 p.

TER BRAAK, C. J. F. **CANOCO – A FORTRAN program for canonical community ordination by (Partial) (Detrended) (Canonical) correspondence analysis and redundancy analysis, version 2. 1.** Wageningen: Institute of Applied Computer Science, 1988. 95 p.

TER BRAAK, C. J. F. Ordination. In: JONGMAN, R. H. G.; TER BRAAK, C. J. F.; VAN TONGEREN, O. F. R. (Ed.). **Data analysis in community and landscape ecology.** Cambridge: Cambridge University, 1995. p. 91-173.

TER BRAAK, C. J. F.; SMILAUER, P. **CANOCO – Reference manual and user's guide to Canoco for Windows:** software for canonical community ordination (version 4). Ithaca: Microcomputer Power, 1998. 500 p.

TER BRAAK, C. J. F. The analysis of vegetation environment relationships by canonical correspondence analysis. **Vegetatio**, New York, v. 69, n. 1/3, p. 69-77, 1987.

WHITTAKER, R. H.; NIERING, W. A. Vegetation of Santa Catalina Mountains, Arizona: a gradient analysis of south slope. **Ecology**, USA, v. 56, n. 4, p. 429-452, 1965.

WORLDCLIM DATABASE VERSION 1.4. **Bioclim.** Disponível em: <<http://www.worldclim.org>>. Acesso em: 02. ago. 2008.

Tabela 1. Relação das 163 espécies de Cactaceae nativas do leste do Brasil com suas forma do caule, distribuição geográfica (por estado), e caracterização do habitat por fitofisionomias e substratos. Fitofisionomias: rest = restinga, flpl = floresta pluvial, flsd = floresta semidecídua, fldc = floresta decídua, caat = caatinga e camp = cerrado aberto e campo rupestre. Substrato: Foro = forófito, Lito = litófito, 1 = Arenícola dunar e rupícola de costão, 2 = Arenícola sedimentar, 3 = Rupícola arenítico e areno-regolítico, 4 = Rupícola calcítico e areno-regolítico, 5 = Rupícola calcítico e regolítico, 6 = Rupícola ferruginoso e regolítico, 7 = Rupícola granito-gnáissico e areno-regolítico, 8 = Rupícola granito-gnáissico e regolítico, 9 = Rupícola quartzítico e areno-regolítico, 10 = Rupícola regolítico sedimentar.

Table 1. Relation of 163 native species of Cactaceae in eastern Brazil with its stem shape, geographic distribution (for state), and habitat characterization for vegetation formations and substrate. Vegetation formation: rest = Restinga (coastal rocks and sand dunes), flpl = Humid forest, flsd = Semideciduous forest, fldc = Deciduous forest, caat = Caatinga (thorn dwarf-forest and scrubs) e camp = close savannas and rocky savannas. Substrate: 1 = Coastal sand dunes and rocks, 2 = Sand sediments, 3 = Sandstone and sandy regolith, 4 = Limestone and sandy regolith, 5 = Limestone and regolith, 6 = Ironstone and regolith, 7 = Granite-gneiss and sandy regolith, 8 = Granite-gneiss and regolith, 9 = Quartzite and sandy regolith, 10 = Undifferentiated rocks and regolith.

Espécies	Forma do Caule	Distribuição geográfica	Fitofisionomias	Substrato
<i>Arrojadoa bahiensis</i> (P.J. Braun & E. Esteves Pereira) N.P. Taylor & Eggl	subgloboso alongado	BA	camp	7,9
<i>Arrojadoa dinae</i> Buining & Brederoo subsp. <i>dinae</i>	colunar	BA, MG	camp, fldc	4,7,9

Continua...

Tabela 1. Continuação...

<i>Arrojadoa dinae</i> subsp. <i>eriocaulis</i> (Buining & Brederoo) N.P. Taylor & Zappi	colunar	BA, MG	camp	4,9
<i>Arrojadoa pennicillata</i> (Gürke) Britton & Rose	colunar	BA, MG	caa, flsd	3,4,5, 7,8,9,10
<i>Arrojadoa rhodantha</i> (Gürke) Britton & Rose	colunar	BA, MG, PE, PI	caa, camp, fldc	2,3,4,5,7,8,9 ,10
<i>Arthrocereus melanurus</i> (K. Schum.) L. Diers et. al. subsp. <i>melanurus</i>	colunar	MG	camp, flsd	9
<i>Arthrocereus melanurus</i> subsp. <i>odorus</i> (F. Ritter) N.P. Taylor & Zappi	colunar	MG	camp, fldc	4,9
<i>Arthrocereus melanurus</i> subsp. <i>magnus</i> N.P. Taylor & Zappi	colunar	MG	camp, flpl, flsd	8,9
<i>Arthrocereus glaziovii</i> (K. Schum.) N.P. Taylor & Zappi	colunar	MG	camp	6
<i>Arthrocereus rondonianus</i> Backeb. & Voll	colunar	MG	camp, fldc	4,5,9
<i>Brasilicereus markgrafii</i> Backeb. & Voll	colunar	MG	camp	9
<i>Brasilicereus phaeacanthus</i> (Gürke) Backeb.	colunar	BA, MG	caa, fldc, flsd	3,4,5,7,8,9
<i>Brasiliopuntia brasiliensis</i> (Willd.) A. Berger	cilíndrico achatado	AL, BA, CE, ES, MG, PB, PE, PI, RJ, RN, SE, SP	caa, rest, flpl, fldc, flsd	1,2,3,4,5,7,8 ,9,10
<i>Cereus albicaulis</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	triangular	BA, CE, ES, MG, PB, PE, PI, SE	caa, fldc	1,2,3,4,5,7,8 ,9,10
<i>Cereus fernambucensis</i> Lem. subsp. <i>fernambucensis</i>	triangular	AL, BA, CE ES, PB, PE, RJ, RN	flpl, rest	1,2,8
<i>Cereus fernambucensis</i> subsp. <i>sericifer</i> (F. Ritter) N.P. Taylor & Zappi	triangular	ES, RJ	flpl, flsd, rest	8
<i>Cereus hildmannianus</i> K.Schum. subsp. <i>hildmannianus</i>	colunar	MG, RJ, SP	camp, flpl	1,8,9

Continua...

Tabela 1. Continuação...

<i>Cereus insularis</i> Hemsl.	colunar	PE (FN)	rest	1
<i>Cereus jamacaru</i> DC. subsp. <i>jamacaru</i>	colunar	AL, BA, CE, MG, MA, PE, PI, PB, SE, RN	caa, fldc, flpl, flsd, rest	1,2,3,4,5, 7,8,9,10
<i>Cereus jamacaru</i> subsp. <i>calcirupicola</i> (F. Ritter) N. P. Taylor & Zappi	colunar	BA, MG	caa, fldc	4,5,10
<i>Cereus mirabella</i> N. P. Taylor	cilíndrico	BA, MG, MA	caa, camp, fldc	2,3,4,9,10
<i>Cereus sp. nov.</i>	colunar	BA, MG	fldc	4,8
<i>Cipocereus bradei</i> (Backeb. & Voll) Zappi & N.P. Taylor	colunar	MG	camp, fldc	4,9
<i>Cipocereus crassisepalus</i> (Buining & Brederoo) Zappi & N.P. Taylor	colunar	MG	camp, fldc	9
<i>Cipocereus laniflorus</i> N.P. Taylor & Zappi	colunar	MG	camp	9
<i>Cipocereus minensis</i> (Werderm) F. Ritter subsp. <i>minensis</i>	colunar	MG	camp	4,7,9
<i>Cipocereus minensis</i> subsp. <i>leiocarpus</i> (N.P. Taylor & Zappi)	colunar	MG	camp	4,6,9
<i>Cipocereus pusilliflorus</i> (F. Ritter) Zappi & N.P. Taylor	colunar	MG	camp	8, 9
<i>Coleocephalocereus buxbaumianus</i> Buining subsp. <i>buxbaumianus</i>	colunar	MG, ES	flpl, flsd	8
<i>Coleocephalocereus buxbaumianus</i> subsp. <i>flavisetus</i> (F. Ritter) N.P. Taylor & Zappi	colunar	MG	flsd	8
<i>Coleocephalocereus fluminensis</i> (Miq.) Backeb. subsp. <i>fluminensis</i>	colunar	MG, ES	flpl, rest	1,7
<i>Coleocephalocereus fluminensis</i> subsp. <i>decumbens</i> (F. Ritter) N.P. Taylor & Zappi	colunar	MG	fldc, flsd	8
<i>Coleocephalocereus aureus</i> F. Ritter	ovóide a cilíndrico	MG	caa, fldc, flsd	5,7,8
<i>Coleocephalocereus purpureus</i> (Buining & Brederoo) F. Ritter	ovóide a cilíndrico	MG	caa	7

Continua...

Tabela 1. Continuação...

