



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

PAULO SÉRGIO MONTEIRO FERREIRA

**CACTÁCEAS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO: PADRÕES DE
ESTRUTURA E DIVERSIDADE**

Campina Grande/PB

Fevereiro/2015

PAULO SÉRGIO MONTEIRO FERREIRA

**CACTÁCEAS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO: PADRÕES DE
ESTRUTURA E DIVERSIDADE**

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Dilma Maria de Brito Melo Trovão (UEPB)

Co-orientador: Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes (UEPB)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Campina Grande/PB

Fevereiro/2015

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

F383c Ferreira, Paulo Sérgio Monteiro.
Cactáceas do Semiárido Paraibano [manuscrito] : padrões de estrutura e diversidade / Paulo Sérgio Monteiro Ferreira. - 2015.
65 p. : il. nao

Digitado.

Dissertação (Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2015.

"Orientação: Profa. Dra. Dilma Maria de Brito Melo Trovão, Departamento de Biologia".

"Co-Orientação: Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes, Departamento de Biologia".

1. Caatinga. 2. Gradientes ambientais. 3. Granulometria do solo. 4. Flora paraibana. I. Título.

21. ed. CDD 582.16

PAULO SÉRGIO MONTEIRO FERREIRA

**CACTÁCEAS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO: PADRÕES DE
ESTRUTURA E DIVERSIDADE**

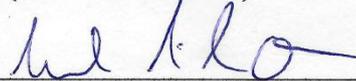
Aprovado em 26 de Fevereiro de 2015

Comissão examinadora:

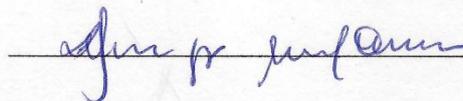


Prof.ª Dr.ª. Dilma Maria de Brito Melo Trovão

(Orientador-UEPB)



Prof. Dr. Cleber Ibraim Salimon (Titular-UEPB)



Prof.ª Dr.ª. Zelma Glebya Maciel Quirino (Titular-UFPB)

DEDICATÓRIA

À minha família, que sempre me deu apoio em meio às tantas dificuldades;

à minha mãe Anunciada,

meu pai Sebastião e

meu irmão Cezar.

Tudo isso é por vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me manter de pé nos momentos em que por minhas próprias forças não mais conseguiria.

À coordenação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação (PPGEC), da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), nas pessoas da Dr. Thelma Dias e a Dr. Joseline Molozzi, pelo auxílio, compreensão e disponibilidade nas variadas problemáticas surgidas no decorrer do curso.

À minha orientadora, Dr. Dilma Maria de Brito Melo Trovão e meu co-orientador, Sérgio de Faria Lopes, pela direção e esforço para a realização deste estudo.

Aos professores Dr. André Pessanha (UEPB) e Dr. Manuel Graça (Universidade de Coimbra), pela ajuda na escolha da abordagem estatística a ser utilizada.

Aos meus amigos Natalice, Elaine, Marcel, Climélia, Rafaela, Juan, Thainá, Maiara, Anderson e todos meus colegas de mestrado, pelo apoio e ajuda nas tantas dúvidas e problemas tanto acadêmicos como pessoais.

Os meus abençoados/sofredores amigos/equipe de coleta, Davilla, Diego, Iran, Marcos, Miscilene, Poliana e Gilbevam, por se disponibilizarem a realizar as exaustivas, espinhosas e urticantes idas a campo, vocês têm minha eterna gratidão!

À minha família, por sempre estarem preocupados com meus momentos de reclusão, para que eu não ficasse maluco de estudar tão jovem. Obrigado por cuidarem de mim!

*“No meio da confusão, encontre a simplicidade. A partir da discórdia, encontre a harmonia.
No meio da dificuldade reside a oportunidade.” (Albert Einstein).*

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Mapa das Áreas A1, A2, A3 e A4 (tracejado), onde foi realizada a coleta de dados e suas respectivas isoietas (linha contínua)57
- Figura 2:** Dados fitossociológicos das espécies em relação as áreas de estudo.....58
- Figura 3:** Escalonamento Multidimensional Não-Métrico - NMDS das áreas de estudo em relação aos fatores ambientais testados.....59
- Figura 4:** Dendrograma demonstrando a dissimilaridade (Distância Euclidiana) entre as parcelas de cada Área a partir dos dados ambientais.....60
- Figura 5:** Diagrama de ordenação das espécies e parcelas por Análise de Correspondência Canônica das espécies de cactáceas em relação aos fatores ambientais preditos no BIO-ENV. Os círculos pretos com números correspondem as parcelas de cada Área, de 1 a 3, Área 1; de 4 a 6, Área 2; de 7 a 9, Área 3; e de 10 a 12, Área 4.....61
- Figura 6:** Gráfico de dispersão mostrando a correlação significativa entre abundância da espécie *Melocactus zehntneri* com a % de Argila.....62
- Figura 7:** Gráficos de dispersão mostrando as correlações significativas entre a abundância, altura e DAS da espécie *Pilosocereus gounellei* e as variáveis % de Argila e % de Silte.....63
- Figura 8:** Gráficos de dispersão mostrando as correlações significativas entre a abundância, altura e DAS da espécie *Pilosocereus pachycladus* e as variáveis Precipitação e EVI.....64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Abundância das espécies de cactáceas em cada Área, divididas em suas respectivas parcelas.....	52
Tabela 2: Parâmetros estruturais das Áreas de estudo (1, 2, 3 e 4). DeA = Densidade Absoluta; Alt. med. = Altura média; DAS med. = Diâmetro a Altura do Solo médio H' = Índice de diversidade de Shannon Wiener; J' = Índice de equabilidade de Pielou; AB tot. = Área Basal total; V= Volume de cactáceas.....	53
Tabela 3: Dados brutos das variáveis ambientais em relação às áreas de estudo. EVI = Índice de Vegetação Aprimorada.....	54
Tabela 4: Resultados do <i>pair-wise test</i> da PERMANOVA para as variáveis ambientais. t = Teste t; p (perm) = p da PERMANOVA; p (MC) = p de Monte Carlo.....	55
Tabela 5: Resultados do teste BIO-ENV, para as variáveis ambientais que melhor explicam a variação das comunidades entre as Áreas. 6 = Argila, 7 = EVI, 8 = Precipitação, 9 = Evaporação Potencial, 10 = Armazenamento de água no solo em outubro, 11 = Elevação. ρ = Correlação de Spearman.....	55

SUMÁRIO

1. Introdução geral	14
1.1. <i>Cactáceas</i>	14
1.2. <i>Gradientes ambientais</i>	15
1.3. <i>Heterogeneidade ambiental</i>	16
2. Objetivo geral	19
2.1 Objetivos específicos	19
3. Pergunta	20
4. Hipótese	20
5. Área de estudo	21
6. Manuscrito	23
1. <i>Introdução</i>	26
2. <i>Materiais e Métodos</i>	28
2.1 <i>Área de Estudo</i>	28
2.2 <i>Procedimentos de campo e laboratório</i>	29
3. <i>Resultados</i>	31
3.1 <i>Estrutura da comunidade</i>	31
3.2 <i>Variação da comunidade de Cactaceae em relação aos parâmetros ambientais</i>	32
4. <i>Discussão</i>	33
4.1 <i>Estrutura da comunidade</i>	33
4.2 <i>Variação da comunidade de Cactaceae em relação aos parâmetros ambientais</i>	35
5. <i>Conclusão</i>	37
6. <i>Referências</i>	38
7. Referências bibliográficas	45
8. Anexos	51

RESUMO

O estudo de como as espécies se comportam em relação aos gradientes ambientais é uma ferramenta estabelecida na ecologia, sendo investigado desde os estudos pioneiros nesse campo. Cactaceae, estabelece-se como uma importante família constituinte das comunidades vegetais do semiárido brasileiro, e a mudança na distribuição de muitos gêneros e formas de vida dessa família coincide com a transição entre ambientes secos e úmidos. Nesse contexto, o presente estudo buscou testar a hipótese de que a estrutura e diversidade das comunidades de cactáceas serão diferenciadas em relação às diferentes áreas do semiárido paraibano, pelo fato dos gêneros e espécies dessa família apresentarem preferências ambientais distintas. Para a realização do estudo foram selecionadas quatro áreas (A1, A2, A3 e A4) com precipitações pluviométricas decrescentes (650, 550, 450 e 350 mm respectivamente) no semiárido paraibano. Foram aferidos ao todo 3.660 indivíduos de Cactaceae, distribuídos em seis espécies: *Cereus jamacaru* DC., *Melocactus zehntneri* (Britton & Rose) Luetzelb., *Opuntia inamoena* K. Schum., *Pilosocereus gounellei* (F. A. C. Weber) Byles & G. D. Rowley, *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter e *Tacinga palmadora* (Britton & Rose) N.P. Taylor & Stuppy. A1 apresentou 196 indivíduos divididos em três espécies (*C. jamacaru*, *O. inamoena* e *P. pachycladus*); A2 foi representada por 642 indivíduos, A3 apresentou 1.447 indivíduos e A4 1.375 indivíduos divididos entre as seis espécies citadas. As espécies de cactáceas demonstraram padrões de Índice de Valor de Importância (IVI) e Volume Relativo (VR) distintos entre as Áreas. A1 apresentou os indivíduos mais altos (Alt. med. = 4,96 m) e de maior DAS (DAS med. = 13,34 cm), possuindo também o maior volume de cactáceas (21,42 m³); a A2 demonstrou maior diversidade ($H' = 1,39$) e equabilidade ($J' = 0,83$); A3 apresentou os menores valores de DAS (DAS med. = 4,33 cm), altura (Alt. med.= 0,85 m), diversidade ($H' = 0,58$), equabilidade ($J' = 0,39$) e volume de cactáceas (4,92 m³); já A4 apresentou, na maioria das vezes, valores intermediários entre A2 e A3. As maiores riquezas e abundâncias estiveram relacionadas aos locais de menores precipitações e os solos mais argilosos foram os que comportaram maior diversidade de cactáceas. O nMDS (Escalonamento Multidimensional não-Métrico) produzido através das variáveis ambientais separou as amostras em quatro grupos e a análise de agrupamento demonstrou configurações diferenciadas desses atributos dentro das próprias Áreas. Os grupos que diferiram estatisticamente segundo a permutação do teste de Monte Carlo foram entre as Áreas 1 e 2; 1 e 4; 2 e 4; e 3 e 4. Destas variáveis ambientais, o modelo preditivo dado pelo BIO-ENV (*Biotic-Environmental*) sugeriu que a % de Argila no solo e o EVI (Índice de Vegetação

Aprimorada) são as que melhor explicam a variação das comunidades de cactáceas. O diagrama de CCA (Análise de Correspondência Canônica), produzido com as variáveis preditas pelo BIO-ENV, demonstrou que as espécies de cactáceas ocorrentes no semiárido paraibano apresentam preferências ambientais distintas, revelando que as espécies *P. pachycladus* e *C. jamacaru* foram positivamente relacionadas às áreas com maiores índices de EVI e Precipitação; *M. zehntneri* e *P. gounellei*, foram melhor adaptadas a habitarem em ambientes com solos com maior proporção de Argila e Silte; *O. inamoena*, esteve negativamente relacionada às maiores proporções de Areia média; e *T. palmadora*, não demonstrou padrões relacionados as variáveis dadas pelo BIO-ENV. As correlações significativas entre os eixos da CCA e os atributos da estrutura das espécies (abundância, altura e DAS), foram algumas vezes moderadas (r 0,40-0,69) e na maioria das vezes fortes ($r \geq 0,70$) e as espécies que apresentaram melhores associações lineares com as variáveis testadas foram *M. zehntneri*, *P. gounellei* e *P. pachycladus*.

PALAVRAS-CHAVE: Caatinga, Gradientes ambientais, Granulometria do solo.

ABSTRACT

The study of how species behave in relation to environmental gradients is an established tool in the ecology, being investigated since the pioneering studies in this field. Cactaceae is established as an important constituent family of plant communities of the Brazilian semiarid, and the change in the distribution of many genres and modes of life of this family coincides with the transition between wet and dry environments. In this context, this study aimed to test the hypothesis that the structure and diversity of cactaceas communities will be differentiated in relation to different areas of the semiarid of Paraiba, because the genera and species of this family present distinct environmental preferences. To carry out the study were selected four areas (A1, A2, A3 and A4) with pluviometric precipitations decreasing (650, 550, 450 and 350 mm respectively) in the semiarid of Paraiba. We assessed a total of 3,660 individuals of Cactaceae, distributed in six species: *Cereus jamacaru* DC., *Melocactus zehntneri* (Britton & Rose) Luetzelb, *Opuntia inamoena* K. Schum, *Pilosocereus gounellei* (F. A. C. Weber) Byles & G. D. Rowley, *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter and *Tacinga palmadora* (Britton & Rose) N.P. Taylor & Stuppy. A1 presented 196 individuals divided into three species (*C. jamacaru*, *O. inamoena* and *P. pachycladus*); A2 was represented by 642 individuals, A3 presented 1,447 individuals and A4 1,375 individuals divided among the six species mentioned. The cactaceas species demonstrated patterns of Importance Value Index (IVI) and Relative Volume (VR) between the different areas. A1 presented the highest individuals (mean height = 4.96 m) and with bigger DAS (mean DAS = 13,34 cm), and having the largest volume of cactaceas (21.42 m³); A2 showed more diversity ($H' = 1.39$) and equability ($J' = 0.83$); A3 had the lowest values of DAS (mean DAS = 4.33 cm), height (mean height = 0.85 m), diversity ($H' = 0.58$), equability ($J' = 0.39$) and volume of cactaceas (4.92 m³); and A4 presented, in most cases, intermediate values between A2 and A3. The greatest richness and abundance of species were related to the locations with low rainfall and more clayey soils had greater diversity of cactaceas. The nMDS (non-Metric Multidimensional Scaling) produced by the environmental variables separated the samples into four groups and the cluster analysis showed differentiated configurations of these attributes within their own areas. The groups differed significantly according to the permutation of Monte Carlo test that were between the Areas 1 and 2; 1 and 4; 2 and 4; and 3 and 4. Of these environmental variables, the predictive model given by BIO-ENV (Biotic-Environmental) suggested that the percentage of clay in the soil and EVI (Enhanced Vegetation Index) are those that best explain the variations of cactaceas communities. The CCA diagram (Canonical Correspondence Analysis), produced

with the predicted variables by BIO-ENV showed that the cactacea species that occurring in of Paraiba semiarid have different environmental preferences, revealing that the species *P. pachycladus* and *C. jamacaru* were positively related to areas with higher indices of EVI and rainfall; *M. zehntneri* and *P. gounellei* adapted better in areas with soils with higher proportion of clay and silt; *O. inamoena*, was negatively related with higher proportions of medium sand; and *T. palmadora*, showed no patterns related to variables given by the BIO-ENV. The significant correlations between the axes of the CCA and the attributes of the structure of the species (abundance, height and DAS), were some times moderate (r 0.40 to 0.69) and most of the times stronger ($r \geq 0.70$) and the species that presented best linear associations with the variables tested were *M. zehntneri*, *P. gounellei* and *P. pachycladus*.

KEYWORDS: Caatinga, Environmental gradients, Soil Granulometry.

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. *Cactáceas*

As cactáceas constituem em um componente importante das comunidades vegetais do Semiárido brasileiro, fazendo parte de um grupo de plantas abundante, diverso e de ampla distribuição (ROCHA; AGRA, 2002, LEAL; TABARELLI; SILVA, 2003). As plantas com o Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM), presente nas cactáceas, são mais abundantes e diversas em desertos com níveis de precipitação relativamente mais elevados e mais previsíveis, nos ambientes estritamente desérticos essas espécies não prevaleceriam (GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009) e, por terem uma eficiência de 5 a 10 vezes maior no uso de água, as mesmas tem uma vantagem competitiva nos ambientes onde a água é fator limitante, como regiões semiáridas e micro habitats epifíticos (CUSHMAN; BOHNERT, 1997). Como no semiárido brasileiro existe uma variação fisionômica da vegetação predominante, a Caatinga, pressupõe-se que a estrutura e a diversidade dessas espécies sejam diferenciadas de acordo com os fatores que compõe os gradientes ambientais de cada local.

As Cactáceas apresentam o Metabolismo ácido das Crassuláceas (CAM) que usa basicamente a mesma bioquímica da fotossíntese C_4 , sendo diferente pelo fato da rubisco ser encontrada em todas as células fotossintéticas, separarem temporal ao invés de espacialmente a captação da energia luminosa da de CO_2 (CUSHMAN; BOHNERT, 1997, GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009)

Durante o dia, quando ocorre a descarboxilação dos ácidos, as altas concentrações de CO_2 permitem o fechamento, ao menos parcial, dos estômatos, diminuindo a perda evapotranspirativa da água, sem perda da atividade fotossintética (CUSHMAN; BOHNERT, 1997, HERPPICH; PECKMANN, 2000).

