

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

IVO ABRAÃO ARAÚJO DA SILVA

**COMPOSIÇÃO E RIQUEZA DE SAMAMBAIAS E LICÓFITAS EM FLORESTAS
SERRANAS DO NORDESTE DO BRASIL: INFLUÊNCIA DE FATORES FÍSICOS E
CONSERVAÇÃO**

RECIFE - PERNAMBUCO

2014

IVO ABRAÃO ARAÚJO DA SILVA

**COMPOSIÇÃO E RIQUEZA DE SAMAMBAIAS E LICÓFITAS EM FLORESTAS
SERRANAS DO NORDESTE DO BRASIL: INFLUÊNCIA DE FATORES FÍSICOS E
CONSERVAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Biologia Vegetal da Universidade Federal de
Pernambuco como requisito para obtenção do título de
Doutor.

Orientadora: Dra. Iva Carneiro Leão Barros

Coorientador: Marcelo Tabarelli

Área de Concentração: Ecologia Vegetal

Linha de Pesquisa: Ecologia de populações e
comunidades vegetais

RECIFE - PERNAMBUCO

2014

Catálogo na fonte
Bibliotecária Teresa Lucena, CRB 1249

Silva, Ivo Abraão Araújo da.

Composição e riqueza de samambaias e licófitas em florestas serranas do Nordeste do Brasil: influência de fatores físicos e conservação. / Ivo Abraão Araújo da Silva. Recife: O Autor, 2014.

125 folhas : il., fig., tab.

Orientador: Iva Carneiro Leão Barros

Coorientador: Marcelo Tabarelli

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, 2014.

Inclui bibliografia

1. Ecologia Vegetal 2. Florestas tropicais úmidas. 3. Determinismo ambiental 4. I. Barros, Iva Carneiro Leão (orientador) II. Título

587

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB- 2014-116

IVOABRAÃO ARAÚJO DA SILVA

“COMPOSIÇÃO E RIQUEZA DE SAMAMBAIAS E
LICÓFITAS EM FLORESTAS SERRANAS DO NORDESTE
DO BRASIL: INFLUÊNCIA DE FATORES FÍSICOS E
CONSERVAÇÃO”.

APROVADA EM 25/02/2014

BANCA EXAMINADORA:

Dra. Iva Carneiro Leão Barros (Orientadora) – UFPE

Dr. Jairo Lizandro Schmitt – Universidade FEEVALE

Dra. Mércia Patrícia Pereira Silva – UFBA

Dra. Kátia Cavalcanti Pôrto – UFPE

Dra. Laise de Holanda Cavalcanti Andrade – UFPE

Recife – PE

2010

“A sabedoria não se transmite, é preciso que nós a descubramos fazendo uma caminhada que ninguém pode fazer em nosso lugar e que ninguém nos pode evitar, porque a sabedoria é uma maneira de ver as coisas”.

Marcel Proust

A minha mãe, Geilza Araújo, eu
DEDICO. Sem precisar de
justificativas, pois o que uma mãe
representa está inerente a sua própria
designação.

A minha estimada orientadora, Iva C. L.
Barros, OFEREÇO, não só pelo
exemplo, mas por toda admiração e por
sempre confiar em mim, tornando-me
confiante.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por tornar possível todas as coisas que existem, e permitir que eu conclua mais essa etapa da minha vida.

Obrigado a Universidade Federal de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, pelo suporte e apoio a mim cedido.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela Bolsa recebida que viabilizou o desenvolvimento dessa Tese.

Com muito carinho e estima eu agradeço a minha orientadora, a Profa. Iva Carneiro Leão Barros. Obrigado por todos os ensinamentos, todo o apoio e consideração que a Senhora sempre esteve disposta a dar. Nesses nove anos de convivência eu aprendi a lhe amar e respeitar como um membro da minha própria família.

Agradeço ao Laboratório de Pteridófitas, ambiente que me deu a oportunidade de crescer profissionalmente e onde adquirir, até agora, minhas principais experiências. Mas agradeço não apenas pelo lado profissional, como também por ter me proporcionado tantos bons momentos ao longo de todo esse tempo que estive presente. Obrigado a todos que compõe, ou que já fizeram parte dessa divertida família: Iva Barros, Augusto Santiago, Flora Novaes, Keyla Souza, Rafael Farias, Lucas Costa, Valeria Santos, Danielle Martins, Amanda Sibeles, Sérgio Xavier, Anacy Muniz, Mayara Magna, Renato Seara, Henrique Moura.

À Anna Flora Novaes, que em particular ajudou diretamente na realização desse trabalho. Obrigado por tudo! Por estar sempre comigo, pelo carinho e apoio. A gente é para sempre!

Agradeço ao Prof. Augusto Santiago, pela amizade e contribuição dada ao meu trabalho e por sempre estar disposto a ouvir e ajudar.

Agradeço à Profa. Kátia Pôrto, muito obrigado pela consideração, em particular pelo incentivo na ocasião do meu doutorado sanduíche, que foi uma experiência muito construtiva para minha vida profissional e importante na minha formação pessoal.

Por falar nisso, quero agradecer a Sylvia Mota e Hans ter Steege por terem me acolhido e pela valiosa troca de conhecimento que me foi permitido. Obrigado a vocês e ao Naturalis Biodiversity Center, Leiden, Holanda.

Agradeço aos meus amigos, cada um sabe de que forma me cedeu ajuda, Mario Jarbas, Thalles Rafael, Thiago Neres, Tiago Rafael, Tatiana Notaro, Amanda Nóbrega,

Caio Maciel, Bruno Almeida, Marciel Oliveira, Romênia Moura, Anny Gabriele, Patrícia Muniz, Raquel Marinho, Mariana Arruda.