<i>Coleocephalocereus goebelianus</i> (Vaupel) Buining	colunar	BA, MG	caa, camp, fldc, flsd	4,7,8,9
<i>Coleocephalocereus pluricostatus</i> Buining & Brederoo	colunar	MG, ES	flsd, flpl	8
<i>Discocactus zehntneri</i> Britton & Rose subsp. <i>zehntneri</i>	globoso	BA	caa	5
<i>Discocactus zehntneri</i> subsp. <i>boomianus</i> (Buining & Brederoo) N.Taylor & Zappi	globoso	BA	caa, camp	3, 5, 9
<i>Discocactus bahiensis</i> Britton & Rose	globoso	BA, PE	caa, camp, flsd	3,4,5,9
<i>Discocactus catingicola</i> (Buining & Brederoo) N.Taylor & Zappi	globoso	BA, MG	caa, fldc	4,5,7,10
<i>Discocactus placentiformis</i> (Lehm) K.Schum.	globoso	MG	caa, camp, fldc	4,9
<i>Discocactus pseudoinsignis</i> N.Taylor & Zappi	globoso	MG	camp	9
<i>Discocactus horstii</i> Buining & Brederoo	globoso	MG	camp	9
<i>Epiphyllum phyllanthus</i> (L.) Haw.	achatado	BA, CE, ES, MG, PE, RJ	camp, fldc, flpl, flsd, rest	Foro
<i>Espositoopsis dybowskii</i> (Gosselin) Buxb.	colunar	BA	caa, flsd	1,4,7,8,9
<i>Facheiroa cephaliomelana</i> Buining & Brederoo subsp. <i>cephaliomelana</i>	colunar	BA, MG	caa, fldc	4,5,10
<i>Facheiroa cephaliomelana</i> subsp. <i>estevesii</i> (P. J. Braun) N. P. Taylor & Zappi	colunar	BA	caa	4
<i>Facheiroa squamosa</i> (Gürke) P.J. Braun & Esteves	colunar	BA, PE, PI	caa, camp, fldc	3,4,5,7,8,10
<i>Facheiroa ulei</i> (Gürke) Werderm.	colunar	BA	caa, camp, flsd	3,4,7
<i>Harrisia adscendens</i> (Gürke) Britton & Rose	cilíndrica	AL, BA, CE, PB, PE, SE	caa, fldc	2,3,4,5,7,8,9,10
<i>Hattoria salicornioides</i> (Haw.) Britton & Rose	cilíndrica	BA, MG	camp, flpl, flsd	Foro, Lito (4,6,8,9)
<i>Hattoria cylindrica</i> Britton & Rose	cilíndrica	BA	flsd, rest, flpl	Foro, Lito (1,8)

Continua...

Tabela 1. Continuação...

<i>Hylocereus setaceus</i> (Salm-Dyck) R. Bauer	cilíndrica triangular	a	AL, BA, ES MG, PE, PI	caa, camp, fldc, flpl, flsd, rest	Foro, Lito (1,3,4,5,7,8,9, .10)
<i>Leocereus bahiensis</i> Britton & Rose	cilíndrica		BA, MG, PI	caa, camp, fldc	3,4,5,7,9
<i>Lepismium houlettianum</i> (Lem.) Barthlott	achatada		MG	fldc, flpl	Foro
<i>Lepismium warmingianum</i> (K. Schum.) Barthlott	achatado		ES, MG	fldc, flpl	Foro, Lito (4,5,8)
<i>Lepismium cruciforme</i> (Vell.) Miq.	achatado		BA, ES, MG, PE	fldc, flpl, flsd, rest	Foro, Lito (2,7,8,9)
<i>Melocactus oreas</i> Miq. subsp. <i>oreas</i>	globoso alongado	a	BA	caa, fldc	7,8
<i>Melocactus oreas</i> subsp. <i>cremnophilus</i> (Buining & Brederoo) P.J. Braun	globoso		BA	caa, camp	3,7,9
<i>Melocactus ernestii</i> Vaupel subsp. <i>ernestii</i>	globoso alongado	a	BA, MG, PB, PE, SE	caa, fldc, flpl, flsd, rest	3,4,5,7,8, 9,10
<i>Melocactus ernestii</i> subsp. <i>longicarpus</i> (Buining & Brederoo) N.P. Taylor	globoso alongado	a	BA, MG	caa, fldc	4,5,7,9
<i>Melocactus bahiensis</i> (Britton & Rose) Luetzelb subsp. <i>bahiensis</i>	globoso		BA, PE	caa, camp, fldc, flsd	3,4,5,7,8,9,1 0
<i>Melocactus bahiensis</i> subsp. <i>amethystinus</i> (Buining & Brederoo) N.P. Taylor	globoso-depressivo		BA, MG	caa, camp, fldc	4,5,7,9
<i>Melocactus conoideus</i> Buining & Brederoo	globoso-depressivo		BA	fldc, camp	8
<i>Melocactus deinacanthus</i> Buining & Brederoo	globoso		BA	caa, fldc	5,7,8
<i>Melocactus levitestatus</i> Buining & Brederoo	globoso-depressivo		BA, MG	fldc, caa	4,5,10

Continua...

Tabela 1. Continuação...

<i>Melocactus azureus</i> Buining & Brederoo	globoso-depressivo	BA	flsd, caa	4, 5, 7
<i>Melocactus ferreophilus</i> Buining & Brederoo	globoso alongado	a BA	caa	4,5,9
<i>Melocactus pachyacanthus</i> Buining & Brederoo subsp. <i>pachyacanthus</i>	globoso-depressivo	BA	caa	3,4,5,9
<i>Melocactus pachyacanthus</i> subsp. <i>viridis</i> N. Taylor	globoso-depressivo	BA	caa	4,9
<i>Melocactus salvadorensis</i> Werderm.	globoso	BA	caa, fldc, flsd	3,4,7,8,9,10
<i>Melocactus zehntneri</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	globoso	AL, BA, CE MG, PB, PE PI, RN, SE	caa, camp, fldc, flsd	2,3,4,5, 7,8,9,10
<i>Melocactus lanssensianus</i> P.J. Braun	globoso-depressivo	PB, PE	caa, camp	5,7
<i>Melocactus glaucencens</i> Buining & Brederoo	globoso-depressivo	BA	caa, camp	4, 5, 9
<i>Melocactus concinnus</i> Buining & Brederoo	globoso-depressivo	BA, MG	caa, camp, fldc	3,4,9
<i>Melocactus paucispinus</i> Heimen & R. J. Paul	globoso	BA	caa, camp	3,7,9
<i>Melocactus violaceus</i> Pfeiff subsp. <i>violaceus</i>	globoso-depressivo	BA, ES, PB PE, RN	camp, rest, flsd, flpl	1,3,8
<i>Melocactus violaceus</i> subsp. <i>ritteri</i> N. P. Taylor	globoso-depressivo	BA	camp	3,7

Continua...

Tabela 1. Continuação...

<i>Melocactus violaceus</i> subsp. <i>margaritaceus</i> N. P. Taylor	globoso-depressivo	AL, BA, SE	flsd, rest,	1,3,8
<i>Micranthocereus violaciflorus</i> Buining	colunar	MG	caa, camp	7,9
<i>Micranthocereus albicephalus</i> (Buining & Brederoo) F. Ritter	colunar	BA, MG	caa, camp, fldc	4,7,9
<i>Micranthocereus auriazureus</i> Buining & Brederoo	colunar	MG	camp	9
<i>Micranthocereus dolichospermaticus</i> (Buining & Brederoo) F. Ritter	colunar	BA	caa, fldc	5
<i>Micranthocereus flaviflorus</i> Buining & Brederoo	colunar	BA	caa, camp, flsd	4,5,9
<i>Micranthocereus polyanthus</i> (Werderm.) Backeb.	colunar	BA, PE	camp	7,9
<i>Micranthocereus purpureus</i> (Gürke) F. Ritter	colunar	BA	caa, camp	3, 5, 7, 9, 10
<i>Micranthocereus streckeri</i> Van Heek & Van Criel	colunar	BA	camp	7
<i>Opuntia monacantha</i> Haw.	achatada	BA, ES, MG RJ, SE	camp, fldc, flsd, rest	1, 4, 5, 9
<i>Pereskia aculeata</i> Mill.	lenhoso	AL, BA, CE ES, MG, PE RJ, SE	caa, camp, fldc, flsd, flpl, rest	1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10
<i>Pereskia aureiflora</i> F. Ritter	lenhoso	BA, MG	caa, camp, fldc, flpl	4, 7
<i>Pereskia bahiensis</i> Gürke	lenhoso	BA, MG, PE	caa, fldc, flpl, flsd	3, 4, 5, 7, 8, 9
<i>Pereskia grandifolia</i> Haw. subsp. <i>grandifolia</i>	lenhoso	BA, ES, MG PE, RJ	caa, fldc, flpl, flsd, rest	1, 4, 5, 7, 8, 9, 10
<i>Pereskia grandifolia</i> subsp. <i>violacea</i> (Leuenb.) N.P. Taylor & Zappi	lenhoso	BA, ES, MG	caa, fldc, flpl, flsd	5, 7, 8, 9, 10
<i>Pereskia stenantha</i> F. Ritter	lenhoso	BA, MG	caa, fldc	4, 5, 7, 10
<i>Pilosocereus arrabidaei</i> (Lem.) Byles & G.D. Rowley	colunar	BA, ES, RJ	rest	1

Continua...