Os vegetais que apresentam o metabolismo CAM demonstram grande flexibilidade metabólica, que aliada a uma grande variedade de espécies, vai garantir um amplo leque de respostas em relação à fixação de CO_2 , (CUSHMAN; BOHNERT, 1997), tornando-se um dos mais complexos mecanismos de adaptação ao estresse ambiental (CUSHMAN; BOHNERT, 1997). Este metabolismo está intimamente ligado ao meio ambiente e, essas plantas apresentam plasticidade para modifica-lo (DODD *et al.*, 2002), por exemplo, em resposta a fatores que influenciam nas condições hídricas (precipitação, capacidade de retenção de água no solo, etc.). Podendo as mesmas realizarem a captação diurna do CO_2 , quando não estão

passando por uma privação de água e diferentes espécies de plantas CAM apresentam diferentes mecanismos de sobrevivência ao estresse hídrico (HERPPICH; PECKMANN, 2000, DODD *et al.*, 2002).

O mecanismo fisiológico demonstra suas limitações ao observar-se a perda de eficiência fotossintética em estudos experimentais de indução de estresse hídrico (HERPPICH; PECKMANN, 2000, DODD *et al.*, 2002). As plantas CAM precisam apresentar tal flexibilidade na absorção de carbono em resposta às perturbações ambientais como fotoperíodo, alta salinidade e déficit hídrico (CUSHMAN; BOHNERT, 1997, DODD *et al.*, 2002).

1.2. *Gradientes ambientais*

O estudo dos gradientes ambientais é uma ótima ferramenta para o entendimento dos padrões de distribuição das espécies, sendo, uma questão central na ecologia de comunidades e podendo ser um fenômeno estudado nas escalas, local, regional e continental (TER BRAAK, 1986, SANTOS; BARBOSA; TABARELLI, 2007, SIQUEIRA; ROCHA, 2013). Um dos mais estudados e marcantes é o gradiente latitudinal, obedecido por grande parte dos táxons (PIANKA, 1966, COLWELL; LEES, 2000), no qual o número de espécies por taxa diminui com o aumento da latitude (GASTON, 2000, TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2006, SANDERS; RAHBK, 2012). No entanto, tal gradiente torna-se difícil de amostrar devido à sua extensão, podendo o pesquisador optar pelo estudo de gradientes de menor extensão quase tão onipresentes (SANDERS; RAHBK, 2012) e mais facilmente replicáveis (McCAIN, 2007) como os gradientes de altitude (SANDERS; RAHBK, 2012), topografia (ARAÚJO *et al.* 2011) e continentalidade (SILVA *et al.* 2007).

Os principais padrões observados nos gradientes altitudinais são a diminuição da riqueza das espécies com o aumento da altitude e um pico de abundâncias nas altitudes intermediárias (RAHBK, 1995, COLWELL; LEES, 2000); além do efeito de Rapoport, que assume que as diferentes espécies, presentes no pico ou na base das elevações, irão apresentar tolerâncias específicas em relação às variações climáticas presentes nos gradientes altitudinais (COLWELL; LEES, 2000, ALMEIDA-NETO, 2006, BHATTARAI; VETAAS, 2006, SIQUEIRA; ROCHA, 2013).

Os gradientes de altitude demonstram diferentes padrões em relação à espécie que está sendo estudada ou à localidade onde a mesma se encontra (RAHBK, 1995, SIQUEIRA;

ROCHA, 2013). A direcionalidade observada nos estudos que envolvem gradientes de altitude coadunam a premissa de que as mudanças na comunidade podem ser preditivas de tais gradientes (SANTOS; BARBOSA; TABARELLI, 2007).

O gradiente de continentalidade é o resultado em conjunto de fatores meteorológicos (precipitação, temperatura, radiação solar, etc.) e geográficos (latitude, longitude e topografia), que irão incidir em diferentes intensidades sobre áreas que estão mais próximas do mar ou de grandes extensões de terra, estando as áreas mais continentais sujeitas a sofrerem maior efeito das variações de amplitudes térmicas do que as mais próximas à costa (MIKOLÁŠKOVÁ, 2009).

O quanto a continentalidade influencia a distribuição de diferentes espécies historicamente tem sido testado em alguns estudos na Europa: como na região Nordeste, onde foi analisada a distribuição da vegetação de pântanos em relação, entre outros fatores, à distância do mar, o que afeta a regularidade e constância das secas (SPARLING, 1967), sendo referido como o fator mais relacionado a variação em relação à escala macroclimática (MALMER, 1986); na região do Sul da Sibéria, nas montanhas ocidentais de Sayan, onde foi observado que o Ph do solo e variáveis climáticas foram os fatores que mais influenciavam a composição vegetal (CRUTRÝ *et al.*, 2008); e na Europa central, onde foi feita uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA) de tipos vegetacionais em relação aos gradientes macroclimáticos, que demonstrou que os gradientes de minerais do solo, umidade do solo no verão e continentalidade são, em ordem decrescente de importância, os eixos mais relacionados à distribuição de espécies (BOTTA-DUKÁT *et al.*, 2005).

Kleinebecker, Hölzel e Vogel (2007), em seu estudo realizado no Sul da Patagônia, testando o quanto os gradientes de continentalidade e umidade influenciam a distribuição da vegetação ombrófila turfeira, demonstraram através da Análise de Correspondência Retificada (DCA) que, foram formados nove grupos nítidos que revelam o gradiente, estando a continentalidade, relacionada ao primeiro eixo da ordenação.

O estudo de Vasconcelos-Sobrinho (1971), menciona que entre macrorregiões da Paraíba submetidas a diferentes influências de continentalidade irão demonstrar floras mais relacionadas à mata Atlântica ou Caatinga, por estarem mais próximas ou distantes do mar, respectivamente. Silva e colaboradores (2007) se propuseram a testar essa afirmação, confrontado dados florísticos de seis brejos do estado de Pernambuco. No entanto, os

resultados não foram condizentes com a hipótese, possivelmente por vieses amostrais como a degradação sofrida por alguns dos brejos e diferenças no esforço amostral.

1.3. *Heterogeneidade ambiental*

Segundo Dufour e colaboradores (2006), a heterogeneidade ambiental pode ser definida por três componentes principais: pela gama de variações das condições ambientais, pela configuração espacial do habitat e pela variação do mesmo ao longo do tempo. Ou ainda, a heterogeneidade ambiental pode ser definida de forma mais simples, como a complexidade/variabilidade de um atributo do ecossistema no espaço/tempo, podendo esse atributo ser estrutural ou funcional (LI; REYNOLDS, 1995). Esta heterogeneidade vai influenciar na dinâmica dos mecanismos de coexistência espacial, especialmente em comunidades de organismos sésseis (SNYDER; CHESSON, 2004) e a sua percepção dependerá da escala do organismo que está sendo investigado (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007, GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009), além do tipo de comunidade e de se os fatores que estão sendo analisados localizam-se a baixo (por exemplo a disponibilidade de nutrientes) ou acima do solo (por exemplo a incidência solar) (KLEB; WILSON, 1999).

O conjunto de adaptações/restrições evolutivas apresentadas pelas espécies fará com que as mesmas respondam diferentemente as distintas disponibilidades de recursos destes locais (MacARTHUR; MacARTHUR, 1961, SILVERTOWN *et al.*, 1999), pois seu estabelecimento dependerá da existência de adaptações relacionadas à dinâmica temporal do ambiente e a biodiversidade local será influenciada pelo conjunto de tipos de habitat (DUFOUR *et al.*, 2006), sendo, os ambientes em geral, uma colcha de retalhos entre locais favoráveis e desfavoráveis, para cada espécie (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007, GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009). Além dos processos ecológicos relacionados a dinâmicas das populações estarem intimamente relacionados a essas características ambientais (SNYDER; CHESSON, 2004, DUFOUR *et al.*, 2006, (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007).

As espécies residentes nestes ambientes heterogêneos ainda podem apresentar, plasticidade fenotípica (GRATANI, 2014), graças a seus diferentes acervos genéticos evolutivamente selecionados, que pode produzir diferentes respostas de desenvolvimento às variações em seus habitats afetando os mecanismos de coexistência (SNYDER; CHESSON, 2004), o que sustenta a hipótese de que ambientes mais heterogêneos sustentam uma maior riqueza de espécies (DUFOUR *et al.*, 2006).

A heterogeneidade ambiental favorece a coexistência em plantas (SNYDER; CHESSON, 2004), pois aquela exerce uma influência estabilizante, fazendo com que as espécies potenciais competidoras possam coexistir (PALMER; DIXON, 1990, BELL; LECHOWICZ; WATERWAY, 2000, COSTANZA; MOODY; PEET, 2011, ALLOUCHE *et al.* 2012) através da diferenciação de nicho em resposta a variação de recursos disponíveis (BROWN *et al.* 2013) ou, sem que, necessariamente, tenha que ocorrer uma maior diferenciação de nicho (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007), mas com uma diminuição da largura do nicho (nicho realizado) das potenciais competidoras coexistentes (SILVERTOWN *et al.*, 1999, ALLOUCHE *et al.* 2012).

2. OBJETIVO GERAL

- Investigar a estrutura e diversidade das cactáceas em diferentes pontos do semiárido da Paraíba, Brasil.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar levantamento fitossociológico das comunidades de Cactaceae em regiões semiáridas paraibanas, como ferramenta para o entendimento de como os padrões de estrutura e diversidade respondem às variações ambientais destas regiões.
- Investigar se existe e como se dá a relação entre os atributos de cada espécie de cactácea encontrada no presente estudo com as características ambientais aferidas.

PERGUNTA:

- A estrutura e diversidade das comunidades de cactáceas variam em relação as diferentes fitofisionomias do semiárido paraibano?

HIPÓTESE:

- A estrutura e diversidade das comunidades de cactáceas serão diferenciadas em relação às diferentes áreas do semiárido paraibano, pelo fato dos gêneros e espécies dessa família apresentarem preferências ambientais distintas.

ÁREA DE ESTUDO

O semiárido pode ser caracterizado, principalmente, por ser uma região que apresenta déficit hídrico, causado por baixas e imprevisíveis precipitações e pela presença de solos pobres em matéria orgânica e seu grau de aridez será dado pelo balanço entre as entradas (precipitação) e saídas (evapotranspiração) de água (SILVA, 2007, RODAL; SAMPAIO; FIGUEIREDO, 2013).

A delimitação clássica do semiárido brasileiro levava em conta apenas a precipitação anual igual ou inferior a 800 mm por ano (BRASIL, 1989), no entanto, atualmente o Ministério da Integração Nacional (MI), por meio do Grupo de Trabalho Interministerial (GTI), no encargo de redelimitar essa área, em 2004 estabeleceu os três novos critérios para caracterizar áreas pertencentes ao semiárido: precipitação média anual igual ou inferior a 800 mm; índice de aridez de até 0,5, no período entre 1961 e 1990; e risco de seca maior que 60%, no período entre 1970 e 1990 (BRASIL, 2007), utilizando desses novos parâmetros, a área oficial do semiárido aumentou de 892.309,4 km² para 969.589,4 km² (BRASIL, 2007, CIRILO, 2008).

Para a realização do estudo, foram selecionados quatro pontos no semiárido paraibano que não apresentassem histórico de intervenções antrópicas nos últimos 20 anos; que comportassem o tamanho (100 x 100 m) e o distanciamento entre as parcelas (\approx 500 m); e que apresentassem índices decrescentes de pluviosidade média anual. Estes, foram denominados Áreas A1, A2, A3 e A4 (Figura 1), em cada uma das quais foram estabelecidas três parcelas. A Área 1 (A1), faz parte da depressão sertaneja com superfície pediplanada (AESAs, 2006a), as três parcelas foram alocadas no município de Itatuba (7° 22' 3" S, 35° 37' 40" W), localizada na microrregião de Itabaiana (AESAs, 2006b), com precipitação anual média de 650 mm (AESAs, 2014), temperatura média de 23°C (INMET, 2014), com solos do tipo Luvissole (EMBRAPA, 2006). A Área 2 (A2), pertence ao Planalto da Borborema com formas convexas (AESAs, 2006a), uma parcela foi coletada em Barra de Santana (7° 31' 13" S, 35° 59' 59" W), situada na microrregião do Cariri Oriental (AESAs, 2006b), com precipitações médias anuais de 550 mm (AESAs, 2014), temperatura média de 23°C (INMET, 2014), portando solo do tipo Vertissolo (EMPRAPA, 2006); e duas em Boqueirão (7° 28' 54" S, 36° 08' 06" W), situada na mesma microrregião (AESAs, 2006b), com precipitações similares às de Barra de Santana (AESAs, 2006b) e solo do tipo Planossolo (EMBRAPA, 2006). A Área 3 (A3), faz parte do planalto da Borborema com formas tabulares (AESAs, 2006a), uma parcela

foi amostrada em Cubati ($6^{\circ} 52' 06''$ S, $36^{\circ} 22' 31''$ W), situado na microrregião do Seridó Oriental paraibano (AESAs, 2006b), apresentando precipitações médias anuais de 450 mm (AESAs, 2014), temperatura média de 25°C (INMET, 2014), portando solo do tipo Planossolo (EMPRAPA, 2006); e duas em Olivedos ($6^{\circ} 59' 26''$ S, $36^{\circ} 14' 39''$ W), localizado na microrregião do Curimataú Ocidental (AESAs, 2006b), com precipitações médias (AESAs, 2014) e tipo de solo (EMPRAPA, 2006), coincidentes aos de Cubati. A Área 4 (A4), faz parte do planalto da Borborema com formas tabulares (AESAs, 2006a), as três parcelas foram alocadas no município de Cabaceiras ($7^{\circ} 29' 20''$ S, $36^{\circ} 17' 14''$ W), localizada na microrregião do Cariri Oriental (AESAs, 2006b), com precipitação anual média de 350 mm (AESAs, 2014), temperatura média de 23°C (INMET, 2014), portando solos do tipo Vertissolo (EMBRAPA, 2006).

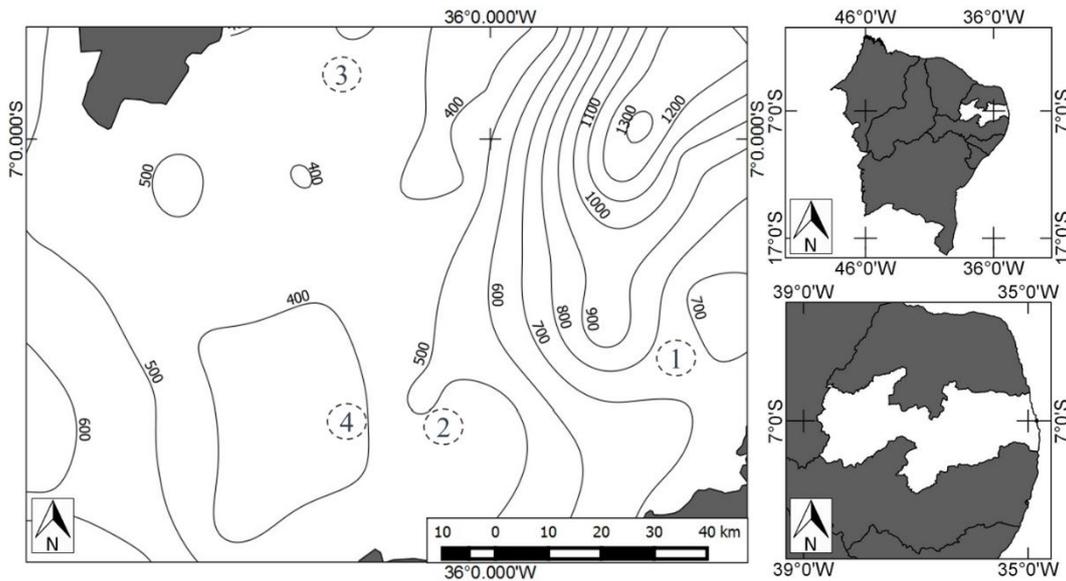


Figura 01: Mapa mostrando as Áreas A1, A2, A3 e A4 (tracejado), onde foi realizada a coleta de dados e suas respectivas isoietas (linha contínua).

Manuscrito a ser submetido à Revista **COMMUNITY ECOLOGY**

**PADRÕES DE ESTRUTURA E DIVERSIDADE DE COMUNIDADES DE
CACTÁCEAS DA REGIÃO SEMIÁRIDA DA PARAÍBA, BRASIL**

Título resumido: Cactaceae do semiárido da Paraíba, Brasil

P. S. M. FERREIRA, D. M. B. M. TROVÃO e S. F. LOPES

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Brasil.

Autor para correspondência: sergio.monteirof@outlook.com

Keywords: Caatinga, Environmental gradients, Soil Granulometry.