Agradeço ao meu tio João Bosco e minha tia Gírlene Maria por tudo que fizeram por mim, obrigado por acreditarem em minha capacidade, obrigado aos primos, Silvania, Saulo, Sandoval e Tião.

Agradeço a minha mãe, mulher forte e de coragem, por ter me dado a opção de escolha e ter aberto mão da minha companhia para que eu me formasse. Pela dedicação na minha criação e na criação dos meus irmãos. Pelo talento de saber passar pelas dificuldades sem transpor tristeza ou dor. Pela determinação em alcançar o que é desejado sem pensar nas consequências. Pela carga genética passada a mim e assim ter me proporcionado as melhores qualidades que tenho. Pela minha infância feliz e de criança que tive. Por todos os melhores momentos em família proporcionados. Mãe, te amo!

Agradeço aos meus irmãos Ivanildo, Alex, Maycon, Marta e Michele, as cunhadas Elizete, Gisa e Verúcia, aos sobrinhos Yago, Ytalo e Alysson, por tudo de bom que temos, e pela compreensão dos que tiveram que se privar da minha presença para que eu pudesse estar fazendo o que gosto.

Agradeço as minhas tias Fátima, Eunice, Eugênia, Eudenice e Leonice pelo carinho e por serem tão boas, e aos meus primos Alex, Alan e Thaís por serem meus primos mais presentes. E ao meu admirado tio Agnaldo Rocha, pela atenção e carinho que me tem. Muito bom ter família tão maravilhosa.

Eu me sinto uma pessoa muito feliz por ter tanta gente a agradecer. Com certeza faltou gente aqui, eu peço perdão. Mas agradeço a todos aqueles que aqui procuraram seus nomes, mas não os encontraram por pura “demência” minha.

A todos vocês, Obrigado!

RESUMO

O objetivo dessa pesquisa foi investigar quais os fatores ambientais mais contribuem para determinar o padrão de composição e riqueza de samambaias e licófitas ocorrentes nas Florestas Serranas do Nordeste ao Norte do rio São Francisco. Além disso, foi investigado se essas formações florestais apresentam evidências de refúgios de diversidade para esses grupos de plantas. Foram avaliadas as variações nas riquezas e composições de samambaias e licófitas (epífitas e terrestres) relacionadas a atributos físicos de 28 fragmentos florestais. A riqueza foi avaliada através de análises de regressões múltiplas e Anova dois-fatores, e para a composição foi aplicada uma análise de correspondência canônica. Para detectar evidências de refúgios, 28 fragmentos de Florestas Serranas tiveram os seus resíduos das análises de regressão da relação espécie-área comparados com os resíduos de 23 fragmentos de Florestas de Terras Baixas. Foram registradas 273 espécies de samambaias e licófitas, sendo a riqueza e a composição influenciadas pelo tamanho do fragmento, precipitação sazonal e tipo florestal. Foi verificada uma forte correlação entre as condições ambientais e a distância geográfica, mas a distância geográfica mostrou fraco efeito sobre a similaridade florística. As Florestas Serranas apresentaram resíduos com valores maiores e positivos com mais frequência que os resíduos observados para as Florestas de Terras Baixas. Isso indica uma riqueza maior que à esperada pela relação espécie-área. A interação entre fatores climáticos, tipo florestal e tamanho do fragmento são determinantes para as condições microclimáticas das áreas estudadas e o papel do ambiente é provavelmente mais restritivo que qualquer processo de dispersão ou flutuações aleatórias, indicando o determinismo ambiental como atuante na distribuição das samambaias e licófitas nas Florestas Serranas. Além disso, os resultados trazem evidências de que as Florestas Serranas podem ser refúgios de diversidade de samambaias e licófitas e compõem um elemento de grande relevância para a manutenção da diversidade desses grupos na Floresta Atlântica Nordestina. Nesse sentido, as estratégias de conservação precisam ser de abrangência regional, devido à existência de complementaridade entre as composições de espécies ocorrentes nas Florestas Serranas.

Palavras-chave: Plantas vasculares sem sementes, florestas tropicais úmidas, ecologia vegetal, refúgios de diversidade, determinismo ambiental, conservação de criptógamos.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate which environmental variables most contribute to shaping the pattern of species diversity and composition of seedless vascular-plant in the rain montane forests in Northeast Brazil. Moreover, we investigated evidence that montane rainforests are diversity refuges for seedless vascular plant. We analysed the variation of the richness and composition of seedless vascular-plants (terrestrials and epiphytes) related to environmental attributes in 28 forest fragments. For richness a multiple regression and Two-Way ANOVA tests were carried out. A canonical correspondence analysis (CCA) was used to examine the composition variation. For to investigate refuges evidences, 28 forest fragments had their residuals of regression analyzes of species-area relationship compared with residuals of 23 fragments of lowland forests. Were found 273 seedless vascular-plant species, being the richness and composition species correlated with fragment size, precipitation seasonality and forest type. There was a significant correlation between environmental conditions with geographic distance. But geographic distance showed weak effect on the similarity of floristic composition. The montane forests showed higher and positives residuals than lowland forests. This fact indicates greatest richness than to expect by specie-area relationship. The interaction between climatic factors, forest type and fragment size seem to be determinant to microclimatic conditions of the studies sites and the role of the environment is probably more restrictive than any dispersion processes or random fluctuations due to chance, indicating a consistent role for environmental determinism of seedless vascular-plant distributions across spatial scales. Moreover, the results provide evidence that montane forests can be diversity refuges diversity for ferns and lycophytes and comprise an element of great importance to maintaining the diversity of these plant groups in the Northeast Atlantic Forest. Thus, conservation strategies need to be regional in scope, due to the existence of complementarity between the compositions of species occurring in montane forests.