Tabela 1. Continuação...

<i>Pilosocereus aureispinus</i> (Buining & Brederoo) F. Ritter	colunar	BA	camp, fldc	4
<i>Pilosocereus aurisetus</i> (Werderm.) Byles & G.D.Rowley subsp. <i>aurisetus</i>	colunar	MG, PI	camp, fldc	4, 9
<i>Pilosocereus aurisetus</i> subsp. <i>aurilanatus</i> (Ritter) Zappi	colunar	MG	camp, fldc	4, 9
<i>Pilosocereus azulensis</i> N.P.Taylor & Zappi	colunar	BA, MG	fldc, flsd	4, 8
<i>Pilosocereus brasiliensis</i> (Britton & Rose) Backeb subsp. <i>brasiliensis</i> .	colunar	BA, CE, ES MG, RJ	fldc, flsd, flpl, rest	1, 4, 5, 7, 8
<i>Pilosocereus brasiliensis</i> (Buining & Brederoo) Zappi subsp. <i>ruschianus</i>	colunar	BA, ES, MG	fldc, flsd, flpl	3, 8
<i>Pilosocereus catingicola</i> (Gürke) Byles & G.D. Rowley subsp. <i>catyngicola</i>	colunar	AL, BA, CE MG, PB, PE RN, SE	caa, camp, fldc, flpl, flsd	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10
<i>Pilosocereus catingicola</i> subsp. <i>salvadorensis</i> (Werderm.) Zappi	colunar	AL, BA, PB RN, SE	caa, fldc, flsd, rest	1, 3, 4, 5, 7, 8, 9
<i>Pilosocereus chrysostele</i> (Vaupel) Byles & G.D.Rowley	colunar	BA, CE, PB PE, RN	caa, camp, fldc, rest	3, 4, 5, 7, 8, 10
<i>Pilosocereus densiareolatus</i> F.Ritter	colunar	BA, MG	caa, fldc, flpl	4, 5, 8
<i>Pilosocereus flavipulvinatus</i> (Buining & Brederoo) F. Ritter	colunar	CE, ES, MA PE, PI	caa, fldc, rest	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10
<i>Pilosocereus floccosus</i> Byles & G.D.Rowley subsp. <i>floccosus</i>	colunar	BA, MG	caa, camp, fldc, flsd	4, 5, 8, 9
<i>Pilosocereus floccosus</i> subsp. <i>quadricostatus</i> (F. Ritter) Zappi	colunar	BA, MG	caa, fldc	7, 8, 9
<i>Pilosocereus fulvilanatus</i> (Buining & Brederoo) F.Ritter subsp. <i>fulvilanatus</i>	colunar	MG	camp	9
<i>Pilosocereus fulvilanatus</i> subsp. <i>rosae</i> (P.J. Braun) Zappi	colunar	MG	camp	9

Continua...

Tabela 1. Continuação...

<i>Pilosocereus glaucochrous</i> (Wederm.) Byles & G.D.Rowley	colunar	BA, PE	caa, camp, fldc, flsd	3, 4, 5, 7, 8, 9
<i>Pilosocereus gounellei</i> (F.A.C.Weber) Byles & G.D. Rowley subsp. <i>gounellei</i>	colunar	AL, BA, CE, MG, PB, PE, PI, RN, SE	caa, camp, fldc, flpl, flsd, rest	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10
<i>Pilosocereus gounellei</i> subsp. <i>zehntneri</i> (Britton & Rose) Zappi	colunar	BA, MG	caa, camp, fldc, flsd	4, 5, 9, 10
<i>Pilosocereus machrisii</i> (E. Y. Dawson) Backeb.	colunar	BA, MG, PI	camp, fldc	4, 9
<i>Pilosocereus magnificus</i> (Buining & Brederoo) F.Ritter	colunar	MG	caa, fldc, flsd	4, 5, 7, 8, 9
<i>Pilosocereus multicostatus</i> F.Ritter	colunar	MG	caa, fldc, flsd	4, 5, 7, 8
<i>Pilosocereus pachycladus</i> F.Ritter subsp. <i>pachycladus</i>	colunar	AL, BA, CE, MG, PB, PE, PI, RN	caa, camp, fldc	2,3,4,5,7, 8,9,10
<i>Pilosocereus pachycladus</i> subsp. <i>pernambucoensis</i> (F.Ritter) Zappi	colunar	BA, CE, PB, PE, PI, RN	caa, fldc, flsd	3, 4,5,7, 8, 10
<i>Pilosocereus pentaedrophorus</i> (J.F. Cels) Byles & G.D. Rowley subsp. <i>pentaedrophorus</i>	colunar	BA, MG, PE, SE	caa, fldc, flpl, flsd, rest	2,3,4,5,7 8,9,10
<i>Pilosocereus pentaedrophorus</i> subsp. <i>robustus</i> Zappi	colunar	BA, MG	caa, camp, fldc, flsd	3,5,7,8,9
<i>Pilosocereus piauhyensis</i> (Gürke) Byles & G.D. Rowley	colunar	CE, PE, PI, RN	caa	3,4,5,7
<i>Pilosocereus tuberculatus</i> (Werderm.) Byles & G. D. Rowley	colunar	AL, BA, PE, PI, SE	caa, fldc	2,3,4,5,7, 8,9,10
<i>Pilosocereus ulei</i> (K. Schum.) Byles & Rowley	colunar	RJ	rest	1
<i>Pseudoacanthocereus brasilicereus</i> (Britton & Rose)F.Ritter	cilíndrico	BA, MG	caa, fldc, flsd	3,5,7,8,9
<i>Quiabentia zehntneri</i> (Britton & Rose) Britton & Rose	cilíndrico	BA, MG	caa	4,5,7,10
<i>Rhipsalis russelli</i> Britton & Rose	achatada	BA, ES, MG	camp, fldc, flpl, rest	Foro, Lito (4,5,8,9,10)

Continua...

Tabela 1. Continuação...

<i>Rhipsalis elliptica</i> G.A. Lindb. ex K. Schum	achatada	MG	camp, flsd, flpl	Foro, lito (8,9)
<i>Rhipsalis oblonga</i> Loefgr	achatada	BA	flpl, rest	Foro
<i>Rhipsalis crispata</i> (Haw) Pfeiff.	achatada	BA, PE	caa, flsd	Foro
<i>Rhipsalis floccosa</i> Salm-Dyck ex Pfeiff. subsp. <i>floccosa</i>	cilíndrico	BA, ES, MG PB, PE, SE	caa, camp, fldc, flpl, flsd, rest	Foro Lito (1, 3, 5, 7, 8)
<i>Rhipsalis floccosa</i> subsp. <i>oreophila</i> N.P. Taylor & Zappi	cilíndrico	BA, MG	caa, camp	Foro, Lito (5, 7, 9)
<i>Rhipsalis floccosa</i> subsp. <i>pulvinigera</i> (G.A. Lindb) Barthlott & N.P. Taylor	cilíndrico	MG, ES	camp, fldc, flsd, flpl	Foro, Lito (4, 6, 8, 9)
<i>Rhipsalis paradoxa</i> subsp. <i>septentrionalis</i> N.P. Taylor & Barthlott	achatada	BA, ES, MG	flsd, flpl, rest	Foro
<i>Rhipsalis pacheco-leonis</i> subsp. <i>catenulata</i> (Kimmach) Barthlott & N.P. Taylor	cilíndrico	ES	flpl	Foro
<i>Rhipsalis cereoides</i> (Backeb. & Voll) Backeb.	triangular	ES	flpl	Lito (8)
<i>Rhipsalis lindbergiana</i> K. Schum.	cilíndrico	BA, ES, MG PE, PI	caa, camp, fldc, flpl, flsd, rest	Foro, lito
<i>Rhipsalis teres</i> (Vell.) Steud.	cilíndrico	ES, MG	flsd, rest	Foro, lito
<i>Rhipsalis baccifera</i> (J.S. Muell.) Stearn subsp. <i>baccifera</i>	cilíndrico	CE, PB, PE	fldc, flsd, rest	Foro
<i>Rhipsalis baccifera</i> subsp. <i>hileiabaiana</i> N.P. Taylor & Barthlott	cilíndrico	BA	camp, flpl, rest	Foro, lito
<i>Rhipsalis pulchra</i> Loefgr.	cilíndrico	MG	flpl	Foro
<i>Rhipsalis burchellii</i> Britton & Rose	cilíndrico	ES	flpl	Foro
<i>Rhipsalis juengeri</i> Barthlott & N.P. Taylor	cilíndrico	MG	flsd, flpl	Foro
<i>Rhipsalis clavata</i> F.A.C. Weber	cilíndrico	ES, MG, RJ	flsd, flpl	Foro
<i>Rhipsalis cereuscula</i> Haw.	cilíndrico	BA, MG, PE	camp, fldc, flsd, flpl	Foro

Continua...