Abstract

The Cactaceae family is major constituent of plant communities of the Brazilian semiarid. Changes in the distribution of many genres and modes of life of this family coincide with the transition between wet and dry environments, and because are some of only remaining species after the transformation of the original vegetation of the Caatinga, as a result of human action, are cited as good indicator of this ecosystem. This study aimed to test how the cactaceas behave as to its structure and diversity in relation to spatial variations that characterize the environmental heterogeneity of the Brazilian semiarid. To carry out the study were selected four areas (A1, A2, A3 and A4) with pluviometric precipitations decreasing (650, 550, 450 and 350 mm respectively) in the semiarid of Paraiba. We assessed a total of 3,660 individuals of Cactaceae, distributed in six species: *Cereus jamacaru* DC., *Melocactus zehntneri* (Britton & Rose) Luetzelb, *Opuntia inamoena* K. Schum, *Pilosocereus gounellei* (F. A. C. Weber) Byles & G. D. Rowley, *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter and *Tacinga palmadora* (Britton & Rose) N.P. Taylor & Stuppy. A1 presented 196 individuals divided into three species (*C. jamacaru*, *O. inamoena* and *P. pachycladus*); A2 was represented by 642 individuals, A3 presented 1,447 individuals and A4 1,375 individuals divided among the six species mentioned. The cactaceas species demonstrated patterns of Importance Value Index (IVI) and Relative Volume (VR) between the different areas. A1 presented the highest individuals (mean height = 4.96 m) and with bigger DAS (mean DAS = 13,34 cm), and having the largest volume of cactaceas (21.42 m³); A2 showed more diversity ($H' = 1.39$) and equability ($J' = 0.83$); A3 had the lowest values of DAS (mean DAS = 4.33 cm), height (mean height = 0.85 m), diversity ($H' = 0.58$), equability ($J' = 0.39$) and volume of cactaceas (4.92 m³); and A4 presented, in most cases, intermediate values between A2 and A3. The greatest richness and abundance of species were related to the locations with low rainfall and more clayey soils had greater diversity of cactaceas. The nMDS (non-Metric Multidimensional Scaling) produced by the environmental variables separated the samples into four groups and the cluster analysis showed differentiated configurations of these attributes within their own areas. The groups differed significantly according to the permutation of Monte Carlo test that were between the Areas 1 and 2; 1 and 4; 2 and 4; and 3 and 4. Of these environmental variables, the predictive model given by BIO-ENV (Biotic-Environmental) suggested that the percentage of clay in the soil and EVI (Enhanced Vegetation Index) are those that best explain the variations of cactaceas communities. The CCA diagram (Canonical Correspondence Analysis), produced

with the predicted variables by BIO-ENV showed that the cactacea species that occurring in of Paraíba semiarid have different environmental preferences, revealing that the species *P. pachycladus* and *C. jamacaru* were positively related to areas with higher indices of EVI and rainfall; *M. zehntneri* and *P. gounellei* adapted better in areas with soils with higher proportion of clay and silt; *O. inamoena*, was negatively related with higher proportions of medium sand; and *T. palmadora*, showed no patterns related to variables given by the BIO-ENV. The significant correlations between the axes of the CCA and the attributes of the structure of the species (abundance, height and DAS), were some times moderate (r 0.40 to 0.69) and most of the times stronger ($r \geq 0.70$) and the species that presented best linear associations with the variables tested were *M. zehntneri*, *P. gounellei* and *P. pachycladus*.

Palavras-chave: Caatinga, Gradientes ambientais, Granulometria do solo.

Resumo

A família Cactaceae, estabelece-se um importante constituinte das comunidades vegetais do Semiárido brasileiro. Mudanças na distribuição de muitos gêneros e formas de vida dessa família coincidem com a transição entre ambientes secos e úmidos e, por serem algumas das únicas espécies remanescentes após a transformação sofrida da vegetação original da Caatinga, em decorrência da ação antrópica, são citadas como boas indicadoras desse ecossistema. O presente estudo buscou testar como as cactáceas respondem, quanto a sua estrutura e diversidade as variações espaciais e que caracterizam a heterogeneidade ambiental do semiárido Brasileiro. Para a realização do estudo foram selecionadas quatro áreas (A1, A2, A3 e A4) com precipitações pluviométricas decrescentes (650, 550, 450 e 350 mm respectivamente) no semiárido paraibano. Foram aferidos ao todo 3.660 indivíduos de Cactaceae, distribuídos em seis espécies: *Cereus jamacaru* DC., *Melocactus zehntneri* (Britton & Rose) Luetzelb, *Opuntia inamoena* K. Schum, *Pilosocereus gounellei* (F. A. C. Weber) Byles & G. D. Rowley, *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter e *Tacinga palmadora* (Britton & Rose) N.P. Taylor & Stuppy. A1 apresentou 196 indivíduos divididos em três espécies (*C. jamacaru*, *O. inamoena* e *P. pachycladus*); A2 foi representada por 642 indivíduos, A3 apresentou 1.447 indivíduos e A4 1.375 indivíduos divididos entre as seis espécies citadas. As espécies de cactáceas demonstraram padrões de Índice de Valor de Importância (IVI) e Volume Relativo (VR) distintos entre as Áreas A1 apresentou os indivíduos mais altos (Alt. med. = 4,96 m) e de maior DAS (DAS med. = 13,34 cm),

possuindo também o maior volume de cactáceas (21,42 m³); a A2 demonstrou maior diversidade ($H' = 1,39$) e equabilidade ($J' = 0,83$); A3 apresentou os menores valores de DAS (DAS med. = 4,33 cm), altura (Alt. med.= 0,85 m), diversidade ($H' = 0,58$), equabilidade ($J' = 0,39$) e volume de cactáceas (4,92 m³); já A4 apresentou, na maioria das vezes, valores intermediários entre A2 e A3. As maiores riquezas e abundâncias estiveram relacionadas aos locais de menores precipitações e os solos mais argilosos foram os que comportaram maior diversidade de cactáceas. O nMDS (Escalonamento Multidimensional não-Métrico) produzido através das variáveis ambientais separou as amostras em quatro grupos e a análise de agrupamento demonstrou configurações diferenciadas desses atributos dentro das próprias Áreas. Os grupos que diferiram estatisticamente segundo a permutação do teste de Monte Carlo foram entre as Áreas 1 e 2; 1 e 4; 2 e 4; e 3 e 4. Destas variáveis ambientais, o modelo preditivo dado pelo BIO-ENV (*Biotic-Environmental*) sugeriu que a % de Argila no solo e o EVI (Índice de Vegetação Aprimorada) são as que melhor explicam a variação das comunidades de cactáceas. O diagrama de CCA (Análise de Correspondência Canônica), produzido com as variáveis preditas pelo BIO-ENV, demonstrou que as espécies de cactáceas ocorrentes no semiárido paraibano apresentam preferências ambientais distintas, revelando que as espécies *P. pachycladus* e *C. jamacaru* foram positivamente relacionadas às áreas com maiores índices de EVI e Precipitação; *M. zehntneri* e *P. gounellei*, foram melhor adaptadas a habitarem em ambientes com solos com maior proporção de Argila e Silte; *O. inamoena*, esteve negativamente relacionada às maiores proporções de Areia média; e *T. palmadora*, não demonstrou padrões relacionados as variáveis dadas pelo BIO-ENV. As correlações significativas entre os eixos da CCA e os atributos da estrutura das espécies (abundância, altura e DAS), foram algumas vezes moderadas (r 0,40-0,69) e na maioria das vezes fortes ($r \geq 0,70$) e as espécies que apresentaram melhores associações lineares com as variáveis testadas foram *M. zehntneri*, *P. gounellei* e *P. pachycladus*.

1. Introdução

A família Cactaceae apresenta características adaptativas importantes à sobrevivência em ambientes xéricos, pois é representada em sua maioria por plantas áfilas, com caule e ramos suculentos fotossintetizantes (cladódios) e espinhosos (Joly 1993, Rocha e Agra 2002), além do desenvolvimento do metabolismo CAM (Metabolismo Ácido das Crassulaceas), resultando em uma maior eficiência no uso da água (Gurevitch et al. 2009). Os estudos mais

atuais citam para o Brasil um total de 37 gêneros divididos em 227 espécies (Zappi et al. 2011a), tidas muitas vezes como emblemáticas do ecossistema Caatinga. No entanto, a ocorrência das cactáceas não é exclusiva da região semiárida da Paraíba (Zappi e Taylor 2008). A substituição de muitos gêneros, e até mesmo o de formas de vida (hábitos) é influenciada principalmente pela mudança entre as regiões na variação do teor de água disponível, quer seja em relação ao potencial hídrico do solo ou a umidade relativa do ar, ou de ambos aspectos que resultam em variação no teor de umidade (Freitas 1992, Calvente et al. 2005, Bauer e Waechter 2011), existindo as espécies conhecidas como mais xerófitas e as de ambientes mais úmidos, especialmente as epífitas (Gurevitch et al. 2009).

Alguns estudos fitossociológicos do semiárido do Brasil, cujos critérios permitiram a inclusão de cactáceas, mostram que a família Cactaceae, na maioria das vezes, é uma das mais representativas quanto ao número de espécies (Rodal et al. 1999, Rodal e Nascimento 2002, Alcoforado-Filho et al. 2003, Oliveira et al. 2009, Santos et al. 2009, Santos e Melo 2010, Trovão et al. 2010, Santos et al. 2011, Pereira Júnior et al. 2012), o que mostra sua relevância e a importância do estudo dessa família quando pretende-se entender as comunidades dos ecossistemas semiáridos. E por serem algumas das únicas espécies remanescentes após a transformação sofrida da vegetação original, em decorrência da ação antrópica, são referidas como as melhores espécies indicadoras da vegetação da Caatinga (Zappi 2008).

Perspectivas iniciais do uso de cactáceas como bioindicadoras de gradientes ambientais podem ser observadas no trabalho de Mera et al. (2012), no qual os autores estudaram a distribuição e diversidade de cactáceas na vertente ocidental dos Andes peruanos, correlacionando esses dados aos valores climáticos de precipitação e evapotranspiração potencial e índices climáticos de termicidade e aridez. No referido estudo, *Corryocactus brevistylus* (K. Schum. ex Vaupel) Britton & Rose e *Neoraimondia arequipensis* Backeb., são espécies citadas como eficientes bioindicadores de mesoclimas andinos. O próprio ecossistema Caatinga pode ser delimitado utilizando espécies de cactáceas endêmicas indicadoras (Zappi 2008, Zappi et al. 2011 b).

A região semiárida brasileira é marcadamente uma região de grande heterogeneidade em muitos aspectos (geomorfológicos, fisionômicos, etc) (Velloso et al. 2002, Alves 2009), porém a maior parte de sua extensão apresenta precipitação igual ou inferior a 1000 mm por ano (AESAs 2006). Essa região exibe como fisionomia dominante a Caatinga, um tipo de savana-estépica (Velloso et al. 1991), com vegetação predominantemente xerófila,

apresentando variações florísticas e fitossociológicas (Andrade-Lima 1981). Segundo Rodal e colaboradores (2008), essa heterogeneidade é causada por dois grandes gradientes de umidade, um determinado pela diminuição da precipitação (no sentido Norte - Sul), e outro, devido ao aumento do efeito de continentalidade (no sentido Leste - Oeste). Também são de grande importância as variações topográficas e os eventos geológicos na formação desses mosaicos.

As espécies vegetais ocorrentes nos ambientes heterogêneos, muitas vezes são cogenéricas, mas podem apresentar diferenças morfológicas e fisiológicas marcantes em decorrência de respostas adaptativas aos fatores abióticos (Jackson et al. 2000). Bons exemplos dessa variação fisionômica são os Brejos de Altitude (Porto et al. 2004) e os *Inselbergs* (Porto et al. 2008) que apresentam condições de umidade e vegetação bem diferenciadas da fisionomia circundante.

A partir desses pressupostos o presente trabalho pretende investigar as diferenças de estrutura e diversidade das comunidades de cactáceas em relação as variações fitofisionômicas causadas pela heterogeneidade ambiental do semiárido paraibano, somando conhecimentos relativos a ecologia das espécies e do próprio ecossistema Caatinga.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de estudo

O Ministério da Integração Nacional (MI), por meio do Grupo de Trabalho Interministerial (GTI), é responsável desde 2004 pela atual delimitação do semiárido do Brasil, levando em conta três critérios: precipitação média anual igual ou inferior a 800 mm; índice de aridez de até 0,5, no período entre 1961 e 1990; e risco de seca maior que 60%, no período entre 1970 e 1990 (Brasil 2007). Utilizando desses novos parâmetros, a área oficial do semiárido aumentou de 892.309,4 km² para 969.589,4 km² (Brasil 2007, Cirilo 2008).

Para a realização do estudo, foram selecionados quatro Áreas no semiárido da Paraíba sem histórico de intervenções antrópicas nos últimos 20 anos; que comportassem o tamanho (100 x 100 m) e o distanciamento entre as parcelas (\approx 500 m); e que apresentassem índices decrescentes de pluviosidade média anual, estas foram denominadas A1, A2, A3 e A4 (Figura 1).

A Área 1 é composta por uma fitofisionomia de caatinga predominantemente de caráter arbóreo, portando inclusive lianas e epífitas, com solos apresentando uma fina e irregular camada de folhas secas, com precipitações médias de 650 mm (AESAs, 2014), e temperatura média de 23°C (INMET, 2014). Já as demais Áreas são progressivamente mais arbustivas abertas, não exibindo lianas e epífitas, portando solos nus. A Área 2 apresenta precipitação média de 550 mm (AESAs, 2014) e temperatura média de 23°C (INMET, 2014); a Área 3 exibe precipitação média de 450 mm (AESAs, 2014) e temperatura média de 25°C (INMET, 2014) e; a Área 4 apresenta o menor índice pluviométrico do Brasil, 350 mm anuais (AESAs, 2014), e temperatura média de 23°C (INMET, 2014). As Áreas 2 e 4 são as que apresentaram maior quantidade de rochas expostas.

2.2. Procedimentos de campo e laboratório

Foram demarcadas três parcelas em cada área: A1, parcelas de 1 a 3 (p1 7° 25' 13.7", 35° 38' 46.7"; p2 7° 25' 17.6", 35° 38' 58.7"; p3 7° 25' 19.7", 35° 39' 04.5"); A2, de 4 a 6 (p4 7° 25' 19.7", 35° 39' 04.5"; p5 7° 32' 38.4", 36° 05' 32.7"; p6 7° 30' 41.1", 35° 58' 43.2"); A3, de 7 a 9 (p7 6° 52' 26.8", 36° 16' 49.3"; p8 6° 53' 27.7", 36° 16' 43.0"; p9 6° 53' 37.7", 36° 16' 42.9"); e A4, de 10 a 12 (p10 7° 28' 28.0", 36° 12' 32.8"; p11 7° 28' 17.7", 36° 12' 52.4"; p12 7° 28' 17.7", 36° 13' 25.1"). Cada parcela compreendeu 100 x 100 (1ha), numa adaptação à metodologia proposta por Rodal et al. (2013), no intuito de englobar o maior número de indivíduos, por causa das cactáceas poderem ser pouco representativas em algumas comunidades (Gurevitch et al. 2009) e pela distribuição agregada observada em algumas espécies zoocóricas, causada pela ecologia de alguns de seus dispersores, por exemplo, alguns lagartos (Fabricante et al. 2010, Negrini et al. 2012, Gomez et al. 2013) ou da própria planta, como a capacidade de propagação vegetativa (Meiado 2012).

As excursões ao campo foram realizadas entre Janeiro e Dezembro de 2014. Em cada parcela foram identificados e registrados os dados de Diâmetro a Altura do Solo (DAS) e altura de todos os indivíduos de Cactaceae encontrados vivos, pelo fato de estarem sendo levadas em conta as espécies subarbustivas e arbustivas. A altura dos indivíduos arbóreos foi estimada a partir de comparação e estimativa com vara de tamanho conhecido (3m) (Rodal et al. 2013). Grandes adensamentos de organismos, que impossibilitassem a medição de todos os indivíduos, foram aferidos com medição dos indivíduos de um quinto da circunferência desse adensamento, que contivessem representantes dos indivíduos mais altos, médios e mais baixos e, logo depois, estes valores foram extrapolados para todo o adensamento.

Parâmetros fitossociológicos de Densidade Absoluta (DeA), área basal total, altura média, Diâmetro a Altura do Solo (DAS) médio, Volume (V), Volume Relativo (VR) e o Índice de Valor de Importância (IVI); e a Análise de Correspondência Canônica (CCA) (ter Braak 1986) foram analisados através do programa Fitopac Shell, versão 2.1.2 (Shepherd 2010). A diversidade foi dada através do índice de Shannon (H') e a equabilidade através do índice de Pielou (J').

Os dados de precipitação média anual foram levantados a partir da plataforma *online* da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), (AESAs 2014), que são produzidos a partir de dados climatológicos mensais e anuais de postos pluviométricos com médias de no mínimo trinta anos. Os valores do Índice de Vegetação Aprimorada (EVI) foram obtidos através do site *SERIES VIEW* (Freitas et al. 2011), aquele, é um Índice Vegetacional Espectral (VIs), que usa das relações da reflectância entre vermelho, infravermelho próximo e azul, através de sensoriamento remoto, para inferir sobre a cobertura vegetal de determinada área (Huete et al. 1997, Huete et al. 2002).