Key-words: seedless vascular-plants, Tropical rain forest, plant ecology, diversity refuges, environmental determinism, cryptogams conservation

LISTA DE FIGURAS

MANUSCRITO 1 - Patterns of composition and species richness of seedless vascular-plant in montane rainforests of the Northeast of Brazil: assessing the regional environmental gradient

	Pág.
Figura 1 Location of the study area. The 28 fragments of the montane forests studied are distributed in three states of northeast Brazil: Ceará (CE), in the municipalities of Aratanha (site 6), Baturité (site 9), Crato (site 4) and Maranguape (site 5); Paraíba (PB), in the municipalities of Areia (site 7) and Bananeiras (site 8); and Pernambuco (PE), in the municipalities of Jaqueira (site 1), Lagoa dos Gatos (site 2), São Vicente Férrer (site 3), Bezerros (site 10), Bonito (sites from 11 to 17), Buíque (site 19), Caruaru (site 18), Floresta (site 20), Gravatá (sites from 23 to 27), Brejo da Madre de Deus (site 21), Sanharó (site 28) and Taquaritinga do Norte (site 22).....	54
Figura 2 Relationship between precipitation seasonality and fragment size with terrestrial ($R^2 = 0.78$ and $P < 0.001$) and epiphytic ($R^2 = 0.45$ and $P = 0.005$) ferns and lycophytes species richness in the montane forest fragments in Northeast Brazil.....	55
Figura 3 Variation of the terrestrial richness in the different forest types occurring in the montane forest fragments studied in Northeast Brazil ($F = 10.91$ and $P < 0.001$). Forest types: Type 1 = Open Montane Rain Forest, type 2 = Seasonal Montane Semideciduous Forest, type 3 = Open Montane Rain Forest + Seasonal Montane Semideciduous Forest, type 4 = Seasonal Montane Semideciduous Forest + Ecotone Area and type 5 = Ecotone Area. Where the formation “Ecotone Area” is considered a mixel vegetation of Savana and Seasonal Semideciduous Forest.....	56
Figura 4 Relationship between similarities in ferns and lycophytes species composition and geographical distance (km) for 26 montane forest fragments studied in Northeast Brazil ($R^2 = 0.09$, $P < 0.001$; $Y = 0.2334 - 0.0001X$).....	57

LISTA DE FIGURAS

MANUSCRITO 1 - Patterns of composition and species richness of seedless vascular-plant in montane rainforests of the Northeast of Brazil: assessing the regional environmental gradient

Pág.

- Figura 5** Ordination diagram of the first two axes of Canonical Correspondence Analysis (CCA) of the composition of 26 montane forest fragments studied in Northeast Brazil. Significant ($p < 0.05$) environmental parameters: fragment size, annual mean temperature (AMT), mean temperature of driest quarter (MTD), precipitation of driest quarter (PD), precipitation seasonality (PS) and Temperature seasonality (TS)) are shown as vectors. The forest types were indicated by different symbols that can be observed on top part of graph..... **58**

MANUSCRITO 2 - Samambaias e licófitas de Florestas Montanas do Nordeste do Brasil: evidenciando refúgios de diversidade

Pág.

- Figura 1** Localização da área de estudo. Os 28 fragmentos de Florestas Serranas estudados estão distribuídos em três Estados do Nordeste do Brasil: Ceará (CE), nos municípios de Aratanha (área 6), Baturité (área 9), Crato (área 4) e Maranguape (área 5); Paraíba (PB), nos municípios de Areia (área 7) e Bananeiras (área 8); e Pernambuco (PE), Nos municípios de Jaqueira (área 1), Lagoa dos Gatos (área 2), São Vicente Férrer (área 3), Bezerros (área 10), Bonito (áreas de 11 a 17), Buíque (área 19), Caruaru (área 18), Floresta (área 20), Gravatá (áreas de 23 a 27), Madre de Deus (área 21), Sanharó (área 28) e Taquaritinga do Norte (área 22)..... **89**

LISTA DE FIGURAS

MANUSCRITO 2 - Samambaias e licófitas de Florestas Montanas do Nordeste do Brasil: evidenciando refúgios de diversidade

	Pág.
Figura 2 Relação entre riqueza de espécies de samambaias e licófitas e tamanho dos fragmentos ($R^2 = 0,55$; $P < 0,001$) estudados no Nordeste do Brasil. O gráfico mostra a relação para as duas formações florestais (Montana e Terras Baixas).....	90
Figura 3 (A) Comparação entre os resíduos resultantes da análise de regressão da relação entre o número de espécies de samambaias e licófitas e o tamanho dos fragmentos florestais de Florestas Montanas e de Terras Baixas no Nordeste do Brasil. (B) Diferenças entre os resíduos da observadas através do test-t ($t = 3,07$; $P < 0,003$).....	91
Figura 4 Correlação entre o número de espécies de licófitas e os resíduos das Florestas Montanas ($r = 0,52$; $P < 0,003$). Os resíduos são resultantes da análise de regressão da relação entre o número de espécies de samambaias e licófitas e tamanho dos fragmentos de Florestas Montanas analisadas no Nordeste do Brasil.....	92
Figura 5 Correlação entre os resíduos das Florestas Montanas e o número de espécies epífitas ($r = 0,77$; $P < 0,001$) e de espécies restritas ($r = 0,43$; $P = 0,01$) de samambaias e licófitas. Os resíduos são resultantes da análise de regressão da relação entre o número de espécies e tamanho dos fragmentos de Florestas Montanas analisadas no Nordeste do Brasil	93
Figura 6 Relação entre a distância geográfica (km) e a similaridade florística da composição de samambaias e licófitas ocorrentes em 28 fragmentos de Floretas Serranas no Nordeste do Brasil ($R^2 = 0.09$, $P < 0.001$).....	94