Tabela 1. Continuação...

<i>Rhipsalis pilocarpa</i> Loefgr.	cilíndrico	ES, MG	flsd, flpl	Foro, lito
<i>Rhipsalis hoelleri</i> Barthlott & N.P.Taylor	cilíndrico	ES	flpl	Foro
<i>Rhipsalis sulcata</i> F.A.C. Weber	cilíndrico a triangular	ES	flpl	Foro
<i>Schlumbergera kautskyi</i> (Horobin & McMillan)	achatado	ES	flpl	Foro, lito
<i>Schlumbergera microsphaerica</i> (K. Schum)	cilíndrico	MG	flsd	Foro, lito
<i>Schlumbergera opuntioides</i> (Loefgr. & Dusén) D. R. Hunt	achatado	MG	flpl	Foro, lito
<i>Stephanocereus luetzelburgii</i> (Vaupel) N.P.Taylor & Eggli	colunar	BA	caa, camp	3,5,7,9
<i>Stephanocereus leucostele</i> (Gürke) A. Berger	colunar	BA, MG	caa, camp, fldc, flsd, flpl	3,4,5,7,8,9,10
<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy	achatado	AL, BA, CE PB, PE, RN, SE	caa, fldc, flpl, flsd, rest	2,3,4,5,7,8,9,10
<i>Tacinga funalis</i> Britton & Rose	cilíndrico	BA, PE	caa, fldc, flsd	3,4,5,7,8,9
<i>Tacinga braunii</i> E.Esteves Pereira	cilíndrico	MG	caa, flsd	3,7
<i>Tacinga inamoena</i> (K. Schum) N.P. Taylor & Stuppy	achatada	BA, MG, PB, PE	caa, camp, fldc, flsd, flpl	3,4,5,7,8,9,10
<i>Tacinga weneri</i> (Eggl) N.P.Taylor & Stuppy	achatada	BA, PE	caa, flsd, flpl	3,4,7,8,9
<i>Tacinga saxatilis</i> (F. Ritter) N. P. Taylor & Stuppy subsp. <i>saxatilis</i>	achatada	BA, MG	caa, fldc	4, 5, 10
<i>Tacinga saxatilis</i> subsp. <i>estesvii</i> (P.J. Braun) N. P. Taylor & Stuppy	achatada	BA	caa	4
<i>Uebelmannia buiningii</i> Donald	globoso	MG	camp	9
<i>Uebelmannia gummifera</i> (Backeb. & Voll) Buining	globoso	MG	camp	9
<i>Uebelmannia pectinifera</i> Buining subsp. <i>pectinifera</i>	globoso	MG	camp	9
<i>Uebelmannia pectinifera</i> subsp. <i>flavispina</i> (Buining & Brederoo) P. J. Braun & Esteves Pereira	globoso	MG	camp	9
<i>Uebelmannia pectinifera</i> subsp. <i>horrida</i> (P.J.Braun) P.J.Braun & E. Esteves Pereira	globoso	MG	fldc, camp	4

Tabela 2. Resumo dos resultados das análises de correspondência canônica da ocorrência de 128 espécies de Cactaceae em 352 áreas do leste do Brasil, e sua relação com variáveis ambientais e espaciais, e dos testes de permutação de Monte Carlo correspondentes. São fornecidos resultados para os dois primeiros eixos de ordenação.

Table 2. Summarised results of canonical correspondence analyses (CCAs) of 128 species of Cactaceae in 352 areas in eastern Brazil, and their relation with environmental and spatial variables, and corresponding the occurrence Monte Carlo permutation tests. Results are given for the first two ordination axes

CCAs*	1: Ambiente		2: Espaço		3: Ambiente – Espaço		4: Espaço – Ambiente	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Eixos:								
Autovalores	0,443	0,277	0,493	0,377	0,155	0,145	0,285	0,167
Correlações espécie × ambiente ou espaço	0,850	0,722	0,890	0,862	0,645	0,652	0,857	0,751
Variância percentual cumulativa (%) de:								
dados das espécies	3,3	5,3	3,7	6,5	1,3	2,5	2,4	3,8
relações espécie × ambiente ou espaço	32,0	52,0	33,3	58,8	21,6	41,7	32,9	52,1
Soma de autovalores canônicos (traço)	1,384		1,480		0,718		0,868	

Continua...

Tabela 2. Continuação...

Variância total explicada (%):	7,6	9,1	3,9	5,8	
Testes de permutação de Monte Carlo:					
<i>F</i>	3,543	6,074	1,946	3,687	
<i>P</i>	0,002	0,002	0,002	0,002	
Correlações internas com os eixos (<i>r</i>):					
Regime climático	-0,73	0,03	-0,15	-0,47	
Fluxo foliar	-0,67	-0,03	-0,36	-0,47	
Faixa altitudinal	-0,29	0,56	0,40	-0,28	
<i>Status</i> nutricional	-0,42	-0,09	-0,40	-0,20	
Sazonalidade da temperatura	0,30	0,23	0,08	-0,25	
Média da temperatura no trimestre mais chuvoso	-0,08	-0,25	-0,27	-0,06	
Precipitação no mês mais seco	0,57	-0,17	0,09	0,26	
Longitude		0,25	0,69	-0,71	0,11
Latitude		0,77	0,32	-0,69	-0,36

Tabela 3. Relação de espécies de cactáceas indicadoras de fitofisionomias no leste do Brasil.

Table 3. Relation of indicator cacti species of vegetation formations in eastern Brazil.

Restinga (*Coastal rocks and sand dunes*): *Cereus fernambucensis* subsp. *fernambucensis*, *Pilosocereus arrabidaei*, *Melocactus violaceus* subsp. *violaceus*, *Opuntia monacantha*, *Pilosocereus catiingicola* subsp. *salvadorensis*, *Melocactus violaceus* subsp. *margaritaceus*.

Floresta pluvial (*Humid forest*): *Rhipsalis lindbergiana*, *Rhipsalis floccosa* subsp. *floccosa*, *Rhipsalis russelli*, *Pereskia aculeata*, *Rhipsalis paradoxa* subsp. *septentrionalis*, *Rhipsalis pilocarpa*, *Rhipsalis oblonga*.

Floresta semidecídua (*Semideciduous forest*): *Hylocereus setaceus*, *Coleocephalocereus pluricostatus*, *Pereskia grandifolia* subsp. *grandifolia*, *Pilosocereus brasiliensis* subsp. *ruschianus*, *Epiphyllum phyllanthus*, *Coleocephalocereus fluminensis* subsp. *fluminensis*, *Coleocephalocereus buxbaumianus* subsp. *buxbaumianus*, *Cereus fernambucensis* subsp. *sericifer*, *Coleocephalocereus fluminensis* subsp. *decumbens*.

Floresta decídua (*Deciduous forest*): *Cereus jamacaru* subsp. *calcirupícola*, *Melocactus levistestatus*, *Pilosocereus floccosus* subsp. *floccosus*, *Pilosocereus densiareolatus*, *Tacinga saxatilis* subsp. *saxatilis*, *Cereus sp.nov.*

Caatinga (*Thorn dwarf-forest and scrubs*): *Pilosocereus gounellei* subsp. *gounellei*, *Melocactus zehntneri*, *Cereus jamacaru* subsp. *jamacaru*, *Arrojadoa rhodantha*, *Pilosocereus pachycladus* subsp. *pachycladus*, *Tacinga palmadora*, *Pilosocereus pachycladus* subsp. *pernambucoensis*, *Cereus albicaulis*, *Harrisia adscendens*, *Pilosocereus tuberculatus*, *Pilosocereus chrysostele*, *Facheiroa squamosa*, *Pilosocereus piauhyensis*.

Cerrados e campos rupestres (*Close and rocky savannas*): *Melocactus concinnus*, *Stephanocereus luetzelburgii*, *Micranthocereus purpureus*, *Cipocereus minensis* subsp. *minensis*, *Pilosocereus aurisetus* subsp. *aurisetus*, *Leocereus bahiensis*, *Melocactus paucispinus*, *Cipocereus minensis* subsp. *leiocarpus*, *Melocactus bahiensis* subsp. *amethystinus*, *Discocactus placentiformis*, *Tacinga funalis*, *Arrojadoa bahiensis*, *Arrojadoa dinae* subsp. *dinae*, *Micranthocereus albicephalus*, *Rhipsalis floccosa* subsp. *oreophila*, *Melocactus bahiensis* subsp. *bahiensis*, *Cipocereus crassisepalus*, *Pilosocereus glaucochrous*, *Cipocereus bradei*, *Pereskia bahiensis*, *Cipocereus pusilliflorus*, *Pilosocereus fulvilanatus* subsp. *fulvilanatus*, *Uebelmannia gummifera*, *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera*.