Em campo, em cada uma das parcelas, foi realizada a aferição das coordenadas e da elevação do terreno como o uso de GPS Garmin[®] *Etrex 30* e foi feita a coleta de solo, para a determinação da granulometria a partir do peneiramento. As amostras de solo foram selecionadas de três pontos aleatórios de cada parcela, sendo coletadas de 0 a 20 cm de profundidade e logo após homogeneizadas por parcela. As amostras foram desidratadas em estufa a 105 °C durante 24 horas, e em seguida colocadas em Mesa Vibratória para Peneiras, utilizando-se as peneiras p2 (>2mm), p500 (<0.5mm), p250 (>0.25/<0.5mm), p63 (>0.038/<0.063mm) e c (<0.038mm).

Com a matriz de distância calculada através da distância Euclidiana, foi utilizado como teste *a priori*, para observar as tendências de variação espacial, o Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (nMDS), que arranja os dados de forma bidimensional organizando as amostras de forma que melhor se adaptem a classificação da matriz de dissimilaridade (Clarke e Warwick 2001). Com esses mesmos dados, foi feita também uma análise de agrupamento (Clarke e Warwick 2001), para observar a dissimilaridade entre as parcelas de cada área amostral.

Posteriormente foi realizada a análise permutacional PERMANOVA (com 999 permutações) (Anderson et al. 2008), para testar a significância da diferença dos padrões de

ordenação formados pelo nMDS e classificação do cluster, e um *pair-wise test* para identificar quais pares dos grupos diferem estatisticamente.

A significância do *pair-wise test* foi dada pelo Teste de Monte Carlo, onde os dados são aleatorizados, explicitando a premissa da hipótese nula (Hope 1968, Gotelli e Ellison 2011). Este teste foi utilizado pelo fato de estar sendo comparado um pequeno número de amostras (Besag e Diggle 1977), podendo a significância estatística da diferença ser aceita, mas com cautela, pois estes dados podem ser representativos para as amostras das Áreas, no entanto, não podem ser generalizados, para a comunidade de onde foram amostrados (Gotelli e Ellison 2011).

Como teste exploratório, em busca de um modelo preditivo que sugira as variáveis ambientais que melhor explicam a variação das comunidades de cactáceas, foi feita uma análise *Biotic-Environmental* (BIO-ENV), que usa dos dados abióticos e bióticos, construindo matrizes de similaridade, cujos ranqueamentos são comparados através do coeficiente de Spearman (ρ) (Clarke e Ainsworth 1993, Clarke e Warwick 2001).

As variáveis preditoras, apontadas pelo BIO-ENV, foram relacionadas às espécies a partir de uma Análise de Correspondência Canônica (CCA), onde foi possível observar a variação da comunidade de cactáceas, relacionando-a diretamente a variação dos fatores ambientais preditos (ter Braak 1986). Estas análises estatísticas foram realizadas através do programa estatístico PRIMER 6.0 + PERMANOVA (Clarke e Warwick 2001).

Utilizando-se dos eixos da CCA mais relacionados a cada espécie foi feita uma análise de regressão com o uso do coeficiente de correlação de Pearson (r), como medida da proporção da relação linear entre as variáveis resposta (abundância, altura e DAS) as variáveis preditoras (Gotelli e Ellison 2011). A análise de regressão foi feita com o uso do programa estatístico PAST versão 2.17b (Hammer et al. 2001).

3. Resultados

3.1. Estrutura da comunidade

No levantamento, foram encontrados ao todo 3.660 indivíduos, pertencentes à cinco gêneros, distribuídos em seis espécies: *Cereus jamacaru* DC., *Melocactus zehntneri* Valpel, *Opuntia inamoena* K. Schum, *Pilosocereus gounellei* (F.A.C. Weber) Byles & G.D. Rowley, *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter e *Tacinga palmadora* (Britton & Rose) N.P. Taylor &

Stuppy. A1 contribuiu com 196 indivíduos distribuídos nas espécies *C. jamacaru*, *O. inamoena* e *P. pachycladus*; A2 foi representada por 642 indivíduos, divididos nas seis espécies encontradas no presente estudo; e a A3 apresentou 1.447 indivíduos, também divididos entre as seis espécies; da mesma forma que A4, só que esta contribuiu com 1.375 indivíduos (Tabela 1). Todas as espécies encontradas foram consideradas por Zappi (2008) bioindicadoras do ecossistema Caatinga.

As espécies de cactáceas demonstraram padrões de Índice de Valor de Importância (IVI) e Volume Relativo (VR) distintos entre as Áreas (Figura 2). Na Área 1, *P. pachycladus* foi a espécie de maior IVI (178,15) e VR (92,20); na Área 2, *T. palmadora* foi a espécie que apresentou maior IVI (59,22) e *P. pachycladus* maior VR (48,28); na Área 3, *T. palmadora* exibiu maior IVI (142,61) e VR (74,20); e na Área 4, *P. gounellei* mostrou maior IVI (102,89) e VR (41,65).

Os dados estruturais revelam que a A1 é caracterizada principalmente por apresentar indivíduos mais altos (Alt. med. = 4,96 m) e de maior DAS (DAS med. = 13,34 cm), portando também o maior volume (21,42 m³). A A2 demonstrou maior diversidade ($H' = 1,39$) e equabilidade ($J' = 0,83$) e volume próximo ao da A1 (20,77 m³). A A3 apresentou os menores valores de DAS (DAS med. = 4,33 cm), altura (Alt. med.= 0,85 m), diversidade ($H' = 0,58$), equabilidade ($J' = 0,39$) e volume de cactáceas (4,92 m³), já A4 apresentou, na maioria das vezes, valores intermediários entre A2 e A3 (Tabela 2).

3.2. Variação da comunidade de Cactaceae em relação aos parâmetros ambientais

Das quatro áreas analisadas os menores níveis de abundância e riqueza foram vinculados a Área 1, que apresentou na média de precipitação o maior índice (650 mm). As demais Áreas, exibiram riquezas equivalentes e progressivamente maiores abundâncias seguindo a diminuição da precipitação média.

A análise do nMDS indicou que as amostras são diferentes, quanto as condições ambientais escolhidas (Tabela 3), que variam em relação as Áreas desta região semiárida, revelando a separação das mesmas em quatro grupos (Figura 3).

O teste da dissimilaridade em cada Área, dado através da classificação das parcelas em função dos fatores ambientais, demonstrado pelo dendrograma de dissimilaridade (Figura 4), mostra que as Áreas 1 e 4 são mais similares em relação a configuração dos atributos

ambientais analisados, já as Áreas 2 e 3 são mais dissimilares, com a parcela 7 da A3 inclusive, pertencendo a um ramo diferente da Área a qual diz respeito.

A análise permutacional PERMANOVA para as variáveis ambientais, revelou diferença significativa das Áreas, tanto para o “p” de significância das permutações da PERMANOVA (Pseudo- $F_{3,11}=5,541$, $p=0,001$), quanto para o “p” das permutações de Monte Carlo (Pseudo- $F_{3,11}=5,541$, $p=0,001$). Na comparação entre as áreas, dada pelo *pair-wise test*, o “p” (perm) não demonstrou diferença significativa entre nenhuma das Áreas, no entanto, o Teste de Monte Carlo, “p” (MC), sugere que a diferença é estatisticamente significativa entre as Áreas 1 e 2; 1 e 4; 2 e 4; e 3 e 4 (Tabela 4).

O modelo preditivo do BIO-ENV (Tabela 5), sugeriu que as variáveis 6 (Argila) e 7 (EVI) são as que melhor respondem no que se refere a influência na estrutura das comunidades de cactáceas estudadas.

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) (Figura 5), feita a partir das variáveis preditas pelo BIO-ENV, teve como autovalores 0,275 (eixo 1) e 0,091 (eixo 2) e demonstrou um grau de explicabilidade de 51,06 %, dada pela soma dos eixos 1 (38,33 %) e 2 (12,73 %), expressando os diferentes padrões de variação destas espécies de cactáceas em relação as variáveis ambientais.

Os padrões de estrutura das espécies relacionaram-se de forma distinta em relação aos eixos de ordenação dados pelo modelo preditivo do BIO-ENV. *C. jamacaru* e *P. pachycladus* mostraram-se positivamente relacionadas às variáveis EVI (7) e Precipitação (8); *M. zehntneri* e *P. gounellei*, estiveram mais relacionadas aos solos que apresentaram maiores % de Argila (6) e de Silte (5); *O. inamoena*, teve seus padrões de estrutura negativamente relacionados com as parcelas com maiores % de Areia média; e *T. palmadora*, não demonstrou padrões relacionados as variáveis dadas pelo BIO-ENV.

Das correlações entre as espécies analisadas e os fatores dos eixos da CCA, testadas através do coeficiente de correlação (r), as únicas significativas ($<0,05$) (e todas elas positivas), foram as de *M. zehntneri*, entre a abundância e as maiores % de Argila no solo ($r = 0,64$, $p = 0,02$) (Figura 6); de *P. gounellei*, entre a abundância ($r = 0,79$, $p = 0,001$), altura ($r = 0,90$, $p < 0,001$), DAS ($r = 0,73$, $p = 0,005$) e as maiores % de Argila no solo, e a abundância ($r = 0,66$, $p = 0,01$) e altura ($r = 0,74$, $p = 0,005$) e as maiores % de Silte no solo (Figura 7); e de *P. pachycladus*, entre a abundância ($r = 0,70$, $p = 0,01$), altura ($r = 0,64$, $p = 0,02$), DAS (r

= 0,87, $p < 0,001$) e os locais de maior Precipitação, e entre a abundância ($r = 0,60$, $p = 0,03$), altura ($r = 0,75$, $p = 0,004$), DAS ($r = 0,80$, $p = 0,001$) e os maiores valores do EVI (Figura 8).

4. Discussão

4.1. Estrutura da comunidade

A riqueza de cactáceas não apresentou grande variação entre as Áreas que, em sua maioria (excetuando a Área 1), apresentaram as mesmas seis espécies comuns do ecossistema Caatinga (Tabela 1). A variação destas comunidades de cactáceas está, por tanto, ligada às alterações entre suas abundâncias e dos valores de altura e DAS, dadas por suas diferentes preferências ambientais, como é demonstrado pelos valores de IVI e VR (Figura 1).

A Área que apresentou maior diversidade e equabilidade das comunidades de cactáceas foi a Área 2, portando uma distribuição mais igualitária das abundâncias das espécies (Tabela 1). Apesar da A3 apresentar todas as espécies encontradas no presente estudo e possuir o maior número de indivíduos sua diversidade e equabilidade mostraram-se menores do que na A1, que foi representada por três espécies, isso se deve ao fato *T. palmadora* ser uma espécie dominante (Gurevitch et al. 2009) nesta Área (Tabela 1). A dominância desta espécie, resultante da sua abundância, pode estar relacionada à mesma ter sido encontrada nesta área em associação com grandes adensamentos de *Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult. F., com a qual compartilha polinizadores (ornitofilia) (Leal et al. 2006) e por sua expressiva capacidade de propagação vegetativa (Meiado 2012).

Das cactáceas do semiárido brasileiro a espécie *C. jamacaru* mostra-se como uma cactácea de ampla distribuição, sendo encontrada em levantamentos na Bahia (Lima e Lima, 1998), Minas Gerais (Santos et al. 2011) Paraíba (Pereira et al. 2002, Porto et al. 2008, Oliveira et al. 2009, Trovão et al. 2010, Silva et al. 2010, Pereira Júnior et al. 2012, Rocha e Agra 2002), Pernambuco (Rodal et al. 1999, Rodal e Nascimento 2002, Alcoforado-Filho et al. 2003, Santos et al. 2009) e Rio Grande do Norte (Santana e Souto 2006). Apesar de sua ampla distribuição essa espécie sempre foi observada em baixa abundância, em nosso estudo, por exemplo, foi a que apresentou menor abundância em relação às demais cactáceas (107 indivíduos). Esse fato, em parte, pode ser explicado pela pressão antrópica sofrida pela mesma, no que se refere a seu uso como pastagem em épocas de seca prolongada (Andrade-Lima 1996, Silva et al. 2005, Cavalcanti e Resende 2006).

O gênero *Pilosocereus* também demonstra grande representatividade nas amostragens fitossociológicas no semiárido brasileiro, sendo muitas vezes representado pela espécie *P. pachycladus*, em ambientes predominantemente com precipitação média anual superior a 500 mm (Rodal et al. 1999, Pereira et al. 2002, Alcoforado-Filho et al. 2003, Silva et al. 2010, Pereira Júnior et al. 2012); ou por seu congênere *P. gounellei*, em ambientes geralmente com precipitação inferior a 500 mm (Rocha e Agra 2002, Oliveira et al. 2009, Santos et al. 2009, Santos e Melo 2010, Trovão et al. 2010, Tölke et al. 2011); ou por ambas as espécies, como é o caso do presente estudo.

Dos poucos estudos que incluíram a espécie *T. palmadora*, pode-se perceber uma tendência da mesma ter uma distribuição abrangente (Santos et al. 2009) e numerosa (Oliveira et al. 2009) com relação às demais cactáceas, o que possivelmente está relacionado às suas adaptações que possibilitam à mesma apresentar um comportamento dominante e generalista sempre que presente.

4.2. Variação da comunidade de Cactaceae em relação aos parâmetros ambientais

A nMDS revelou a separação das amostras em quatro grupos (Figura 3), com um nível de *stress* de 0,11, o que demonstra uma boa representação dos dados, com o mínimo de perda de informação causada pela diminuição de dimensões própria da representação bidimensional (Clarke e Warwick 2001). A separação de alguns dos grupos, dada pela ordenação, encontra significância estatística pela permutação de Monte Carlo (Tabela 4), mostrando que algumas das Áreas escolhidas para o estudo são estatisticamente diferentes quanto as variáveis ambientais analisadas (Tabela 2), mas essa diferença deve ser aceita com cautela, pois estes dados podem ser representativos para as amostras das Áreas, no entanto, não podem ser generalizados, para a comunidade de onde foram amostrados (Gotelli e Ellison, 2011), caso fosse feita uma amostragem complementar, supostamente, essa diferenciação entre algumas das Áreas poderia não se manter.

A análise de agrupamento demonstrou diferenças nos valores dos fatores testados entre as parcelas dentro das próprias áreas amostrais, tais variações em menor escala podem ser marcantes, como observado na parcela 7 pertencente a Área 3, que apresenta valores de % de partículas finas do solo (Argila e Silte) bem superiores as demais parcelas deste local (Tabela 2), o que fez com que a mesma fosse mais similar as parcelas da Área 1 (Figura 4).

Os dados estruturais demonstram que as maiores diversidades (H') de cactáceas encontraram-se nas Áreas 2 e 4, que apresentam precipitações médias anuais inferiores a 650 mm, e também exibirem as maiores porcentagens de partículas finas de solo (Argila e Silte) (Tabela 4) o que, supostamente, faz com que tenham uma maior capacidade de retenção de água, quando comparadas a outros níveis de partículas na composição do solo (Gurevitch et al. 2009).

A relação entre precipitação e granulometria do solo pode sugerir que a riqueza a diversidade de cactáceas está relacionada a um equilíbrio entre níveis de precipitação intermediários, e uma maior retenção dessa umidade no solo por maior período.

Os solos do semiárido da Paraíba são, por via de regra, rasos, tendo menos de 50 cm de profundidade (EMBRAPA 2006, Lima et al. 2011) e pobres em matéria orgânica (Silva 2006), tais condições permitem supor que algumas ferramentas do conjunto de adaptações evolutivas para a obtenção de água, já observadas em espécies nativas de outras regiões semiáridas, como a produção de “raízes de chuva” (Nobel 2003, Oliveira et al. 2010), será favorecida em locais onde o solo permita uma retenção de água por um maior período, permitindo assim uma maior absorção desse recurso por parte da planta, já que solos com maior porcentagem de partículas finas deverão apresentar drenagem e evaporação mais lenta (Gurevitch et al. 2009).

A ordenação das espécies de cactáceas em relação aos fatores ambientais (Figura 5) com autovalores baixos ($<0,5$), reflete que a causa da variação entre as comunidades de cactáceas foi relacionado as variações das abundâncias das espécies e não obrigatoriamente pela substituição das mesmas (ter Braak 1995, Silva et al. 2007) e demonstra que as estruturas dessas comunidades, estão atreladas aos mecanismos fisiológicos específicos das espécies adaptados aos fatores ambientais. Algumas espécies foram positivamente relacionadas a ambientes mais úmidos, como *P. pachycladus* e *C. jamacaru*; outras melhor adaptadas para habitarem em ambientes com suposta maior capacidade de armazenamento de água no solo, o *M. zehntneri* e *P. gounellei*; uma mais relacionada, mesmo que negativamente, com solos mais arenosos, a *O. inamoena*; e a última, a *T. palmadora* com um hábito mais generalista.

As correlações significativas entre os eixos da CCA e os atributos da estrutura das espécies (abundância, altura e DAS), foram algumas vezes moderadas (r 0,40-0,69) e na maioria das vezes fortes ($r \geq 0,70$) (Dancey e Reidy 2005).