LISTA DE TABELAS

MANUSCRITO 1 - Patterns of composition and species richness of seedless vascular-plant in montane rainforests of the Northeast of Brazil: assessing the regional environmental gradient

	Pág.
Tabela 1 Characteristics of the twenty-eight forest fragments studied in three states of the Northeast Brazil (Ceará, Paraíba and Pernambuco): geographical coordinates (UTM system); altitude (maximal elevation in metres); size of the fragment forest (ha); forest types - where: A = Open Montane Rain Forest, F = Seasonal Montane Semideciduous Forest and TE = Ecotone Area (Savana and Seasonal Semideciduous Forest); Soil types - where: PVA = Red Yellow Argisol, LA = Yellow Latosol, RQo = Quartzarenic Neosol and RL = Litholic Neosol. The climatic variables used in this study were originated from BIOCLIM: Annual mean temperature (AMT), Annual precipitation (AP), Isothermality (IT), Mean temperature of driest quarter (MTD), Mean temperature of wettest quarter (MTW), Precipitation of driest quarter (PD), Precipitation of wettest quarter (PW), Precipitation seasonality (PS) and Temperature seasonality (TS). More details available in http://www.worldclim.org/bioclim	48
Tabela 2 Ferns and lycophytes species in areas of montane forest fragments in Northeast Brazil.....	50
Tabela 3 Richness analysis of ferns and lycophytes in the montane forest fragments studied in the Northeast of Brazil.....	51
Tabela 4 Influence of the continuous explanatory variables on the axes of a CCA of ferns and lycophytes occurring in the montane forest fragments studied in Northeast Brazil.....	52
Tabela 5 Influence of the categorical explanatory variables on the axes of a CCA of ferns and lycophytes occurring in the montane forest fragments studied in the Northeast Brazil.....	53

LISTA DE TABELAS

MANUSCRITO 2 - Samambaias e licófitas de Florestas Montanas do Nordeste do Brasil: evidenciando refúgios de diversidade

	Pág.
Tabela 1 Atributos físico-ambientais dos 28 fragmentos florestais estudados nos três estados do Nordeste do Brasil (Ceará, Paraíba e Pernambuco): Coordenadas geográficas (sistema UTM); altitude (elevação máxima em metros); tamanho do fragmento (ha); Tipos de floresta - onde: A = Floresta Ombrófila Aberta Montana, F = Floresta Estacional Semidecidual Montana e TE = Área de Tensão Ecológica (Savana/Savana Estépica/Floresta Estacional); Tipos de solo - onde: PVA = Argissolos Vermelho-Amarelos, LA = Latossolos Amarelos, RL = Neossolos Litólicos e RQo = Neossolos Quartzarênicos. As variáveis climáticas usadas nesse estudo foram obtidas através do BIOCLIM: Média de temperatura anual (AMT), Precipitação anual (AP), Isothermalidade (IT), Temperatura média do quartil mais seco (MTD), Temperatura média do quartil mais úmido (MTW), Precipitação do quartil mais seco (PD), Precipitação do quartil mais úmido (PW), Precipitação sazonal (PS) e Sazonalidade térmica (TS). Mais detalhes disponíveis em http://www.worldclim.org/bioclim	86
Tabela 2 Número de espécies de Samambaias e licófitas em áreas de Florestas Serranas no Nordeste do Brasil.....	88

SUMÁRIO

	Pág.
APRESENTAÇÃO.....	1
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	2
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12
MANUSCRITO 1 - Patterns of composition and species richness of seedless vascular-plant in montane rainforests of the Northeast of Brazil: assessing the regional environmental gradient.....	19
Resumo.....	20
Introdução.....	21
Métodos.....	23
Resultados.....	27
Discussão.....	29
Agradecimentos.....	36
Referências.....	36
Apêndice.....	59
MANUSCRITO 2 - Samambaias e licófitas de Florestas Montanas do Nordeste do Brasil: evidenciando refúgios de diversidade.....	64
Resumo.....	65
Introdução.....	66
Métodos.....	68
Resultados.....	72
Discussão.....	73
Conclusões.....	77
Agradecimentos.....	78
Referências.....	78
Apêndice.....	95
CONCLUSÕES.....	100
ANEXOS.....	102
Anexo 1: Instruções para autores do Journal of Biogeography.....	103
Anexo 2: Instruções para autores da revista Biodiversity and Conservation.....	119

APRESENTAÇÃO

As samambaias e licófitas constituem um grupo parafilético anteriormente tratadas como um só grupo vegetal: as pteridófitas. São plantas com representatividade relevante, estimando-se o total de espécies no mundo como sendo 12.240 para samambaias e 1.300 licófitas (Moran 2008). Cerca de 3.250 espécies de samambaias e licófitas ocorrem na América do Sul (Moran 2008), onde, segundo Prado & Sylvestre (2010), compilações de dados recentes indicam o registro de 1.053 espécies de samambaias e 123 espécies de licófitas para o Brasil, com 450 espécies endêmicas deste país.

Essas plantas ocorrem em todo o mundo, podendo ser encontradas nas latitudes correspondentes às regiões subtropicais e temperadas, até próximo aos círculos polares (Windisch 1992). Apesar de cosmopolitas, as samambaias ilustram bem o Gradiente Latitudinal da Diversidade Biológica, apresentando aumento da diversidade específica nas regiões em direção aos trópicos (Moran 2002).