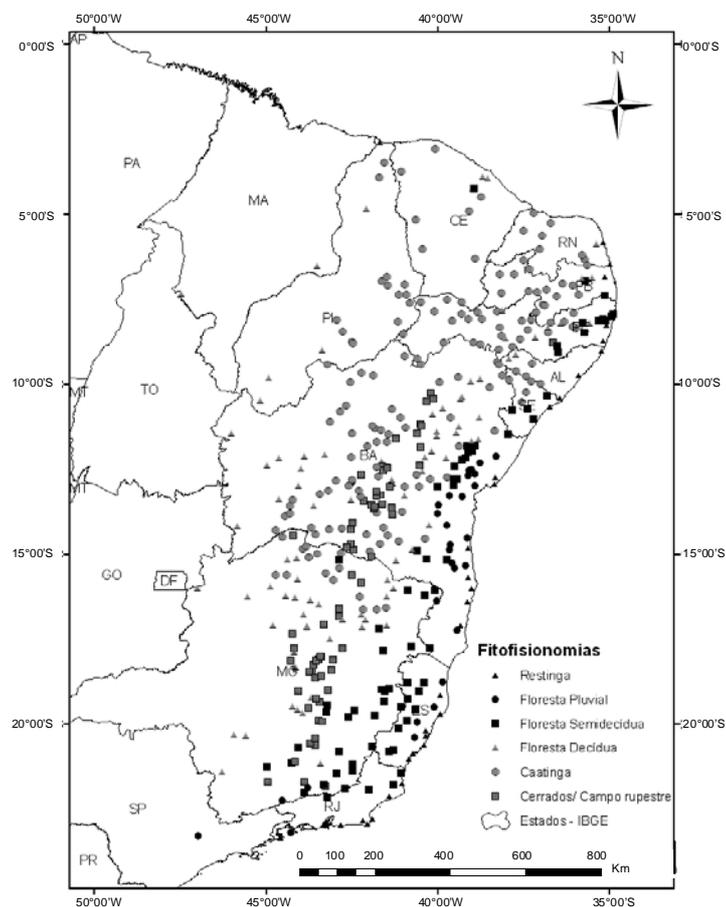


Figura 1. Mapa do leste do Brasil mostrando a localização de 453 áreas de ocorrência de espécies de Cactaceae e suas respectivas fitofisionomias.

Figure 1. Map of eastern Brazil showing the location of 453 areas with occurrence of Cactaceae species and their respective vegetation physiognomies

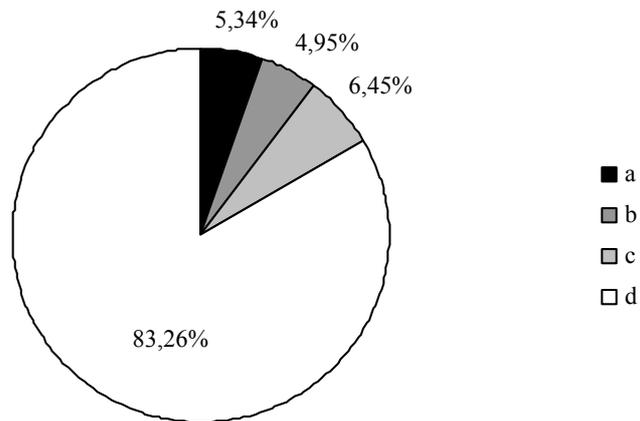


Figura 2. Análises de correspondência canônica (CCA) da distribuição de 128 espécies de Cactaceae no leste do Brasil: (a) Variação ambiental das espécies independente do espaço (CCA 3), (b) variação ambiental espacialmente estruturada (CCA 1-3 ou CCA 2-4), (c) Variação espacial das espécies independente do ambiente (CCA 4), (d) Variação das espécies inexplicada e variações estocásticas (100-CCA1+4 ou 100-CCA2+3).

Figure 2. Canonical correspondence analysis (CCA) of the distribution of 128 species of Cactaceae in 352 areas in eastern Brazil: (a) Environmental variation of species independent of spatial variables (CCA3), (b) environmental variation spatially structured (CCA 1-3 or CCA 2-4), (c) spatial variation of species independent of environmental variables, (d) no explained species variation and stochastic variations (100-CCA1+4 ou 100-CCA2+3).

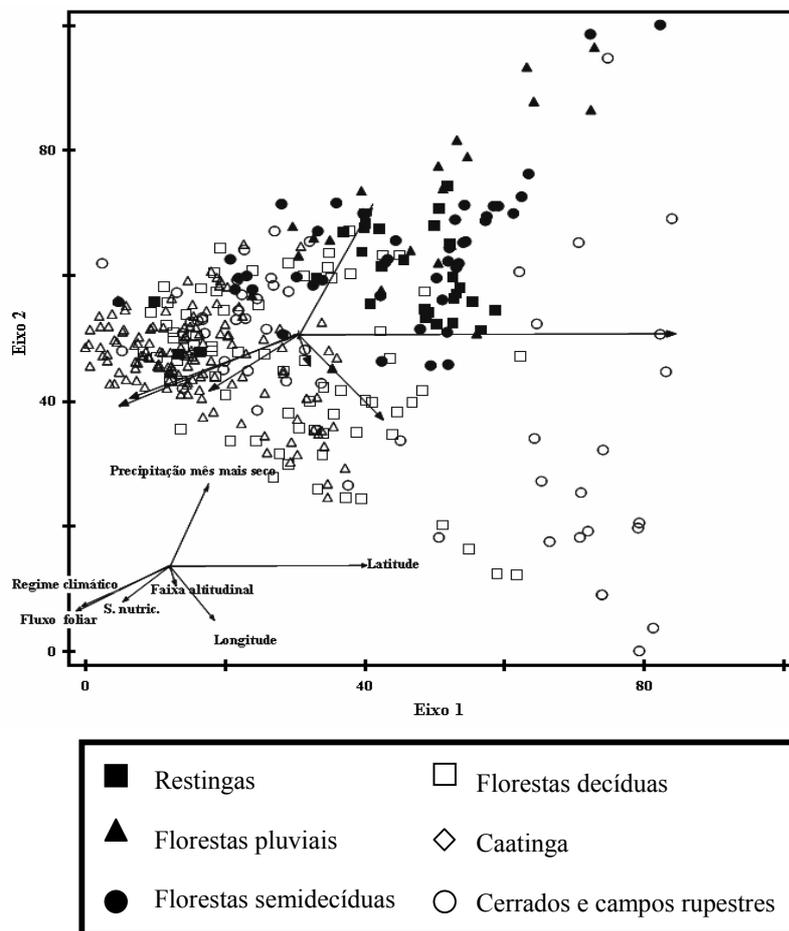


Figura 3. Análise de correspondência retificada (DCA). Diagrama de ordenação das áreas baseado na distribuição de 128 espécies de cactáceas em 352 áreas no leste do Brasil e sua correlação com variáveis climáticas, edáficas e espaciais. As fitofisionomias das áreas são indicadas por símbolos.

Figure 3. Detrended correspondence analysis (DCA). Ordination diagrams of based in the distribution of 128 cacti species in 352 areas in eastern Brazil and their correlation with climatic, edaphic and spatial variables. Vegetation physionomies are indicated by symbols.