Associações lineares positivas moderadas foram encontradas entre a abundância de *M. zehntneri* e maior % de Argila ($r = 0,64$, $p = 0,02$) (Figura 6). No entanto, esta correlação precisa ser ratificada com maior número de estudos, com a adição de novos parâmetros, pois é sabido que esta espécie se apresenta em biócoros específicos, habitando preferencialmente em regiões que apresentem solos com rochas expostas (Fabricante et al. 2010, Zappi et al. 2011c), como os observados na Áreas 2 e 4, o que pode ser causado por sua possível dispersão por lagartos (carece de estudos específicos), que tendem a defecar enquanto termorregulam em locais abertos (Rosa et al. 2012), devido à sua necessidade de maiores temperaturas (Rocha et al. 2009), o que geralmente se dá sobre rochas.

A espécie *P. gounellei* apresentou correlações fortes entre sua abundância ($r = 0,79$, $p = 0,001$), altura ($r = 0,90$, $p < 0,001$) e DAS ($r = 0,73$, $p = 0,005$) em relação as maiores % de Argila; e correlações positivas moderadas entre sua abundância ($r = 0,66$, $p = 0,01$) e fortes de sua altura ($r = 0,74$, $p = 0,005$) em relação às maiores % de Silte (Figura 7). Tal padrão pode sugerir que esta espécie apresenta um nicho mais direcionado às áreas do semiárido que apresentem solos, que apesar de serem pedregosos, possuam maior proporção de partículas finas, o que pode estar a favorecer seu mecanismo de forrageamento da raiz na obtenção de água.

Correlações fortes foram encontradas para a espécie *P. pachycladus*, quando correlacionada à sua abundância ($r = 0,70$, $p = 0,01$) e DAS ($r = 0,87$, $p < 0,001$) com as maiores precipitações e altura ($r = 0,75$, $p = 0,004$) e DAS ($r = 0,80$, $p = 0,001$) com os maiores valores de EVI; e moderadas, entre altura e Precipitação ($r = 0,64$, $p = 0,02$) e abundância ($r = 0,60$, $p = 0,03$) e EVI (Figura 8). Esses dados reforçam a afirmativa de que esta cactácea tem maior preferência ambiental em habitar áreas do semiárido que apresentem maiores índices de precipitação (Rodal et al. 1999, Pereira et al. 2002, Alcoforado-Filho et al. 2003, Silva et al. 2010) e solos arenosos, compondo fitofisionomias de Floresta de caatinga baixa (Andrade-Lima 1981).

5. Conclusão

As comunidades de cactáceas do semiárido paraibano apresentam uma tendência ao aumento da abundância em relação à diminuição da precipitação média anual.

As espécies de cactáceas ocorrentes no semiárido paraibano apresentam preferências ambientais distintas, o que se demonstra nas alterações entre as comunidades, e que podem

ser observadas, principalmente, pelas variações de abundância e arquitetura das espécies entre as diferentes áreas.

O *M. zehntneri*, o *P. gounellei* e o *P. pachycladus* foram as espécies que melhor correlacionaram-se com as variáveis ambientais apontadas pela Correspondência Canônica, apresentando valores de correlação (r) de moderados a fortes. Correlações estas, que precisam ser ratificadas por estudos que adicionem mais dimensões de seus nichos e relações ecológicas para um melhor entendimento das dinâmicas das comunidades de cactáceas desta região semiárida.

6. Referências

AESA, Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2006a. Geomorfologia do estado da Paraíba. Governo da Paraíba, Secretaria do Estado do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Ciência e Tecnologia.

_____. Microrregiões do Estado da Paraíba. 2006b. Governo da Paraíba, Secretaria do Estado do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Ciência e Tecnologia.

Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA. Disponível em: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/medicaoPluviometrica.do?metodo=listarClimatologiasMensais>. Acesso em 23 de jun. 2014.

Alcoforado-Filho, F. G., E. V. de S. B. Sampaio; and, M. de J. N. Rodal. 2003. Florística e Fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. *Acta botânica brasílica* 17 (2): 287-303.

Alves, J. J. A. 2009. Caatinga do Cariri Paraibano. *Geonomos* 17: 19-25.

Anderson, M. J., R. N. Gorley and K. R. Clarke. 2008. *PERMANOVA + for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods*. PRIMER-E. Plymouth.

Andrade-Lima, D. de. 1966. *Cactaceae de Pernambuco*. In: Anais do XI Congresso Internacional de Pastagens. São Paulo. pp.1453-1458

Andrade-Lima, D. de. 1981. The caatingas dominium. *Revista Brasileira de Botânica* 4: 149-153.

- Barros, A. H. C. (Cord.). EMBRAPA: *Solos do Nordeste*. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=pb>>. Acesso em 31 mai. 2014.
- Bauer, D. and J. L. Waechter. 2011. Padrões geográficos de cactáceas epifíticas no Rio Grande do Sul, Brasil. *Instituto Anchieta de Pesquisas* 62: 239-251.
- Besag, J. and, P. J. Diggle. 1977. Simple Monte Carlo Tests for Spatial Pattern. *Journal of the Royal Statistical Society, Applied Statistics* 26 (3): 327-333.
- Calvente, A. de M., M. de F. Freitas, and R. H. P. Andreata. 2005. Listagem, distribuição geográfica e conservação das espécies de Cactaceae no estado do Rio de Janeiro. *Rodriguésia* 56 (87): 141-162.
- Cavalcanti, N. de B. and, G. M. de Resende. 2006. Consumo do mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.) por caprinos na época da seca no semiárido de Pernambuco. *Revista Caatinga* 19 (4): 402-408.
- Clarke, K. R. and M. Ainsworth. 1993. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology Progress Series* 92: 205-219.
- Clarke, K. R. and R. M. Warwick. 2001. *Changes in Marine Communities: An approach to statistical analysis and interpretation*. 2 ed., Plymouth Marine Laboratory, United Kingdom.
- Dancey, C. and J. Reidy. 2006. *Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows*. Porto Alegre, Artmed.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. 2006. Centro Nacional de pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI.
- Fabricante, J. R., L. A. de Andrade and F. J. Marques. 2010. Caracterização populacional de *Melocactus zehntneri* (Britton & Rose) Luetzelburg (Cactaceae) ocorrente em um inselbergue da Caatinga paraibana. *Biotemas* 23 (1): 61-67.
- Freitas, M. de F. 1992. Cactaceae da Área de Proteção Ambiental de Massambaba, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia* 42/44: 67-91.
- Freitas, R. M., E. Arai, M. Adami, A. F. Souza, F. Y. Sato, Y. E. Shimabukuro, R. R. Rosa, L. O. Anderson and B. F. T. Rudorff. 2011. Virtual laboratory of remote sensing series:

visualization of MODIS EVI2 data set over South America. *Journal of Computational Interdisciplinary Sciences* 2 :57-64. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/laf/series/index.php>>. Acesso em 18 dez. 2014.

Gomez, V. G. N., Z. G. M. Quirino and I. C. Machado. 2013. Pollination and seed dispersal of *Melocactus ernestii* Vaupel subsp. *ernestii* (Cactaceae) by lizards: na example of double mutualism. *Plant Biology* 16 (2): 315-322.

Gotelli, N. J. and, A. M. Ellison. 2011. Tradução: F. B. Baccaro. Revisão técnica: V. L. Landeiro. *Princípios de estatística em ecologia*. Porto Alegre, Artmed.

Gurevitch, J., S. M. Scheiner and G. A. Fox. 2009. Tradução: F. G. BECKER et al. *Ecologia Vegetal*. Porto Alegre, Artmed.

Hammer, Ø., D. A. T. Harper and P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 9 pp.

Huete, A. R., H. Q. Liu, K. Batchily and W. van. Leeuwen. 1997. A Comparison of Vegetation Indices over a Global Set of Images for EOS-MODIS. *Remote Science Environmental* 59: 440-451.

Huete, A., K. Didan, T. Miura, E. P. Rodriguez, X. Gao and, L. G. Ferreira. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment* 83: 195-213.

Hope, A. C. A. 1968. A Simplified Monte Carlo Significance Test Procedure. *Journal of the Royal Statistical Society, Methodological* 30 (3):582-598.

Instituto Nacional De Meteorologia – INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em 01 mai. 2014.

Jackson, R. B., J. S. Sperry and T. E Dawson. 2000. Root water uptake and transport: using physiological processes in global predictions. *Trends in Plant Science Perspectives* 5 (11): 482-488.

Joly, A. B. 1993. *Botânica: Introdução à taxonomia vegetal*. Série 3, Ciências puras, v. 4. São Paulo, Editora Nacional, Biblioteca Universitária.

- Leal, F. C., A. V. Lopes and, I. C. Machado. 2006. Polinização por beija-flores em uma área de caatinga no Município de Floresta, Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 29 (3): 379-389.
- Lima, P. C. F. and J. L. S. de Lima. 1998. Composição Florística e Fitosociológica de uma área de Caatinga em Contendas do Sincorá, Bahia, Microrregião Homogênea da Chapada Diamantina. *Acta Botânica Brasilica* 12 (3): 441-450.
- Lima, R. da C. C., A. de M. B. Cavalcante and A. M. Perez-Marin (Eds.). 2011. *Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro*. Campina Grande, INSA-PB.
- Meiado, M. V. 2012. Propagação sexual e assexual estruturando populações de *Tacinga palmadora* (Britton & Rose) N. P. Taylor & Stuppy, um cacto endêmico da Caatinga. *Rev. Biol. Neotrop.* 9 (2): 6-13.
- Mera, A. G. de, J. A. V. Orellana, E. L. Perea, J. C. de la Cruz, C. T. Vera and F. V. Benavides. 2012. Patrones de distribución de las comunidades de Cactáceas en las vertientes occidentales de los Andes peruanos. *Caldasia* 34 (2): 257-275.
- Negrini, M., M. D. de Aguiar, C. T. Vieira, A. C. da Silva and P. Higuchi. 2012. Dispersão, distribuição espacial e estratificação vertical da comunidade arbórea em um fragmento florestal no planalto catarinense. *Revista Árvore* 36 (5): 919-929.
- Nobel, P. S. 2003. *Environmental Biology of Agaves and Cacti*. Cambridge University Press, Los Angeles.
- Oliveira, F. T. de, J. S. Souto, R. P. da Silva, F. C. de Andrade Filho and E. B. Pereiara Júnior. 2010. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. *Revista verde* 5 (4): 27-37.
- Oliveira, P. T. B. de, D. M. de B. M. Trovão, E. C. D. de Carvalho, B. C. de Souza and L. M. R. Ferreira. 2009. Florística e Fitosociologia de Quatro Remanescentes, Vegetacionais. *Revista Caatinga* 22 (4): 169-178.
- Pereira Júnior, L. R., A. P. Andrade and K. D. Araújo. 2012. Composição florística e fitossociológica de um fragmento de caatinga em Monteiro, Pb. *Holos* 6: 73-87.

- Pereira, I. M., L. A. de Andrade, M. R. de V. Barbosa and E. V. S. B. Sampaio. 2002. Composição florística e análise fitossociológica do componente arbustivo-arbóreo de um remanescente florestal no agreste paraibano. *Acta botânica brasílica* 16 (3): 357-369.
- Porto, K. C., J. J. P. Cabral and M. Tabarelli (Orgs.). 2004. *Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.
- Porto, P. A. F., A. Almeida, W. J. Pessoa, D. M. de B. M. Trovão and L. P. Felix. 2008. Composição florística de um Inselbergue no agreste paraibano, município de Esperança, Nordeste do Brasil. *Caatinga* 21 (2): 214-222.
- Rocha, C. F. D., M. Van Sluys, D. Vrcibradic, M. C. Kiefer, V. A. de Menezes and C. da C. Siqueira. 2009. Comportamento de termorregulação em lagartos brasileiros. *Oecologia Brasiliensis* 13 (1): 115-131.
- Rodal, M. de J. N., L. M. do Nascimento and A. L. de Melo. 1999. Composição florística de um trecho de vegetação arbustiva caducifólia, no município de Ibimirim, PE, Brasil. *Acta botânica brasílica* 13 (1): 15-28.
- Rodal, M. de J. N. and L. M. do Nascimento. 2002. Levantamento florístico da floresta serrana da reserva biológica de Serra Negra, microrregião de Itaparica, Pernambuco, Brasil. *Acta botânica brasílica* 16 (4): 481-500.
- Rodal, M. de J. N., K. C. C. Costa and, A. C. B. L. e Silva. 2008. Estrutura da Vegetação Caducifólia Espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. *Hoehnea* 35 (2): 209-217.
- Rodal, M. de J. N., E. V. de S. B. Sampaio and M. A. Figueiredo (Orgs.). 2013. *Manual sobre métodos de estudos florístico e fitossociológico: Ecosistema Caatinga*. Brasília: Sociedade Botânica do Brasil.
- Rosa, V. G. S., I. R. do Rosário and E. J. dos R. Dias. 2012. Zoocoria com o lagarto *Cnemidophorus abaetensis* Dias, Rocha & Vrcibradic 2002 na restinga de Abaeté, Salvador, Bahia. *Bol. Mus. Biol. Mello leitão* 29:53-63.
- Santana, J. A. da S. and J. S. Souto. 2006. Diversidade e estrutura fitossociológica da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó-RN. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 6 (2): 232-242.

- Santos, A. C. J. dos and J. I. M. de Melo. 2010. Flora Vascular de uma área de caatinga no estado da Paraíba – Nordeste do Brasil. *Revista Caatinga* 23 (2): 32-40.
- Santos, M. de F. de A. V., T. N. F. Guerra, M. C. Sotero and J. I. N. dos Santos. 2009. Diversidade e densidade de espécies vegetais da caatinga com diferentes graus de degradação no município de Floresta, Pernambuco, Brasil. *Rodriguésia* 60 (2): 389-402.
- Santos, R. M., A. C. M. C. Barbosa, H. de S. Almeida, F. de A. Vieira, P. F. Santos, D. A. de Carvalho and A. T. de Oliveira-Filho. 2011. Estrutura e florística de um remanescente de caatinga arbórea em Juvenília, norte de Minas Gerais, Brasil- MG. *CERNE* 17 (2): 247-258.
- Shepherd, G. J. 2010. *FITOPAC 2.1.2*. Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas.
- Silva, A. C. da, E. van den Berg, P. Higuchi, A. T. de Oliveira-Filha, J. J. G. de S. M. Marques, V. Appolinário, D. S. Pifano, L. M. Ogusuku and M. H. Nunes. 2007. Estrutura e Diversidade do Componente Arbóreo de Florestas Aluviais no Sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Biociências* 5 (1) 51-53.
- Silva, J. W. dos S., I. C. Dantas, T. P. Chaves and D. de C. Felismino. 2010. Estudo florístico do sítio arqueológico Pedra-do-Touro no município de Queimadas, PB. *BIOFAR* 4 (2): 47-57.
- Silva, J. G. M., D. S. Silva, M. DE A. Ferreira, G. F. DA C. L. Lima, A. A. S. Melo and M. C. N. M. Diniz. 2005. Xiquexique (*Pilosocereus gounellei*) (A. Weber ex k. Schum.) Bly. ex Rowl.) em Substituição à Silagem de Sorgo (*Sorghumbicolor* l. moench) na Alimentação de Vacas leiteiras. *R. Bras. Zootec.* 34 (4):1408-1417.
- Silva, R. M. A. da. 2007. Entre o Combate à Seca e a Convivência com o Semi-árido: políticas públicas e transição paradigmática. *Revista Econômica do Nordeste* 38 (3): 467-485.
- ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67 (5): 1167-1179.
- ter Braak, C. J. F. 1995. Ordination. In: Jongman, R. H. G., C. J. F. ter Braak and O. F. R. van Tongeren, (Eds.). *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge: Cambridge University Press. pp.91-173.
- Tölke, E. E. A. D., J. B. Silva, A. R. L. Pereira and J. I. M. de Melo. 2011. Flora vascular de um inselbergue no estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. *Revista Biotemas* 24 (4): 39-48.

Trovão, D. M. de B. M., Á. M. Freire and J. I. M. de Melo. 2010. Florística e fitossociologia do componente lenhoso da mata ciliar do Riacho do Bodocongó, semiárido paraibano. *Revista Caatinga* 23 (2): 78-86.

Velloso, A. L., E. V. S. B. Sampaio and F. G. C. Pareyn (Eds.). 2002. *Ecorregiões, propostas para o bioma Caatinga*. Associação Plantas do Nordeste, Instituto de Conservação Ambiental, The Nature Conservancy do Brasil, Recife.

Veloso, H. P., A. L. R. Rangel Filho and J. C. A. Lima. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro.

Zappi, D. 2008. Fitofisionomia da Caatinga associada à Cadeia do Espinhaço. *Megadiversidade* 4 (1-2): 34-38.

Zappi, D. and N. Taylor. 2008. Diversidade e endemismo das Cactaceae na Cadeia do Espinhaço. *Megadiversidade* 4: 1-2.