Cerca de 12% das samambaias e licófitas podem ser encontradas em território brasileiro, sendo o principal ecossistema de ocorrência dessas espécies a Floresta Atlântica (Prado & Sylvestre 2010), um dos oito *hotspots* de diversidade biológica mais ricos e ameaçados do planeta (Myers et al. 2000). Na Floresta Atlântica Nordestina, Santiago (2006) estimou a ocorrência de aproximadamente 233 espécies, com a presença de duas espécies endêmicas desta região.

No Nordeste brasileiro, a flora pteridofítica tem sido estudada principalmente em Pernambuco, Alagoas, Ceará e Bahia, onde se percebe uma significativa diversidade, principalmente nas Florestas Montanas que existem na região.

Samambaias e licófitas são bem documentadas como eficientes indicadoras de ambiente (Page 1979; Márquez et al. 2001; Guo et al. 2003). Esses grupos de plantas apresentam uma íntima relação com os fatores físicos do ambiente onde vivem, sendo comumente associados à qualidade ambiental, como boas indicadoras de solo, clima e topografia. Essa característica bioindicadora, especialmente das samambaias e licófitas epífitas, é atribuída à dependência direta aos fatores abióticos, sendo grupos vegetais independentes de vetores biológicos para sua reprodução e capazes de se dispersar por longas distâncias (Kessler 2001; Lehmann et al. 2002; Ferrer-Castan & Vetaas 2005; Bickford & Laffan 2006; Arcand & Ranker 2008).

Diante disso, esta pesquisa tem se proposto a utilizar esses grupos vegetais para identificar padrões de respostas a gradientes físicos, assim como para contribuir com o conhecimento da dinâmica das Florestas Serranas do Nordeste do Brasil. A Tese é composta por dois capítulos: O primeiro aborda a identificação de padrões de riqueza e composição das samambaias e licófitas ao longo de um gradiente regional de mudanças físicas. Explora o potencial desses grupos em responder as variações de clima, solo, tipo florestal e área. O segundo capítulo evidencia a funcionalidade das Florestas Serranas como refúgios do Pleistoceno com direcionamento conservacionista para os grupos biológicos e, conseqüentemente, para essas formações vegetais regionalmente tão importantes para o contexto histórico, biológico e de qualidade de vida.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Dados florísticos de samambaias e licófitas em Florestas Serranas do Nordeste do Brasil

Existem poucos grupos de pesquisa que trabalham levantando informações a respeito da flora de samambaias e licófitas na região Nordeste do Brasil. Como consequência, existe uma assimetria na distribuição de dados por Estado na região. Dentre os cinco Estados nordestinos, ao Norte do Rio São Francisco, que possuem remanescentes de Floresta Atlântica, o estudo das samambaias do Rio Grande do Norte é o mais deficiente em informações, Pernambuco destaca-se como o mais representativo em número de trabalhos específicos, enquanto Paraíba, Alagoas e Ceará possuem poucos trabalhos (Santiago 2006).

Na Paraíba, Pernambuco e Ceará, muitos dos estudos florísticos com samambaias e licófitas foram desenvolvidos nos remanescentes de Florestas Serranas, principalmente de cunho florístico. As Florestas Serranas destacam-se como uma das fisionomias de Floresta Atlântica mais estudadas no Nordeste, tanto devido ao seu histórico de formação quanto pela diversidade dos mais variados grupos de organismos. Entre os pesquisadores que deram início aos estudos com essas formações vegetacionais, vale mencionar Dárdano de Andrade-Lima que desenvolveu estudos com abordagens florísticas, ecológicas, fitofisionômicas e fitogeográficas (Andrade-Lima 1960, 1966, 1970, 1982).

Brade (1940) foi um dos pioneiros em levantamentos florísticos na região Nordeste, reunindo considerável número de espécies de samambaias e licófitas. O autor estudou as espécies ocorrentes na Serra do Baturité, no Ceará, onde registrou 67

espécies, distribuídas em oito famílias. O autor comentou que a serra possuía uma flora extraordinariamente rica e apresentava uma vegetação de caráter higrófilo, constituindo uma verdadeira ilha de diversidade no meio da região, extremamente seca.

Pontual (1969) fez um levantamento das espécies ocorrentes em oito municípios (Recife, Cabo de Santo Agostinho, Escada, Frexeiras, Rio Formoso, Brejo da Madre de Deus, Vicência e Taquaritinga do Norte), três deles de Florestas Serranas (Frexeiras, Brejo da Madre de Deus e Taquaritinga do Norte), apresentando uma lista de 158 espécies de samambaias e licófitas. Paula (1993) aprofundou informações sobre a riqueza e a taxonomia das espécies de samambaias e licófitas ocorrentes em Baturité, dando maior ênfase aos municípios de Guaramiranga e Pacoti. Identificou 86 espécies, sendo seis novas referências para o Nordeste do Brasil e oito novas referências para o Ceará. As famílias com maiores representatividades específicas foram: Pteridaceae (30,4%), Polypodiaceae (13%) e Aspleniaceae (11,9%). Foram apresentadas chaves para famílias, gêneros e espécies, além de comentários sobre a ecologia e a distribuição geográfica dos táxons. Mais tarde, a mesma autora (Paula-Zárate 2004) retomou os estudos aumentando para 143 o número de espécies ocorrentes na Serra do Baturité.