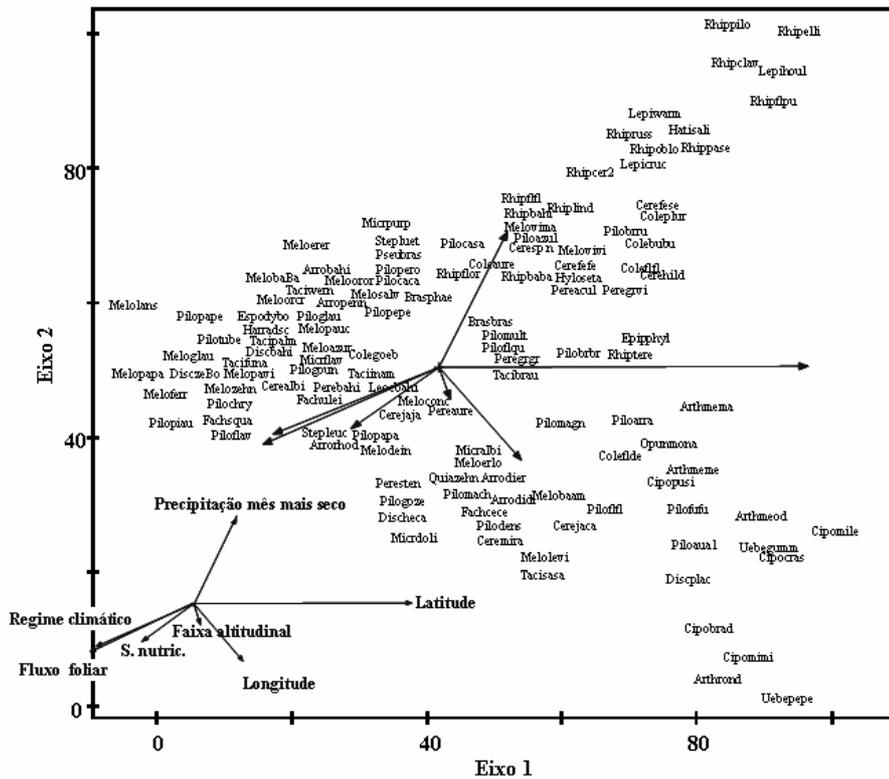


Figura 4. Análise de correspondência retificada (DCA). Diagrama de ordenação de espécies baseado na distribuição de 128 espécies de cactáceas em 352 áreas no leste do Brasil e sua correlação com variáveis climáticas, edáficas e espaciais.

Figure 4. Detrended canonical correspondence analysis (DCA). Ordination diagrams of species based in the distribution of 128 cacti species in 352 areas in eastern Brazil and their correlation with climatic, edaphic and spatial variables.

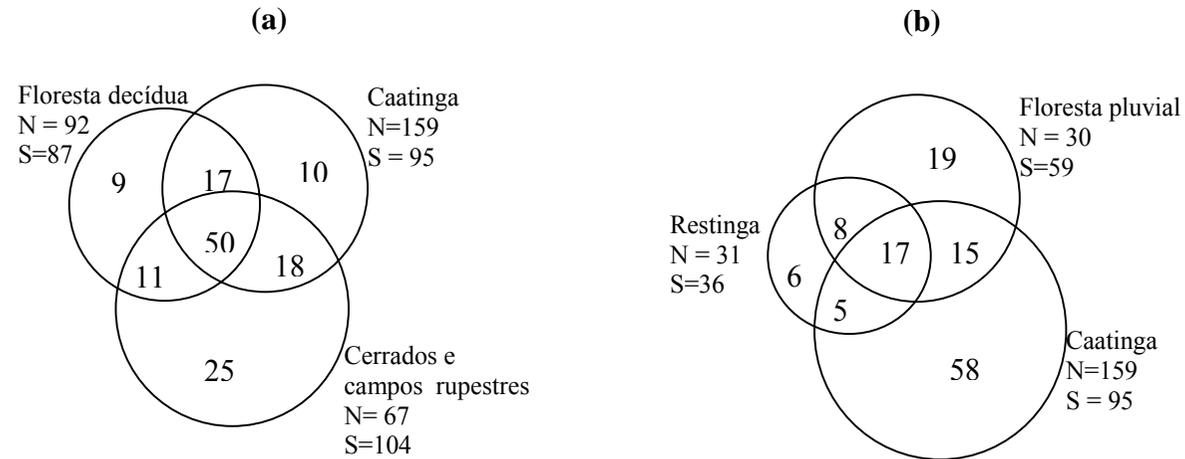
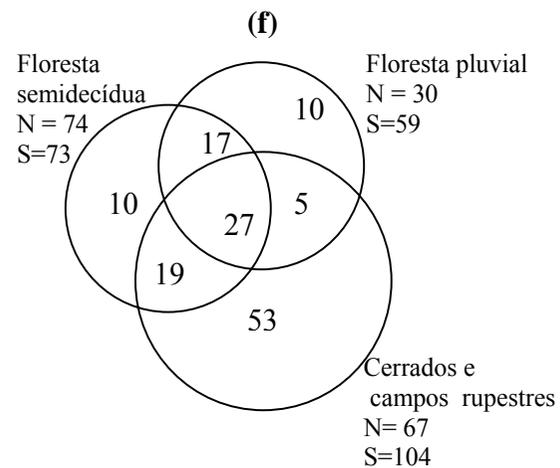
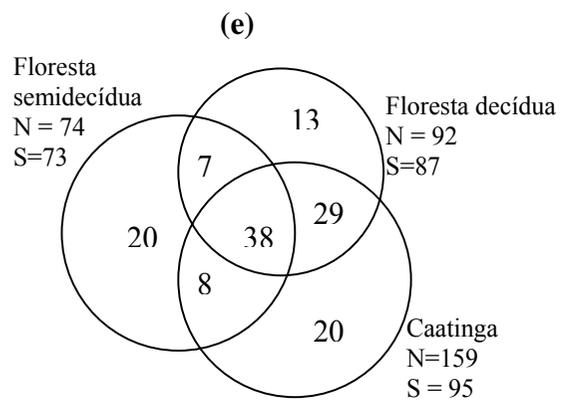
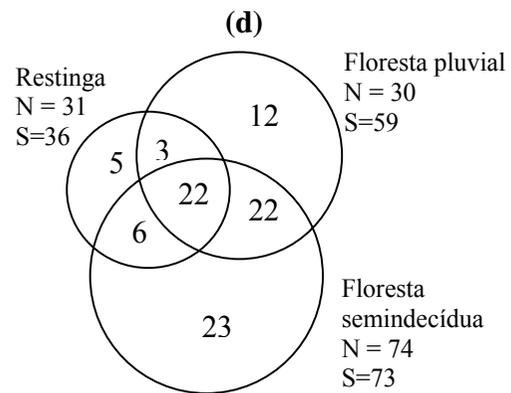
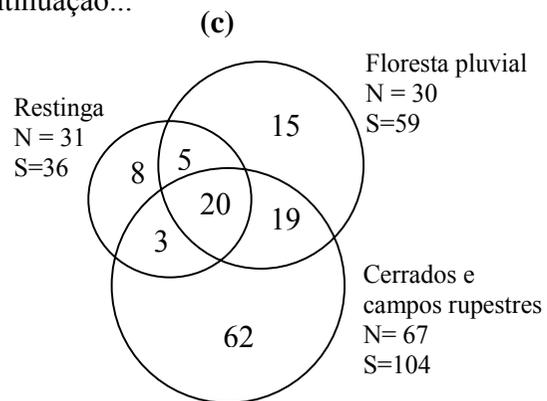


Figura 5. Diagramas de Venn mostrando o número de espécies de cactos compartilhadas por 159 áreas de caatinga, 30 áreas de floresta pluvial, 31 áreas de restinga, 74 áreas de floresta semidecídua, 92 áreas de florestas decíduas e 67 áreas de cerrados e campos rupestres. N= número de áreas; S= número de espécies. (Continua...)

Figure 5. Venn diagrams showing the number of cacti species shared by 159 areas of caatinga, 30 areas of rain forest, 31 areas of restinga, 74 areas of semideciduous forest, 92 areas of deciduous forest, and 67 areas of cerrados and rocky savannas. N = number of areas; S = number of species. (Continue...)

Figura 5. Continuação...



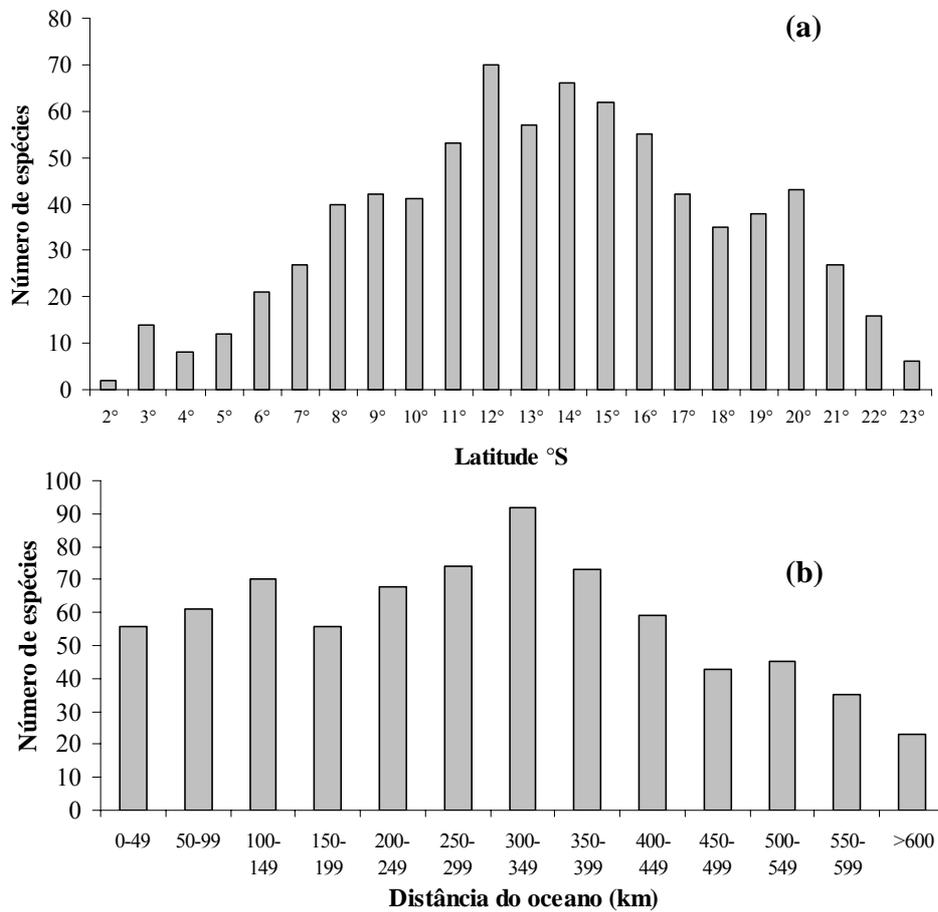


Figura 6. Riqueza de espécies de cactáceas nativas que ocorrem em 453 áreas na região leste do Brasil em bandas de um grau de latitude (a) e em faixas de 50 Km de distância do oceano (b).