Zappi, D., N. Taylor, J. Larocca and A. Calvente. 2011a. Domínios Fitogeográficos: Cerrado (incluindo os Campos Rupestres de Minas Gerais e Goiás). In: SILVA, Suelma Ribeiro (Org.). *Plano de ação nacional para a conservação das cactáceas*. v. 24. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBIO, Série Espécies Ameaçadas. pp. 33-34.

Zappi, D., N. Taylor and M. R. Santos. 2011b. Conservação das Cactaceae do Brasil. In: SILVA, Suelma Ribeiro (Org.). *Plano de ação nacional para a conservação das cactáceas*. v. 24. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBIO, Série Espécies Ameaçadas. pp. 29-30.

Zappi, D., N. Taylor, J. Larocca and A. Calvente. 2011c. Domínios Fitogeográficos. In: SILVA, Suelma Ribeiro (Org.). *Plano de ação nacional para a conservação das cactáceas*. v. 24. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBIO, Série Espécies Ameaçadas. pp. 30-38.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA, Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Geomorfologia do estado da Paraíba. Governo da Paraíba, Secretaria do Estado do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Ciência e Tecnologia, 2006a.

_____. Microrregiões do Estado da Paraíba. Governo da Paraíba, Secretaria do Estado do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Ciência e Tecnologia, 2006b.

ALLOUCHE, Omri; KALYUZHNY, Michael; MORENO-RUEDA, Gregorio; PIZARRO, Manuel; KADMON, Ronen. Area-heterogeneity tradeoff and the diversity of ecological communities. *PNAS*, v. 109, n. 43, p.: 17495-17500, 2012.

ALMEIDA-NETO, Mário; MACHADO, Glauco; PINTO-DA-ROCHA, Ricardo; GIARETTA, Ariovaldo A. Harvestman (Arachnida: Opiliones) species distribution along three Neotropical elevational gradients: an alternative rescue effect to explain Rapoport's rule? *Journal of Biogeography*, v. 33, p.: 361-375, 2006.

ARAÚJO, Francisca Soares de; COSTA, Rafael Carvalho da; LIMA, Jacira Rabelo; VASCONCELOS, Sandra Freitas de; GIRÃO, Luciana Coe; SOBRINHO, Melissa Souza; BRUNO, Morgana Maria Arcanjo; SOUZA, Sarah Sued Gomes de; NUNES, Edson Paula; FIGUEIREDO, Maria Angélica; LIMA-VERDE, Luiz Wilson; LOIOLA, Maria Iracema Bezerra. Floristics and life-forms along a topographic gradient, central-western Ceará, Brazil. *Rodriguésia*, v. 62(2), p: 341-366, 2011.

BARROS, Alexandre Hugo Cezar (Cord.). EMBRAPA: Solos do Nordeste. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=pb>>. Acesso em 31 mai. 2014.

BEGON, M., C. R. TOWNSEND E J. L. HARPER. Tradução: MELO, A. S. *Ecologia de Indivíduos a Ecossistemas*. 4ªed, Artmed, Porto Alegre, 2007. 752 p.

BELL, Graham; LECHOWICZ, Martin J.; WATERWAY, Marcia J. Environmental heterogeneity and species diversity of forest sedges. *Journal of Ecology*, v. 88, p.: 67-87, 2000.

BHATTARAI, Khem Raj; VETAAS, Ole R. Can Rapoport's rule explain tree species richness along the Himalayan elevation gradient, Nepal? *Diversity and Distributions*, v. 12, p.:373–378, 2006.

BOTTA-DUKÁT, Zoltán; CHYTRÝ, Milen; HÁJKOVÁ, Petra; HAVLOVÁ, Marcela. Vegetation of lowland wet meadows along a climatic continentality gradient in Central Europe. *Preslia*, Praha, v. 77, p.: 89–111, 2005.

BRASIL. Ministério da Integração nacional. Câmara dos deputados. Nova delimitação do semi-árido brasileiro. Estudo. Brasília, DF, 2007. 24 p.

BRASIL. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 7.827, de 27 de setembro de 1989. Regulamenta o art. 159, inciso I, alínea c, da Constituição Federal, institui o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte - FNO, o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE e o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste - FCO, e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17827.htm>. Acesso em: 19 abr. 2014.

BROWN, C.; BURSLEM, D.F R. P.; ILLIAN, J. B.; BAO, L.; BROCKELMAN, W.; CAO, M.; CHANG, L. W.; DATTARAJA, H. S.; DAVIES, S.; GUNATILLEKE, C. V. S.; GUNATILLEKE, I. A. U. N.; HAUNG, J.; KASSIM, A. R.; LAFRANKIE, J. V.; LIAN, J.; LIN, L.; MA, K.; MI, X.; NATHALANG, A.; NOOR, S.; ONG, P.; SUKUMAR, R.; SU, S. H.; SUN, I. F.; SURESH, H. S.; TAN, S.; THOMPSON, J.; URIARTE, M.; VALENCIA, R.; YAP, S. L.; YE, W.; LAW, R. Multispecies coexistence of trees in tropical forests: special signals of topographic niche differentiation increase with environmental heterogeneity. *Proceedings of the Royal Society*, v. 280, p.: 1-8, 2013.

CIRILO, José Almir. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 61-82, 2008.

COLWELL, Robert K.; LEES, David C. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *Tree*, v. 15, n. 2, 2000.

COSTANZA, Jennifer K.; MOODY, Aaron; PEET, Robert K. Multi-scale environmental heterogeneity as a predictor of plant species richness. *Springer, Landscape Ecology*, v. 26, n. 6, p.: 851-864, 2011.

CRUTRÝ, Milan; DANIHELKA, Jiří; KUBEŠOVÁ, Svatava; LUSTYK, Pavel; ERMAKOV, Nikolai; HÁJEK, Michal; HÁJKOVÁ, Petra; KOČÍ, Martin; OTÝPKOVÁ, Zdenka; ROLEČEK, Jan; ŘEZNÍČKOVÁ, Marcela; ŠMARDA, Petr; VALACHOVIČ, Milan; POPOV, Denis; PIŠŮT, Ivan. Diversity of forest vegetation across a strong gradient

of climatic continentality: Western Sayan Mountains, southern Siberia. *Plant Ecology*, v. 196, p.:61–83, 2008.

CUSHMAN, John C.; BOHNERT, Hans J. Molecular Genetics of Crassulacean Acid Metabolism. *Plant Physiology*. v. 113, p.: 667-676, 1997.

DODD, Antony N.; BORLAND, Anne M.; HASLAM, Richard P.; GRIFFITHS, Howard; MAXWELL, Kate. Crassulacean acid metabolism: plastic, fantastic. *Journal of Experimental Botany*, v. 53, n. 369, p.: 569-580, 2002.

DUFOUR, Aleixa; GADALLAH, Fawziah; WAGNER, Helene H.; GUISAN, Antoine; BUTTLER, Alexandre. Plant species richness and environmental heterogeneity in a mountain landscape: effects of variability and spatial configuration. *Ecography*, v. 29, p.: 573-584, 2006.

GASTON, Kevin J. Global patterns in biodiversity. *Nature*, v. 405, p. 222-227, 2000.

GRATANI, Loretta. *Plant Phenotypic Plasticity in Response to Environmental Factors*. Hindawi Publishing Corporation, *Advances in Botany*, v. 2014, p.: 1-17, 2014.

GUREVITCH, Jessica; SCHEINER, Samuel M.; FOX, Gordon A. Tradução: BECKER, Fernando Gertum *et al.* *Ecologia Vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2009. 592 p

HERPPICH, Werner B.; PECKMANN, Klaus. Influence of drought on mitochondrial activity, photosynthesis, nocturnal acid accumulation and water relations in the CAM Plants *Prenia sladeniana* (ME-type) and *Crassula lycopodioides* (PEPCK-type). *Münster: Annals of Botany*, v. 86, p.: 611-620, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 01 mai. 2014.

JACKSON, Robert B.; SPERRY, John S.; DAWSON, Todd E. Root water uptake and transport: using physiological processes in global predictions. *Trends in Plant Science Perspectives*, v. 5, n. 11, 2000.

KLEB, Heather R.; WILSON, Scott D. Scales of heterogeneity in prairie and forest. *Can. J. Bot.* v. 77, p.: 370-376, 1999.

KLEINEBECKER, Till; HÖLZEL, Norbert; VOGEL, Andreas. Gradients of continentality and moisture in South Patagonian ombrotrophic peatland vegetation. *Folia Geobotanica*, v. 42, p.:363-382, 2007.

LEAL, Inara R.; TABARELLI, Marcelo; SILVA, José Maria Cardoso da (Eds.). *Ecologia e conservação da caatinga*. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822 p

LI, H.; REYNOLDS, J. F. On Definition and Quantification of Heterogeneity. *Oikos*, v. 73, n. 2, p.: 280-284, 1995.

MacARTHUR, Robert H.; MacARTHUR, John W. On Bird Species Diversity. *Ecology*, v. 42, n. 3, p.: 594-598, 1961.

MALMER, Nils. Vegetational gradients in relation to environmental conditions in northwestern European mires. *Canadian Journal of Botany*, v. 64, p.: 375-383, 1986.

McCAIN, Christy M. Could temperature and water availability drive elevational species richness patterns? A global case study for bats. *Global Ecology and Biogeography*, v. 16, p.1–13, 2007.

MIKOLÁŠKOVÁ, K. A regression evaluation of thermal continentality. *Geografia -Anais da sociedade checa de geografia*, v. 14, n. 4, 2009.

PALMER, Michael W.; DIXON, Philip M. Small-scale environmental heterogeneity and the analysis of species. *Journal of Vegetation Science*, v. 1, p.: 57-65, 1990.

PIANKA, Eric R. Latitudinal Gradients in Species Diversity: A Review of Concepts. *The American Naturalist*, v.100, n. 910, pp. 33-46, 1966.

RAHBEK, Carsten. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography*, v. 18, p.: 200-205, 1995.

ROCHA, Emerson Antonio; AGRA, Maria de Fátima. Flora do Pico do Jabre, Paraíba, Brasil: *Cactaceae* Juss. *Acta botânica brasílica*, v. 16, n. 1, p.: 15-21, 2002.

RODAL, Maria Jesus Nogueira; SAMPAIO, Everardo V. de Sa Barreto; FIGUEIREDO, Maria Angélica (Orgs.). *Manual sobre métodos de estudos florístico e fitossociológico: Ecossistema Caatinga*. Brasília: Sociedade Botânica do Brasil, 2013. 24p

SANDERS, Nathan J.; RAHBEK, Carsten. The patterns and causes of elevational diversity gradients. *Ecography*, v. 35, p.:1–3, 2012.

SANTOS, B. A.; BARBOSA, D. C. A.; TABARELLI, M. Directional changes in plant assemblages along an altitudinal gradient in northeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 67, n. 4, p: 777-779, 2007.

SILVA, E. A. E. S.; GUEDES, R. S. A.; SANTOS, A. M. M.; TABARELLI, M. Distribuição de plantas da caatinga nos brejos de altitude em um gradiente de continentalidade. *Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil*, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG.

SILVA, Roberto Marinho Alves da. Entre o Combate à Seca e a Convivência com o Semi-árido: políticas públicas e transição paradigmática. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 38, n. 3, p.: 467-485, 2007.

SILVERTOWN, Jonathan; DODD, Mike E.; GOWING, David J. G.; MOUNTFORD, J. Owen. Hydrologically defined niches reveal a basis for species richness in plant communities. *Nature*, v. 400, p.: 61-63, 1999.

SIQUEIRA, Carla da Costa; ROCHA, Carlos Frederico Duarte. Gradientes altitudinais: conceitos e implicações sobre a biologia. A distribuição e a conservação dos anfíbios anuros. *Oecologia Australis*, v. 17, n. 2, p.: 92-112, 2013.

SNYDER, Robin E.; CHESSON, Peter. How the Spatial Scales of Dispersal, Competition, and Environmental Heterogeneity Interact to Affect Coexistence. *The American Naturalist*, v. 164, n. 5, p.: 633-650, 2004.

SPARLING, J. H. The occurrence of *Schoenus nigricans* L. in blanket bogs. I. Environmental conditions affecting the growth of *S. nigricans* in blanket bog. *Journal of Ecology*, v. 55, p.: 1-33, 1967.

TER BRAAK, Cajo J. F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, v. 67, n. 5, p.: 1167-1179, 1986.

TOWNSEND, Colin R.; BEGON, Michael; HARPER, John L. *Fundamentos em ecologia*. Consultoria, supervisão e revisão técnica desta edição: Paulo Luiz de Oliveira. Tradução Gilson Rudinei Pires Moreira *et al.* 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 598 p

VASCONCELOS SOBRINHO, J. As Regiões Naturais do Nordeste, o Meio e a Civilização. Conselho de desenvolvimento de Pernambuco, Recife, 1971. 441 p

ANEXOS

Tabela 1: Abundância das espécies de cactáceas em cada Área.

Espécie	Área 1			Área 2			Área 3			Área 4		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Cereus jamacaru</i>	10	5	20	0	0	39	0	10	0	0	2	21
<i>Melocactus zehntneri</i>	0	0	0	45	20	1	0	8	5	5	3	40
<i>Opuntia inamoena</i>	42	0	0	13	1	64	2	2	366	3	16	153
<i>Pilosocereus gounellei</i>	0	0	0	58	33	29	0	2	0	232	325	118
<i>Pilosocereus pachycladus</i>	23	39	51	10	26	61	30	25	32	5	1	12
<i>Tacinga palmadora</i>	0	0	0	51	106	70	555	221	165	59	273	74
Soma	76	46	74	181	191	270	594	276	577	314	631	430
Total	196			642			1447			1375		

Tabela 2: Parâmetros estruturais das Áreas de estudo (1, 2, 3 e 4). DeA = Densidade Absoluta; Alt. med. = Altura média; DAS med. = Diâmetro a Altura do Solo médio H' = Índice de diversidade de Shannon Wiener; J' = Índice de equabilidade de Pielou; AB tot. = Área Basal total; V= Volume de cactáceas.

Parcela	Área1			Área 2			Área 3			Área 4						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
	Média			Média			Média			Média						
DeA (ind/ha)	75	44	71	63,33	177	186	264	209	587	268	568	474,33	304	620	418	447,33
Alt. med. (m)	2,71	6,64	5,52	4,96	1,05	1,57	2,29	1,72	1,43	0,63	0,37	0,85	0,91	1,15	0,95	1,00
DAS med. (cm)	10,57	16,54	12,92	13,34	10,03	8,88	8,23	9,04	4,22	5,17	3,62	4,33	4,83	5,71	5,91	5,48
H'	0,96	0,35	0,59	0,63	1,43	1,17	1,58	1,39	0,22	0,68	0,85	0,58	0,71	0,85	1,51	1,02
J'	0,87	0,51	0,86	0,75	0,89	0,73	0,88	0,83	0,20	0,38	0,61	0,39	0,44	0,47	0,84	0,58
	Total			Total			Total			Total						
AB tot. (m²/ha)	1,15	1,07	1,16	3,37	1,84	1,59	2,71	6,14	3,17	2,46	1,13	6,76	0,85	2,25	2,89	5,99
V (m³)	5,21	8,42	7,79	21,42	1,59	3,19	15,99	20,77	3,67	0,78	0,47	4,92	0,76	2,74	3,36	6,86

Tabela 3 Dados brutos das variáveis ambientais em relação às áreas de estudo. EVI = Índice de Vegetação Aprimorada.

Parcela	Área 1			Área 2			Área 3			Área 4		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Castalho (%)	11,24	7,76	14,76	7,38	19,23	6,73	9,53	19,53	7,22	14,95	14,29	10,51
Areia grossa (%)	34,07	28,7	31,46	36,07	30,92	34,34	28,6	32,15	38,07	27,2	20,59	18,68
Areia média (%)	21,81	25,63	18,63	17,7	15,09	21,58	23,55	28,8	34,57	19,43	20,17	23,74
Areia fina (%)	27,43	29,42	26,19	18,69	17,6	22,97	28,6	15,38	16,85	23,02	25,21	26,46
Silte (%)	5,28	7,94	7,73	10,66	11,39	9,28	7,48	3,55	2,84	9,42	12,61	12,45
Argila (%)	0,17	0,54	1,23	9,51	5,77	5,1	2,24	0,59	0,44	5,98	7,14	8,17
EVI	0,39	0,41	0,37	0,27	0,3	0,3	0,32	0,27	0,28	0,28	0,23	0,26
Precipitação	650	650	650	550	550	550	450	450	450	350	350	350

Tabela 4 Resultados do *pair-wise test* da PERMANOVA para as variáveis ambientais. t = Teste t; p (perm) = p da PERMANOVA; p (MC) = p de Monte Carlo.