Ainda no Ceará, Conde (1999) determinou a florística das samambaias e licófitas do município de Pacatuba, em região pertencente a Serra de Aratanha, e citou a ocorrência de 34 espécies. O autor já chamava a atenção para o grau de impacto ambiental que a região apresentava. Um ano depois, Lopes (2000) estudou a mesma região, acrescentando áreas da Serra de Maranguape, e registrou 66 espécies, distribuídas em 40 gêneros e 19 famílias, sendo a família Dryopteridaceae a mais representativa (12 spp.). Enfatizou a presença de elementos das Florestas Atlântica e Amazônica e indicou a presença de sete novas referências para o Nordeste.

Em Pernambuco, Santos & Barros (1999) estudaram fragmentos florestais do Bituri Grande, no município de Brejo da Madre de Deus, registraram 35 espécies e três variedades, distribuídas em 11 famílias, sendo Polypodiaceae a mais representativa, com nove espécies. O trabalho apresentou cinco novas referências a nível específico para o Estado, e uma a nível genérico (*Hymenophyllum* J.Sm.).

Pietrobon & Barros (2003) realizaram levantamento das samambaias ocorrentes na Mata do Estado, município de São Vicente Férrer em Pernambuco e registraram 17 famílias, 38 gêneros e 64 espécies, das quais 14 foram novas referências para o Estado e duas para o Nordeste. Os autores afirmam que a riqueza das samambaias parece estar relacionada a um gradiente de umidade existente no remanescente florestal, onde os

fatores ambientais, como a altitude e o regime de chuvas têm importância fundamental para a vegetação local.

No mesmo ano, Lopes (2003) trabalhou no município de Jaqueira, Pernambuco, realizando um levantamento de 138 espécies, das quais abordou a distribuição altitudinal e ecologia. Já Luna (2003) analisou um fragmento de Floresta Serrana no município de Bonito e revelou a ocorrência de 57 espécies, distribuídas em 31 gêneros e 14 famílias. As famílias com maior número de táxons foram Pteridaceae e Polypodiaceae, sendo os gêneros mais representativos *Adiantum* L. e *Thelypteris* Schm.

Xavier & Barros (2003) estudaram as samambaias e licófitas ocorrentes na Serra Negra de Bezerros em Pernambuco e registraram 32 espécies para os Sítios Vertentes e Freixeiras, destacando-se a família Polypodiaceae e os gêneros *Microgramma* C. Presl. e *Asplenium* L. Os aspectos ecológicos das espécies também foram abordados, tendo predominado o habitat rupícola, o hábito herbáceo, o tipo de ambiente mesófilo, a forma de vida hemicriptófita e os afloramentos rochosos como ambientes preferenciais.

Santiago et al. (2004) realizaram estudo em três fragmentos de Florestas Serranas no município de Bonito (Pernambuco), registrando 91 espécies e duas variedades, das quais sete não haviam sido referidas para a região Nordeste e 12 para o Estado. As famílias mais representativas foram Polypodiaceae, Thelypteridaceae e Pteridaceae. O gênero *Thelypteris* Schm. apresentou o maior número de espécies, seguido por *Asplenium* L.. Com relação aos aspectos ecológicos, a maioria das espécies foi herbácea, terrícola e hemicriptófita, e de ocorrência no interior da mata.

Também em Bonito, Lira (2004) realizou um levantamento da flora de samambaias das Matas da Azuada, Engenho Verdinho e Barra Azul e indicou a ocorrência de 73 espécies, distribuídas em 41 gêneros e 14 famílias. As famílias mais representativas foram Polypodiaceae, Dryopteridaceae e Pteridaceae. O gênero *Thelypteris* Schm. apresentou o maior número de espécies, seguido por *Polypodium* L. Os aspectos ecológicos das espécies também foram abordados, predominando o habitat terrícola, o hábito herbáceo, a forma de vida hemicriptófita, ocorrendo preferencialmente no interior da mata.

Xavier & Barros (2005) registraram a ocorrência de 66 espécies de samambaias e licófitas distribuídas em 29 gêneros e 13 famílias, sendo a família Pteridaceae a mais representativa, no Parque Ecológico João Vasconcelos Sobrinho, em Caruaru, Pernambuco e abordaram, também, aspectos ecológicos dos dois grupos, observando o

predomínio de espécies herbáceas, hemicriptófitas, terrícolas, ciófilas e de interior de mata.

Na Paraíba, são poucos os estudos florísticos com samambaias e licófitas. Em relação a levantamentos florísticos realizados em Florestas Serranas, pode ser citado o trabalho de Braga (2010), na Mata de Goiamunduba, do município de Bananeiras, onde foi registrada a ocorrência de 19 espécies, sendo as famílias mais representativas Pteridaceae e Thelypteridaceae. O trabalho de Barros (2013) citou 28 espécies na Mata do Pau-Ferro, município de Areia, sendo as famílias mais representativas Pteridaceae e Polypodiaceae.

No que diz respeito à Floresta Atlântica ao norte do Rio São Francisco, Santiago (2006) traçou um panorama das samambaias e licófitas e observou o registro de 254 espécies e cinco variedades. O autor destacou a grande representatividade de samambaias e licófitas em Florestas Serranas em Pernambuco, que apresentaram 66 espécies exclusivas, quando comparadas às Florestas de Terras Baixas da mesma região. Ressaltou também que 25% das espécies encontradas no Nordeste são raras e, em Pernambuco, um terço das espécies estão ameaçadas de extinção.

Ecologia de samambaias e licófitas: respostas à fatores físicos e gradientes ambientais

As samambaias e licófitas apresentam uma longa historia evolutiva, sendo principalmente associadas às baixas latitudes e condições úmidas dos trópicos e subtropicais (Smith 1972; Parris 1985). Dada a necessidade da água para os gametófitos completar sua fertilização (Page 2002) e os elementos traqueófitos simples que esses grupos apresentam (Sharma 1988), não é de se estranhar que samambaias e licófitas tenham distribuição associada à disponibilidade hídrica. Entretanto, existe um debate constante entre pesquisadores sobre a importância dos fatores abióticos e da dispersão para a distribuição de espécies de samambaias e licófitas (Tuomisto et al. 2003).