Figure 6. Species richness of native cacti that occur in 453 areas in eastern Brazil in strips of one degree of latitude (a) and belts of 50 Km of distance from the ocean (b).

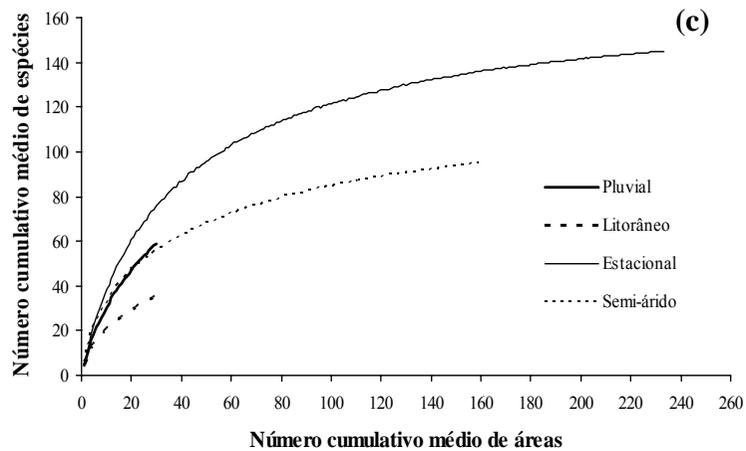
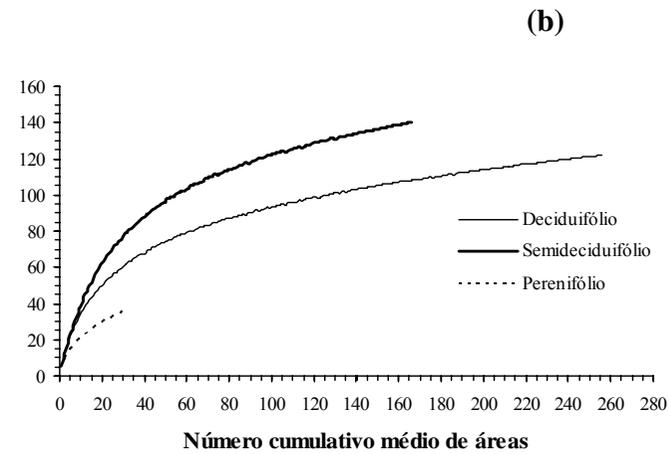
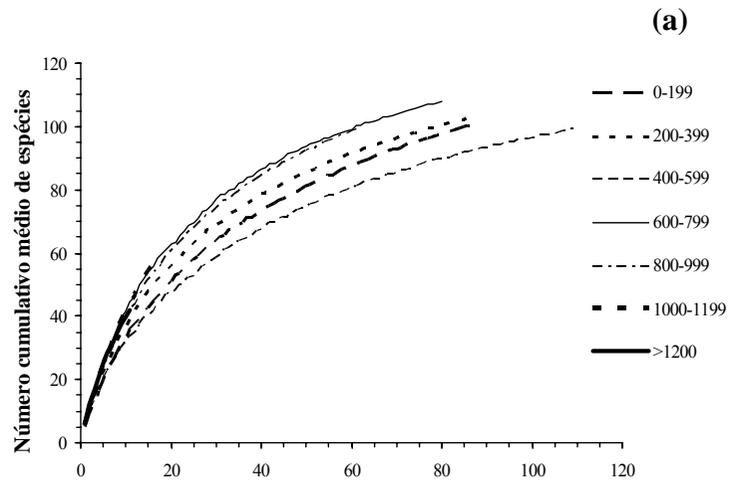
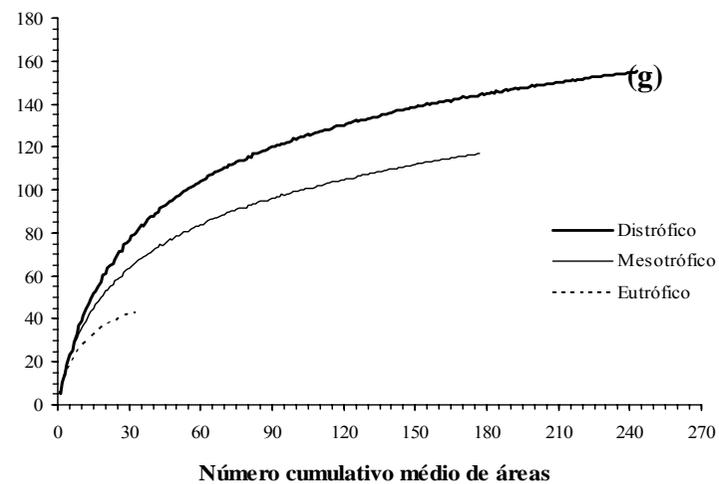
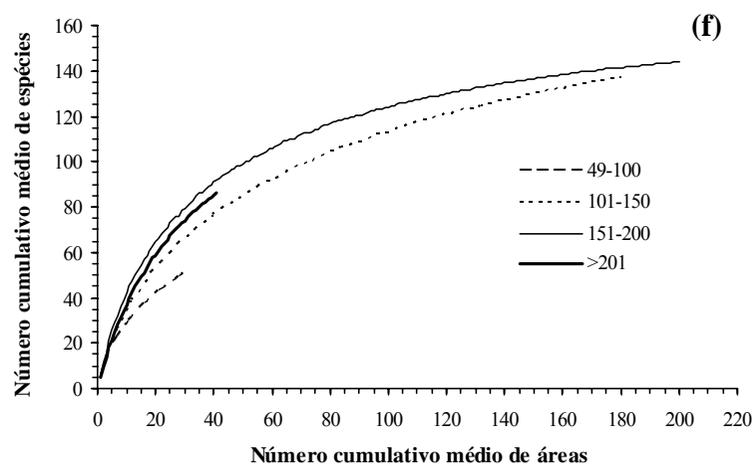
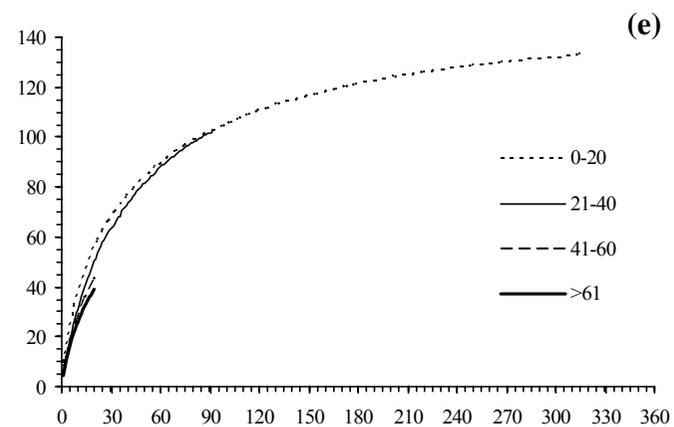
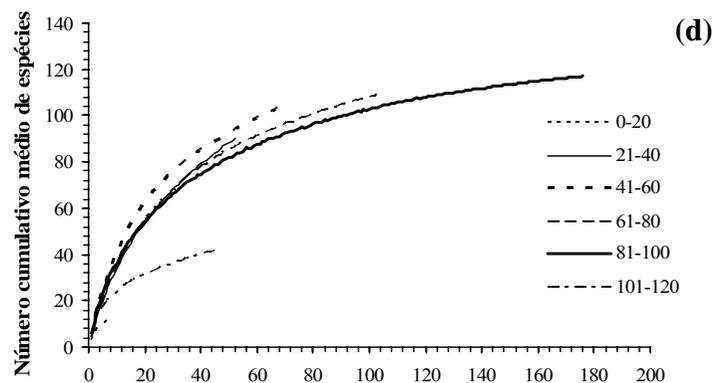


Figura 7. Curva de progressão do número cumulativo médio de espécies de cactáceas nativas com o incremento do número de áreas na região leste do Brasil de acordo com a altitude (a), fluxo foliar (b) regime climático (c), sazonalidade da precipitação (%) (d), precipitação no mês mais seco (mm) (e), sazonalidade da temperatura (%) (f) e *status* nutricional do solo (g). (Continua...)