Grupos	t	Permutações	p(perm)	p(MC)
1, 2	2,4476	10	0,113	0,031
1, 3	1,8878	10	0,105	0,08
1, 4	4,1061	10	0,086	0,007
2, 3	1,7881	10	0,082	0,079
2, 4	2,3346	10	0,111	0,03
3, 4	2,3193	10	0,102	0,029

Tabela 5: Resultados do teste BIO-ENV, para as variáveis ambientais que melhor explicam a variação das comunidades entre as Áreas. 3 = Areia média (%), 4 = Areia fina (%), 5 = Silte (%), 6 = Argila (%), 7 = EVI e 8 = Precipitação. ρ = Correlação de Spearman.

Nº de Variáveis	Correlação (ρ)	Seleções
2	0,736	6; 7
3	0,733	6-8
1	0,714	7
2	0,692	7; 8
4	0,648	4; 6-8
4	0,621	3; 6-8
3	0,618	4; 6-8
4	0,607	5-8
3	0,603	4; 7; 8
3	0,585	3; 7; 8

Figura 1: Mapa das Áreas A1, A2, A3 e A4 (tracejado), onde foi realizada a coleta de dados e suas respectivas isoietas (linha contínua).

Figura 2: Dados fitossociológicos das espécies em relação as áreas de estudo.

Figura 3: Escalonamento Multidimensional Não-Métrico - NMDS das áreas de estudo em relação aos fatores ambientais testados.

Figura 4: Dendrograma demonstrando a dissimilaridade (Distância Euclidiana) entre as parcelas de cada Área a partir dos dados ambientais.

Figura 5: Diagrama de ordenação das espécies e parcelas por Análise de Correspondência Canônica das espécies de cactáceas em relação aos fatores ambientais preditos no BIO-ENV. Os círculos pretos com números correspondem as parcelas de cada Área, de 1 a 3, Área 1; de 4 a 6, Área 2; de 7 a 9, Área 3; e de 10 a 12, Área 4.

Figura 6: Gráfico de dispersão mostrando a correlação significativa entre abundância da espécie *Melocactus zehntneri* com a % de Argila.

Figura 7: Gráficos de dispersão mostrando as correlações significativas entre a abundância, altura e DAS da espécie *Pilosocereus gounellei* e as variáveis % de Argila e % de Silte.

Figura 8: Gráficos de dispersão mostrando as correlações significativas entre a abundância, altura e DAS da espécie *Pilosocereus pachycladus* e as variáveis Precipitação e EVI.