Nesse sentido, Karst et al. (2005) confrontaram as características ambientais abióticas contra a dispersão para investigar o papel desses fatores sobre a assembleia de comunidades de samambaias em Québec, Canadá. Dois níveis de escala foram definidos: escala intermediária (135-3515 m) e fina escala (4-134 m), e foram examinadas as correlações entre a localização geográfica dos pontos de amostragem, os fatores abióticos e a composição de samambaias. Verificaram que a distribuição de samambaias estava associada ao gradiente de umidade do solo em ambas as escalas espaciais. Em escalas intermediárias, o ambiente físico teve papel dominante sobre o padrão de distribuição; já em escalas finas, foi difícil dissociar as contribuições ambientais e da dispersão devido a forte autocorrelação espacial no ambiente físico. Os autores destacam que em escalas finas existe uma convergência entre os pressupostos da teoria neutra (fundamentada no limite de dispersão) e da teoria de nicho (enraizada na adaptação ambiental) e sugeriram a relevância do desenvolvimento de uma teoria que considere os efeitos conjuntos do determinismo ambiental e da dispersão na distribuição e abundância de espécies de plantas.

Explicações tradicionais para a distribuição de plantas têm assumido que as diferenças interespecíficas nos requerimentos de nicho enfatizam o papel do meio abiótico nos padrões de distribuição de espécies (Whittaker 1967; Silvertown et al. 1999; McKane et al. 2002; Potts et al. 2004). Para samambaias e licófitas esse argumento tem se tornado cada vez comum, devido a algumas características compartilhadas entre esses dois grupos: ambos apresentam grande capacidade de dispersão, por esporos pequenos e leves, aptos a viajarem por longas distâncias; são independentes de qualquer vetor biológico para a reprodução; e apresentam um conjunto de adaptações ecofisiológicas específicas aos habitats de ocorrência (Tryon 1972; Barrington 1993).

Essas características tornam as espécies desses grupos intimamente relacionadas aos fatores físico-ambientais e têm despertado o interesse da comunidade científica em entender como a dinâmica biológica das samambaias e licófitas se comporta frente às condições ambientais. Richard et al. (2000) afirmaram que a atual distribuição da maioria das espécies de samambaias parece ser altamente influenciada pelos fatores físicos do ambiente. Já Karst et al. (2005) e Cárdenas et al. (2007) afirmaram que samambaias e licófitas servem como boas ferramentas para investigar a influência do meio abiótico sobre riqueza e distribuição de espécies. Inclusive, de acordo com Moran (2002), diversidade de habitats, elevação, neblina, precipitação, temperatura, exposição, sazonalidade e solo explicam a riqueza e a distribuição desses dois grupos de plantas nos ambientes.

Já Barrington (1993) citou que a riqueza de samambaias é alta nos trópicos devido a um conjunto de condições que incluem a estabilidade de longa data, a grande variação altitudinal, o baixo déficit de pressão de vapor e uma vasta gama de microhabitats terrestres e epífitos que promovem condições ideais para desenvolvimento. Na verdade, muitos estudos têm avaliado e comprovado a influência de fatores abióticos para samambaias e licófitas. Como citado anteriormente, o regime de água é o fator que mais aparece como importante para esses grupos, e tem sido positivamente correlacionado com a riqueza local e regional de espécies (Lwanga et al. 1998; Kessler 2001; Bickford & Laffan 2006). A presença dessas plantas também tem sido negativamente relacionada ao potencial de evapotranspiração ambiental, devido à influência que essa variável apresenta sobre a disponibilidade hídrica e a duração da estação de crescimento (Bhattarai & Vetaas 2003).

A temperatura é outro fator que aparece como determinante no padrão de distribuição de samambaias e licófitas, especialmente quando se trata de algum gradiente acentuado (Lehmann et al. 2002), provavelmente porque essas plantas estão geralmente associadas a condições tropicais quentes e úmidas (Parris 1985). Um fator, não diretamente climático, mas que também apresenta importância para as espécies desses grupos é a fertilidade do solo e suas variações físico-químicas. Tuomisto & Poulsen (2000) afirmaram que diferenças entre as diversidades de comunidades de samambaias têm sido atribuídas às variações químicas dos solos. Solos férteis incrementam a riqueza de espécies de samambaias, provavelmente porque oferecem condições adequadas para o estabelecimento de gametófitos (Saiz & Lobo 2008).

Algumas das mais importantes variáveis ambientais abióticas para os grupos das samambaias e licófitas foram discutidas neste texto. Porém, muitos são os atributos abióticos que podem influenciar a dinâmica biológica e o padrão de diversidade dos grupos das samambaias e licófitas. Esses atributos podem atuar em conjunto e exercerem influências uns sobre os outros, possibilitando o desenvolvimento de pesquisas com diferentes abordagens. Diante disso, a seguir serão comentados trabalhos que trazem análises com fatores abióticos importantes para esses grupos de plantas, muitos ainda não discutidos, como os tipos florestais e os gradientes altitudinais.

Kessler (2001) avaliou a magnitude e a distribuição da riqueza de espécies de samambaias e licófitas ao longo de um gradiente de altitude em Floresta Montana Úmida dos Andes na Bolívia. A análise de correlação de riqueza de espécies para 14 parâmetros ambientais (entre eles temperatura, precipitação, altitude, área e cobertura de briófitas) revelou uma correlação altamente positiva dessa variável biológica com a precipitação média anual e a cobertura briófitas em galhos de árvores (um método de medida para umidade). O autor afirmou que apesar da falta de dados sobre as comunidades samambaias e licófitas em grande parte dos Andes bolivianos, a diversidade desses grupos pode ser protegida através da prioridade de conservação em áreas mais úmidas das florestas andinas.