Figure 7. Curves representing the progression of the cumulative mean of native cacti with increasing number of areas in eastern Brazil in agreement with altitude (a), leafy flow (b), climatic regime (c), precipitation seasonality (%) (d), precipitation of driest month (mm) (e), temperature seasonality (%) (f) and ground nutritional status (g). (Continue...)

Figura 7. Continuação...



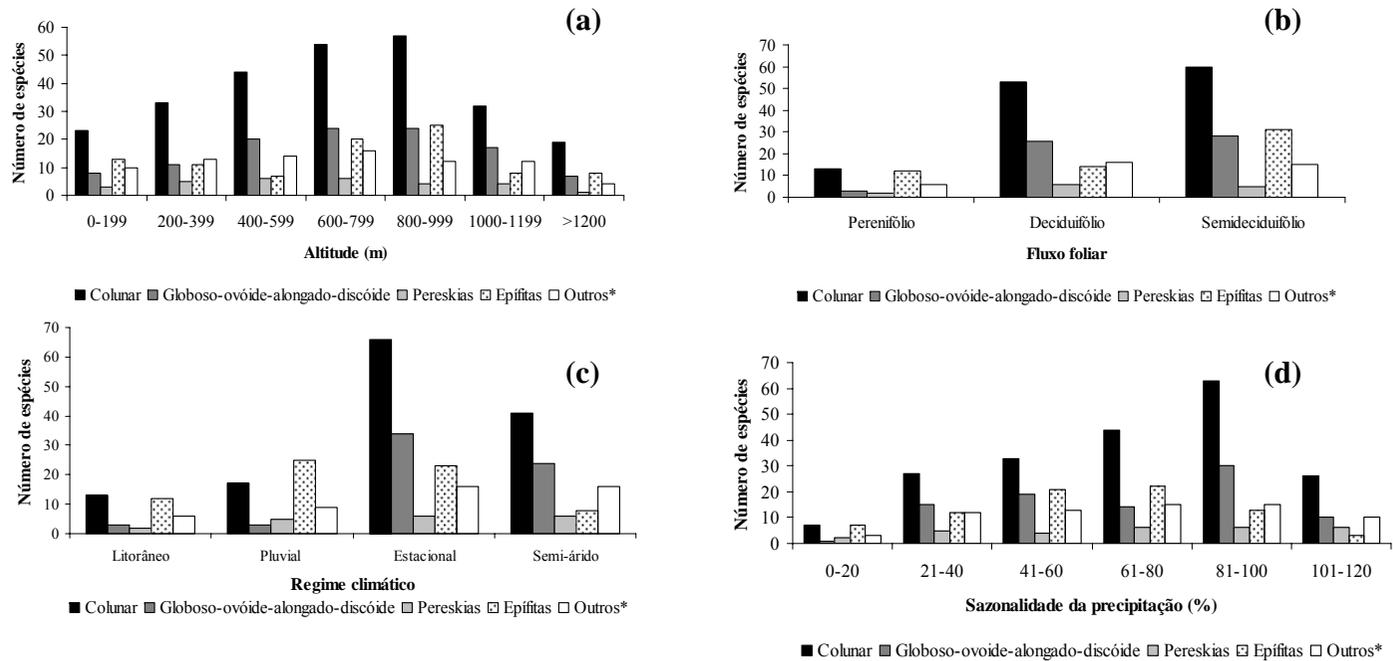
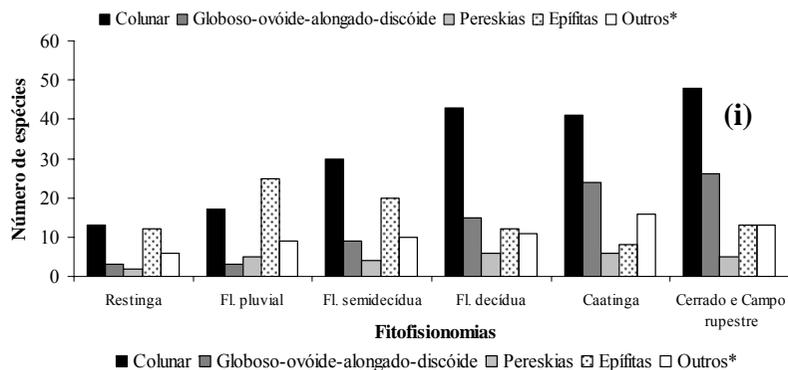
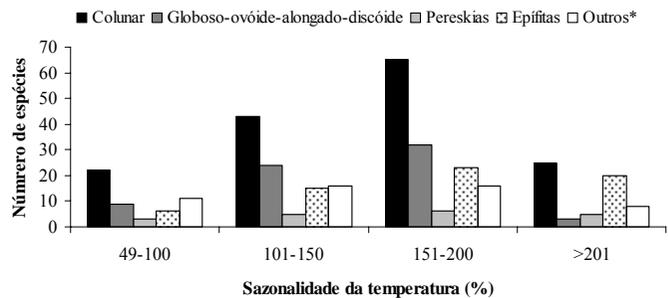
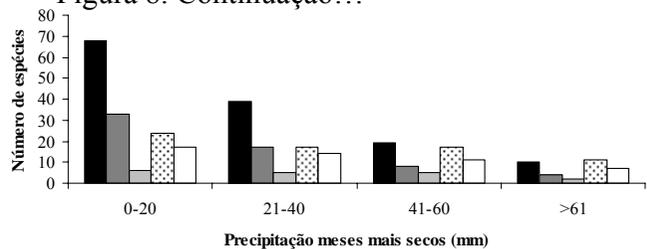


Figura 8. Riqueza de espécies de cactáceas em 453 áreas na região leste do Brasil, relacionando a forma de crescimento do caule às variáveis: altitude (a), fluxo foliar (b), regime climático (c), sazonalidade da precipitação (d), precipitação no mês mais seco (e), sazonalidade da temperatura (f), tipos de substrato (g) *status* nutricional do solo (h), fitofisionomias (i). (Continua...)

Figure 8. Species richness of native cacti in 453 areas in eastern Brazil related to stem growth form and the following variables: altitude (a), leafy flow (b), climatic regime (c), precipitation seasonality (d), precipitation of driest month (e), temperature seasonality (f), substrate types (g), soil nutritional status (h), vegetation physiognomies (i). (Continue...)

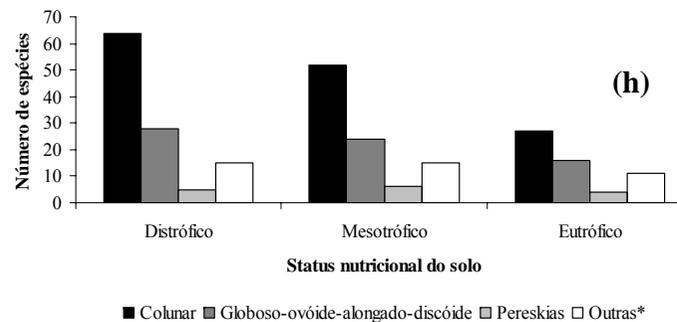
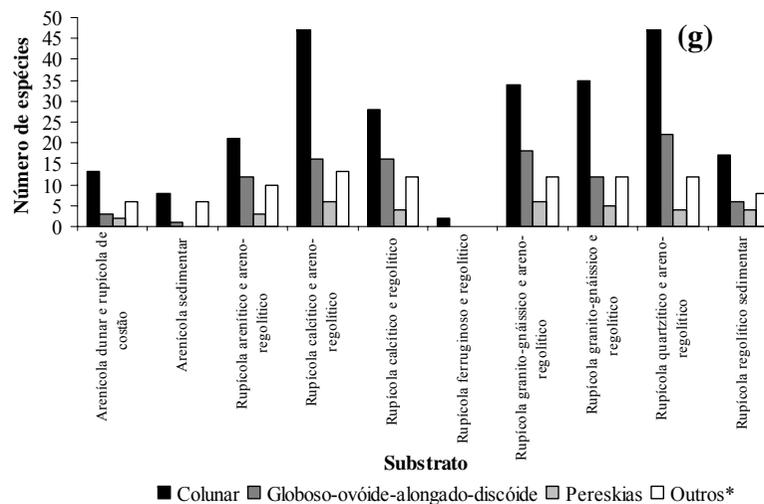
Figura 8. Continuação...



(e)

(f)

(i)



(h)