Figura 1

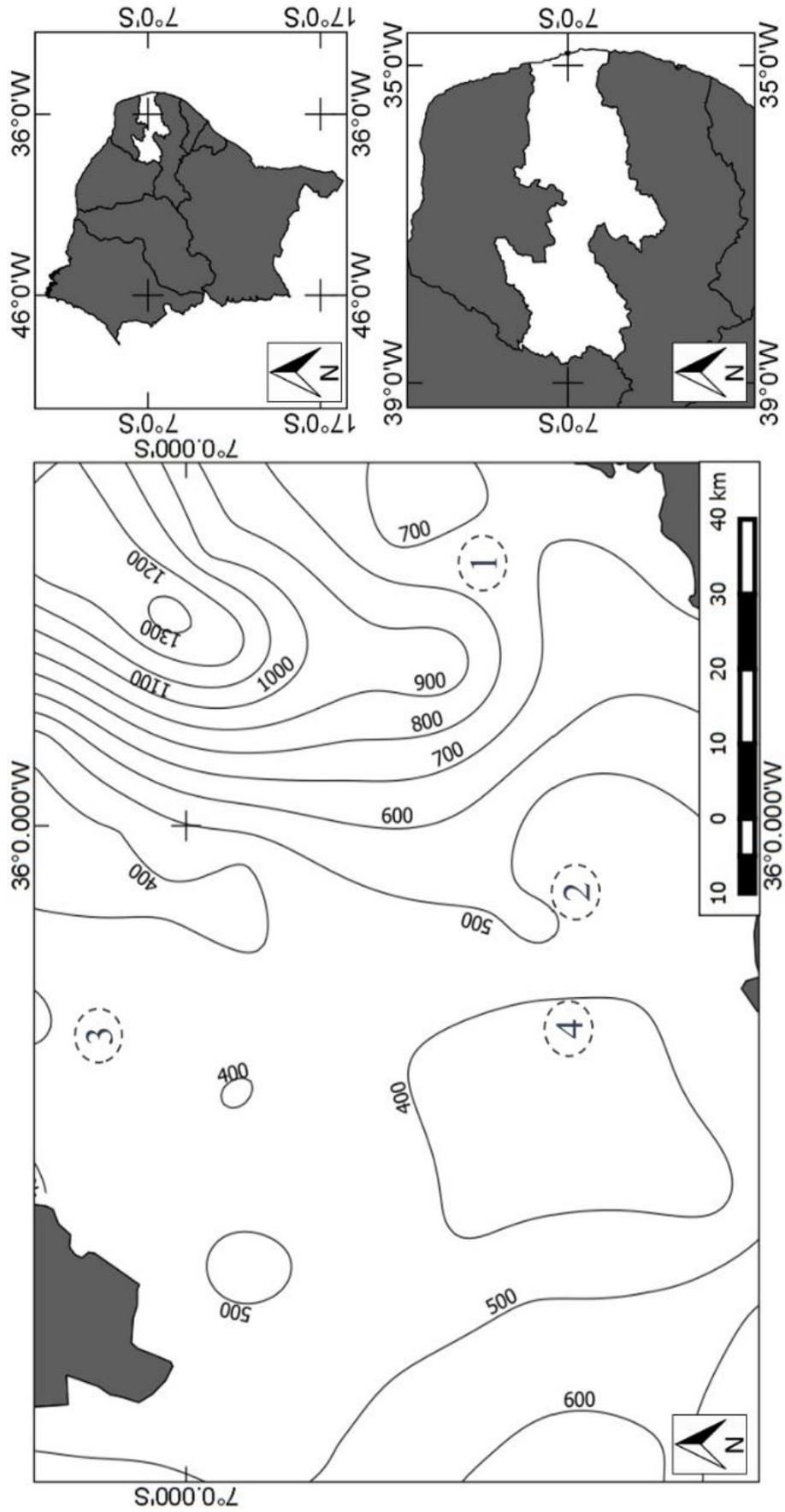


Figura 2

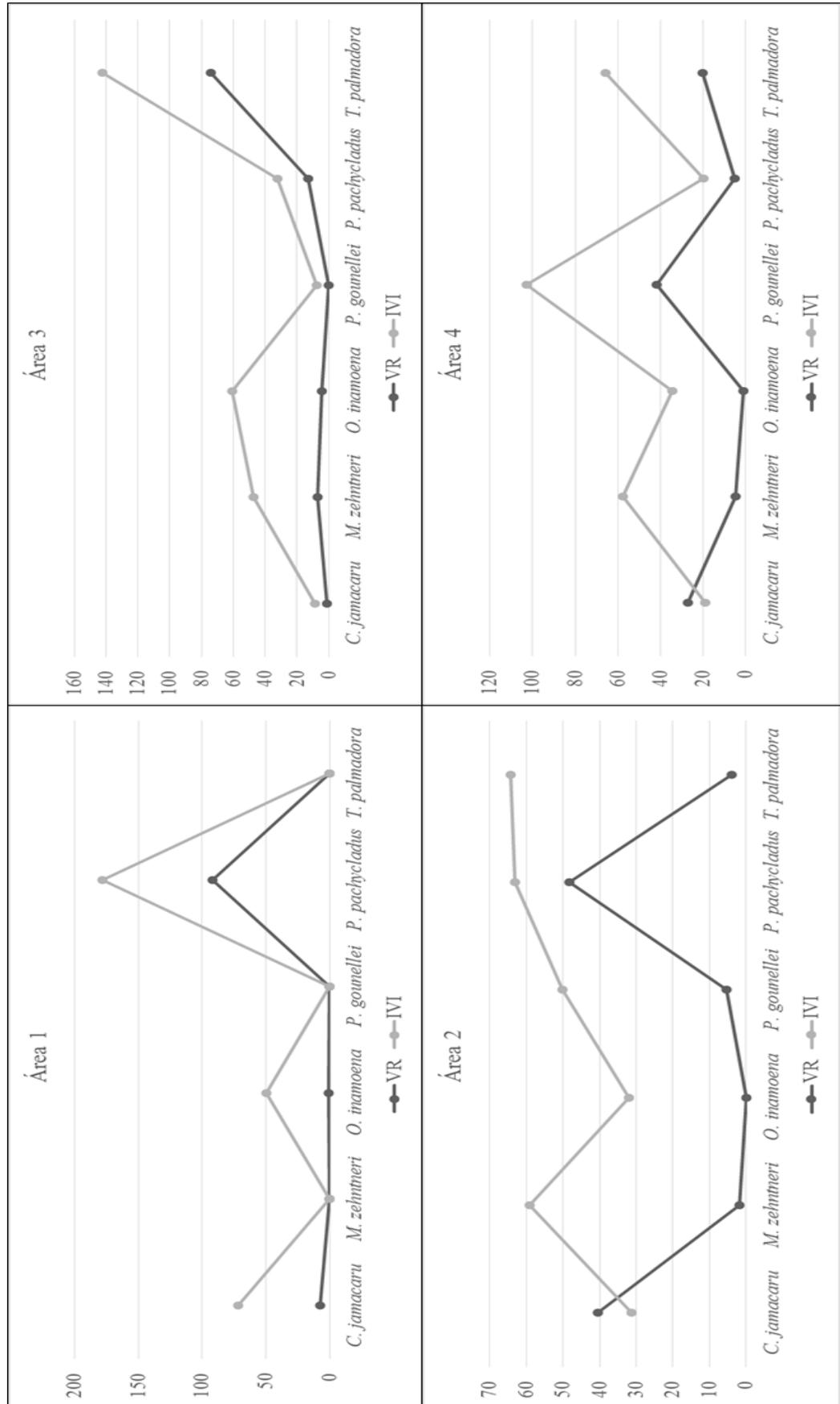


Figura 3

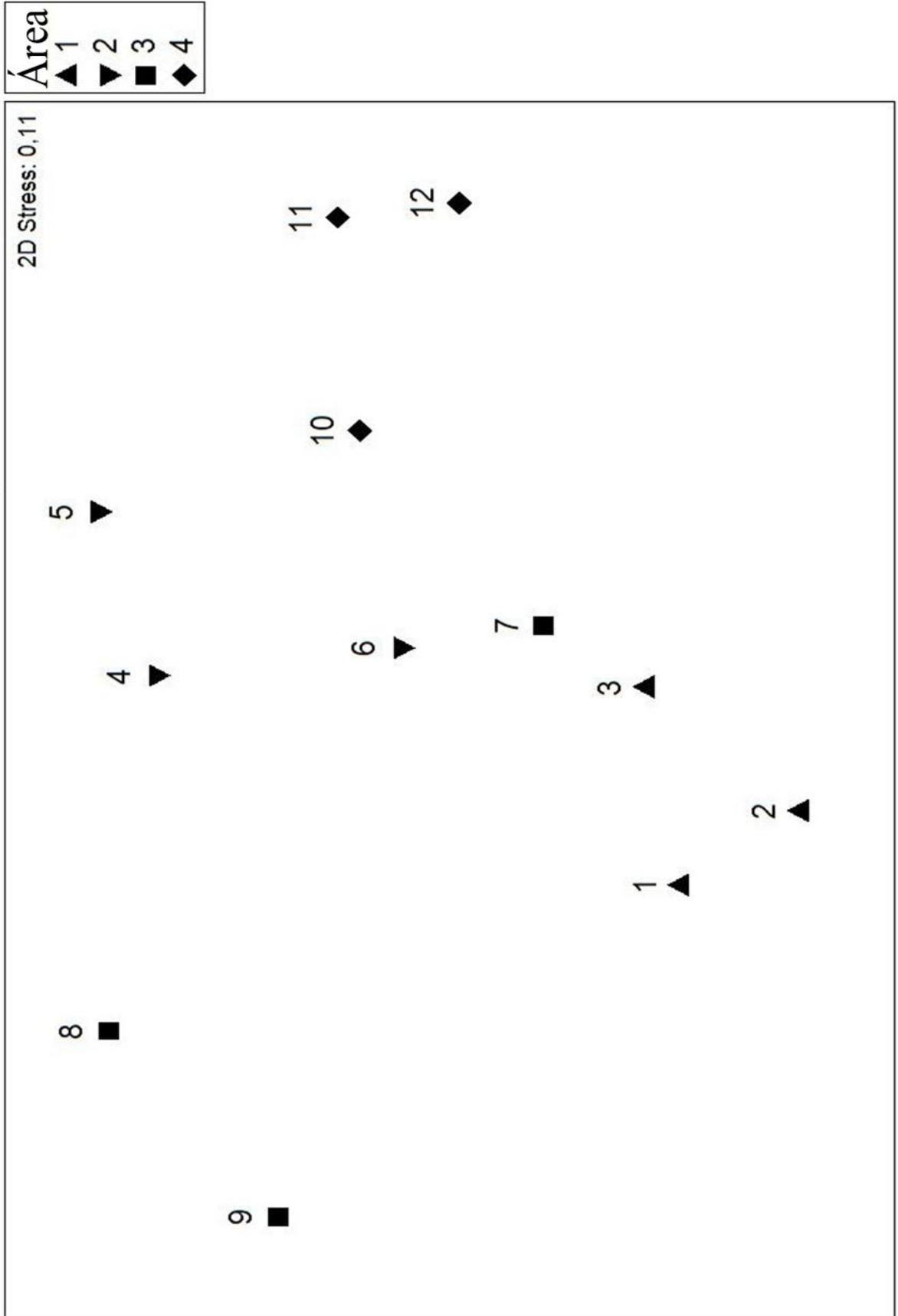


Figura 4

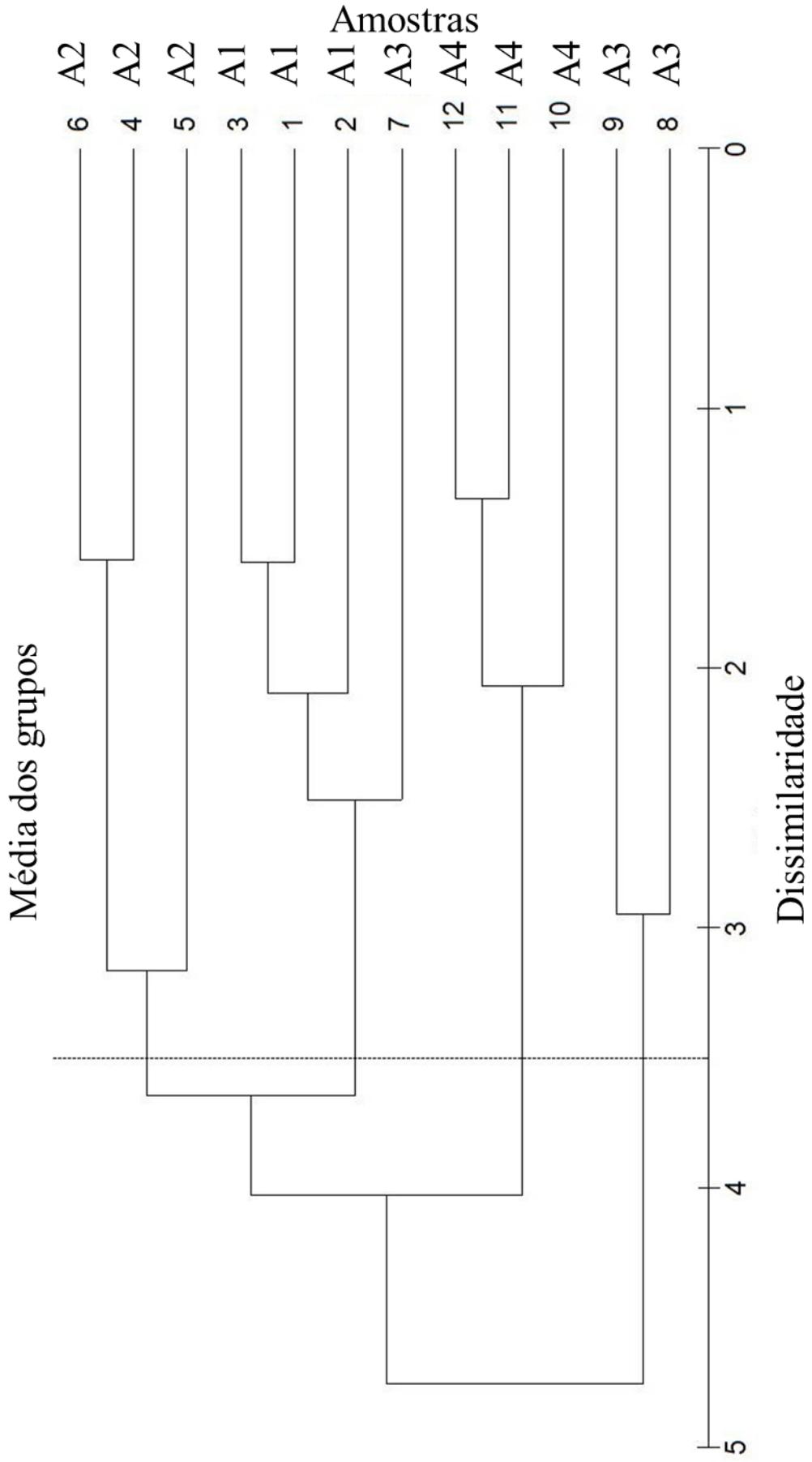
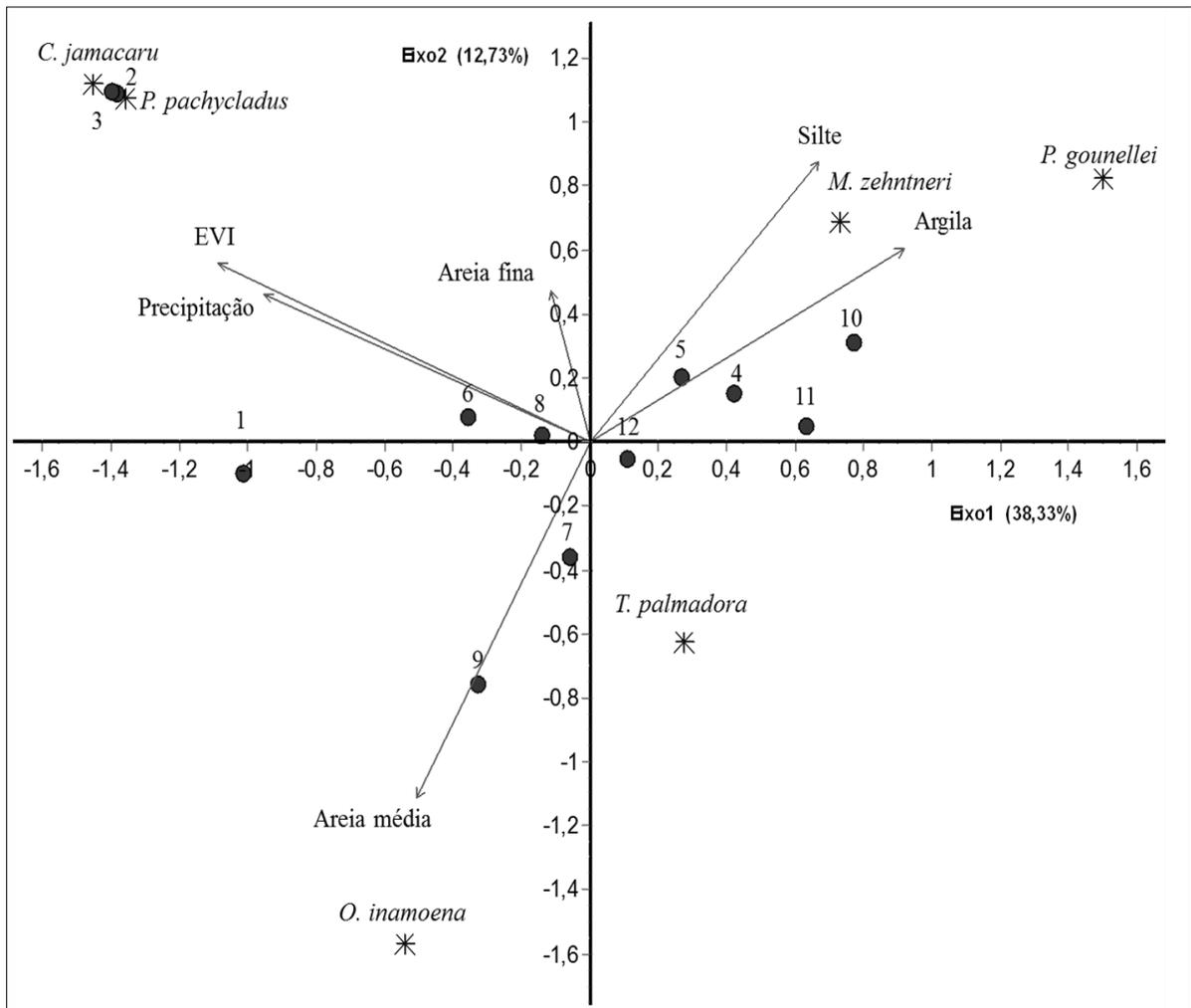


Figura 5



Melocactus zehntneri

Figura 6

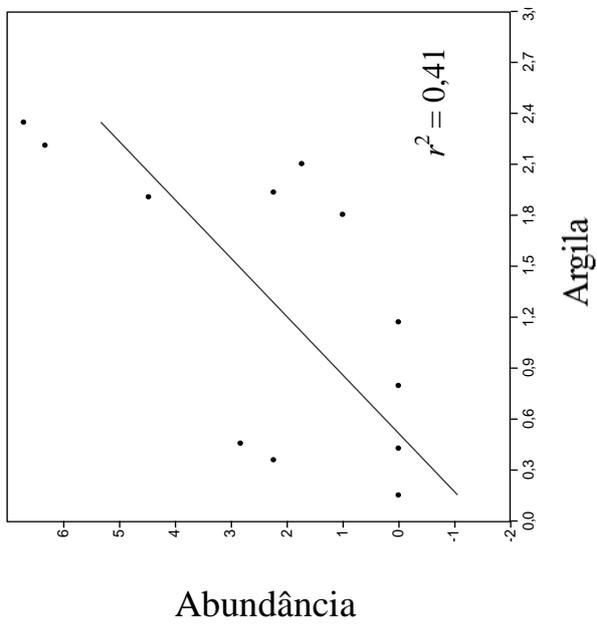
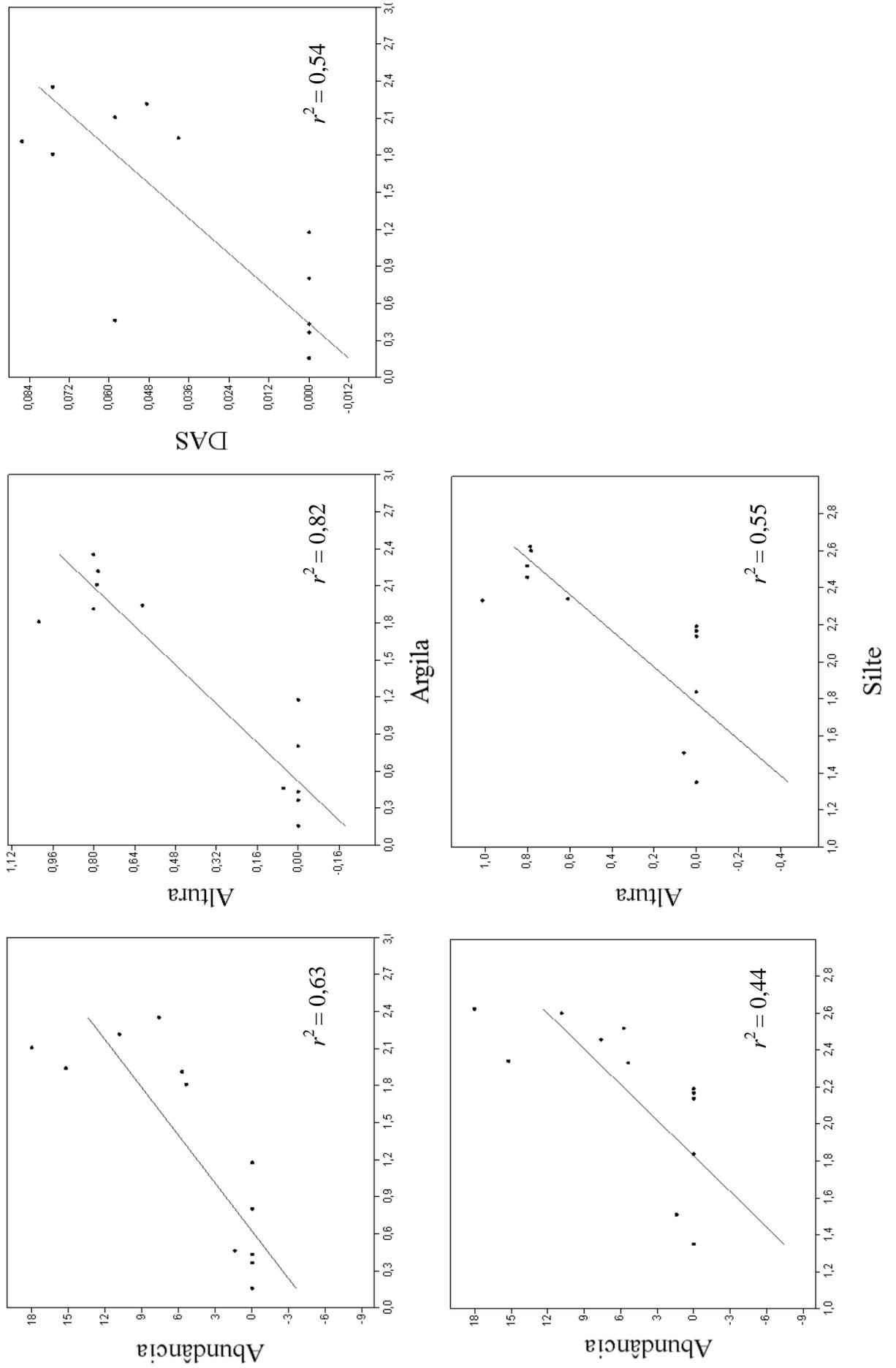


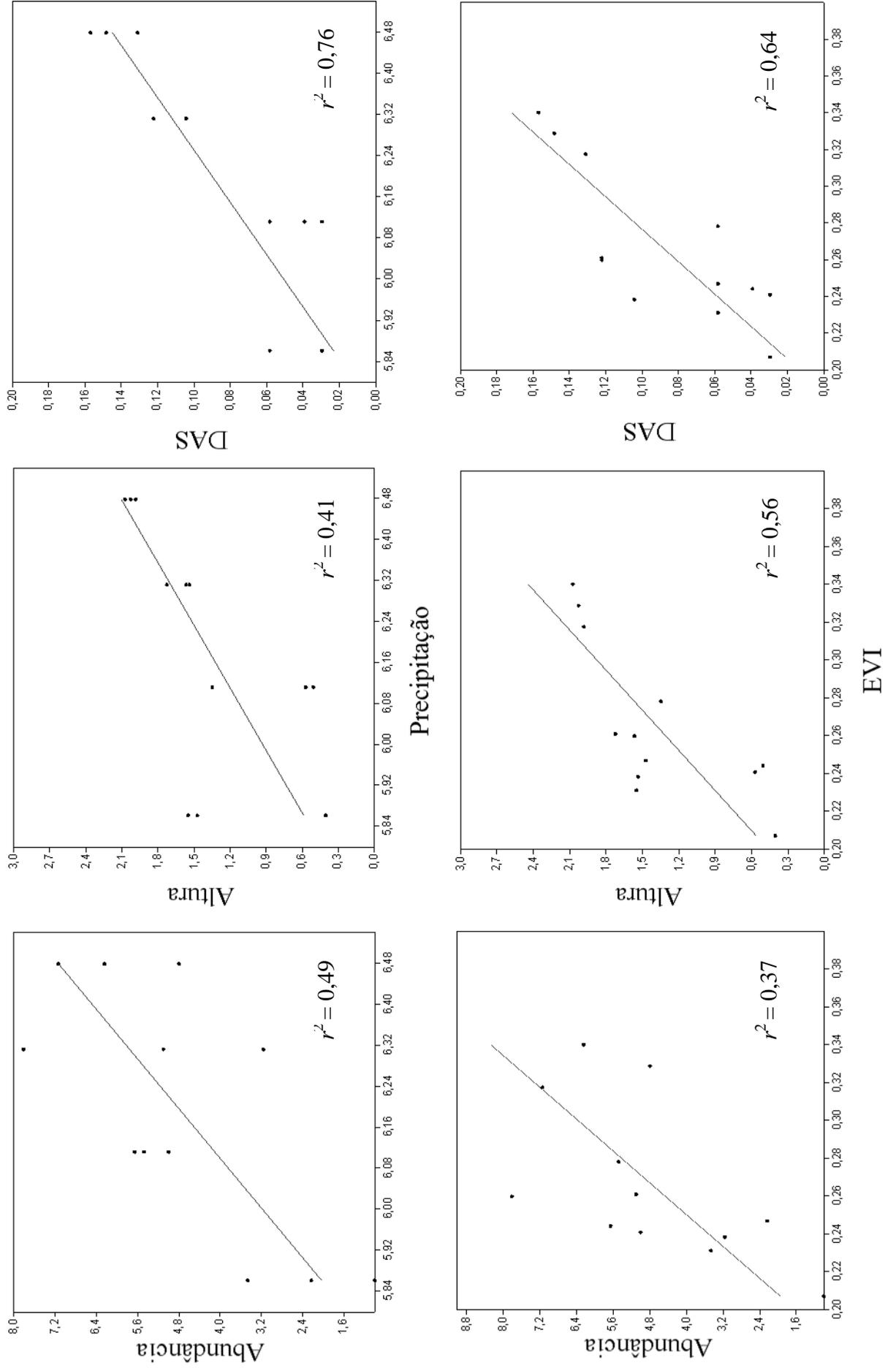
Figura 7

Pilosocereus gounellei



Pilosocereus pachycladus

Figura 8



Instructions to Authors

COMMUNITY ECOLOGY publishes original research papers, review and forum articles, short communications, book reviews and announcements. Manuscripts are accepted provided that they have not been published or submitted for publication elsewhere. All manuscripts are peer reviewed by at least two independent referees. Papers accepted for publication by the editorial board are subject to editorial revision.

Copyright. A copy of the License Agreement will be sent to authors of papers accepted for publication. It is the responsibility of the author to obtain written permission for quotations, and for reproducing illustrations or tables from other published material.

First submission of manuscripts. To ensure rapid publication, manuscripts should be submitted online: www.editorialmanager.com/comec

Manuscripts should be written in clear, concise, and grammatically correct English (British or American English throughout). The order of the material should be as follows: Title page, Keywords, Abstract, Abbreviations (if any), Main text, Acknowledgements, References, Appendix (if any), Tables, Figure captions. It is advisable to consult papers of the open issues of **COMMUNITY ECOLOGY** for format. Inappropriately formatted manuscripts will be returned without review.

Title should be brief and informative. A short running title of no more than 40 characters should also be supplied. Then follow the name, address, fax number, email and homepage address of authors. Please indicate the corresponding author.

Keywords should not exceed ten, not including items appearing in the title.

The **Abstract** must be self-explanatory, i.e., readers should not have to refer to the main text.

Authors should include **Abbreviations** and **Nomenclature** listings when necessary.

The **main text** should be divided into sections, normally to Introduction, Materials and methods, Results, and Discussion, but this structure is not obligatory. Within each main section, two levels of subheadings are available. Footnotes should be avoided. Examples of how to cite references in the text are Brown et al. (2000), White and Brown (1999a,b) and (White 1899, Red et al. 1999, 2000). Please avoid references to unpublished material.

Acknowledgements (if any) are placed in a separate paragraph, immediately before the list of references.

References – max. 50 in regular papers – should follow the general style as illustrated below:

Lippe, E., J.T. de Smidt and D.C. Glenn-Lewin. 1985. Markov models and succession: a test from a heathland in the Netherlands. *J. Ecol.* 73: 775-791.

Sibly, R.M. and J.F. Vincent. 1997. Optimality approaches to resource allocation in woody tissues. In: F.A. Bazzaz and J. Grace (eds.), *Plant Resource Allocation*. Academic Press, San Diego. pp. 143-159.

Stearns, S.C. 1992. *The Evolution of Life Histories*. Oxford Univ. Press, Oxford.

Tables should be self-explanatory. They should be mentioned in the text and numbered consecutively. Large tables should be placed into an Appendix, which will be made available electronically on the publisher's website. Please use Ariel or Helvetica font.

Illustrations should be submitted electronically; for first submission please include all figures at the end of the manuscript file. Line diagrams and photographs should be given in high quality allowing reduction to single or double-column size in the journal. Each figure should have a caption.

Instead of **Reprints** authors will have a 30-day free access to the journal's website.

Open Access. Authors can use the Optional Open Access publication model for a specific publishing fee. It is an option for the author to pay the Article Processing Charge (APC) and have the final full text version of his/her article published as an Open Access one. The full text of an Open Access paper is freely accessible through the official website of the journal. These papers are also published in the printed journals as well as all the traditional ones. The peer review process and the quality requirements are the same in case of both traditional and Open Access manuscripts. Both accepted new manuscripts and papers published earlier can be Open Access.

The APC of an Open Access article is **1143 EUR**, but it can be even less, as Akadémiai Kiadó offers discounts for Hungarian authors, institutions of low- and middle-income countries and Editorial Board members. Discounts may not be combined. The above fee does not include any normal (excess) page fees and colour charges.

By signing the Open Access License Agreement and paying the APC, the Author retains the ownership and further rights related to the Article while ensuring the wide accessibility of the Article in the written and electronic media controlled by Akadémiai Kiadó. See www.oopenart.com for details. Should you have any questions, please contact the editors of the journal.