Também em gradiente altitudinal, Bhattarai et al. (2004) testaram a influência de variáveis climáticas sobre a riqueza de samambaias no Himalaia, Nepal. A variação de altitude existente na região é de 60 a 8000 m, e foi observada maior riqueza de espécie de samambaias na faixa correspondente a 2000 m. O estudo confirmou a importância da umidade para a riqueza de espécies ao longo do gradiente de altitudinal, tendo o potencial de evapotranspiração um papel importante nas regiões mais altas.

Kluge & Kessler (2007) compilaram dados de distribuição de 477 espécies de samambaias e licófitas ocorrentes ao longo de um gradiente de altitude em florestas tropicais da Costa Rica. Os autores analisaram os padrões morfológicos das assembleias de espécies e os relacionaram aos fatores ambientais predominantes na região. Sugeriram que em altitudes elevadas os altos valores de espessura laminar, combinados com limitada dissecação, são estratégias defensivas contra extremos climáticos. Ainda, a alta densidade estomática é relacionada aos locais com baixas concentrações de CO₂, também nas maiores altitudes. Os autores destacaram que os resultados para samambaias e licófitas corroboraram os relatados para as angiospermas, no que diz respeito às funções dos caracteres morfológicos. Assim, concluíram que as correlações

entre as características morfológicas e os determinantes ambientais, entre grupos de plantas de diferentes linhagens, aumentam a plausibilidade das funções atribuídas a tais caracteres. No entanto, para as samambaias e licófitas ainda são necessários mais estudos, abordando tipos de vegetação por inteiro, ao longo de gradientes ambientais.

Saiz & Lobo (2008) usaram a topografia, o clima, a geologia, a diversidade ambiental, o uso da terra e variáveis espaciais para explicar a variação no número de espécies de samambaias e licófitas na Península Ibérica. Constataram que, entre as áreas estudadas, a riqueza de espécies é positivamente correlacionada com a faixa altitudinal (inclusive altitude máxima), precipitação e áreas com solos ricos em silício. Entretanto, destacaram que algumas das regiões estudadas, as localizadas na costa, são mal explicadas pelo modelo aplicado, exibindo correlação negativa com os fatores causais selecionados e sugeriram que esse fato pode ser explicado pelos efeitos históricos persistentes, que podem desempenhar um papel na determinação das assembleias locais de espécies nessas regiões.

Hernández et al. (2013) utilizaram uma área de vegetação mista influenciada por altitude, no México, para avaliar o papel do gradiente altitudinal sobre a riqueza de samambaias e licófitas. A região, coberta principalmente com vegetação xerófila, apresenta uma paisagem acidentada com áreas úmidas nas maiores altitudes. Entre o gradiente ambiental foi verificado que a riqueza de espécies de samambaias e licófitas foi positivamente correlacionada com elevação devido à maior disponibilidade de água e temperatura mais baixa. A taxa de substituição de espécies entre locais foi alta, indicando que ambos os grupos crescem em diferentes associações ao longo do gradiente de altitude. Os autores ressaltaram que tais associações podem ser consideradas como indicadores de variação ambiental (principalmente temperatura e umidade) e/ou tipos de vegetação na área estudada.

Krömer et al. (2013) estudaram os efeitos da altitude e do clima sobre seis grupos de plantas herbáceas, Araceae, Bromeliaceae, Orchidaceae, Piperaceae, samambaias e licófitas, em Florestas Tropicais Montanas no México. Foram avaliados os efeitos de temperatura, precipitação, umidade do ar e área das faixas altitudinais sobre a diversidade dos grupos. Juntas, as samambaias e licófitas formaram o maior número de espécies, com as maiores riquezas observadas nas médias latitudes, o que refletiu um padrão do tipo “hump-shaped” (parábola com concavidade para baixo). Além disso, os autores utilizaram a cobertura de briófitas como uma variável de medida

indireta da umidade e verificam que as samambaias apresentavam uma correlação positiva com esta variável.

Passando agora para uma abordagem que diz respeito à influência do tipo de vegetação, Beukema & van Noordwijk (2004) compararam a riqueza de samambaias e licófitas entre diferentes tipos florestais: floresta primária, agroflorestas com seringueira, *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg., e monoculturas de seringueira. O estudo foi desenvolvido em Jambi, na Sumatra. Os autores não encontraram diferenças entre o número de espécies nas parcelas nos três tipos de floresta. No entanto, a análise de composição das espécies por tipo florestal mostrou que as áreas de floresta primária possuem maior número de espécies ambientalmente exigentes, as agroflorestas apresentam números intermediários de exigentes e generalistas e as áreas de monocultura mostraram-se capazes de abrigar o maior número de espécies generalistas. O estudo mostra que espécies de samambaias terrestres podem servir como indicadores de perturbação ou de qualidade florestal, e que a riqueza de espécies sozinha, sem um conhecimento ecológico a priori das espécies envolvidas, não fornece esta informação de qualidade de habitats. Por fim, os autores destacam a importância da priorização de conservação de remanescentes de florestais primárias.

As estreitas relações que as samambaias e licófitas apresentam com o meio abiótico fazem dessas plantas importantes indicadores ambientais e elas têm sido utilizadas por alguns estudos para identificar qualidade ambiental, grau de preservação de ecossistemas, condições de solo, climáticas e topográficas e a presença de outros grupos de plantas (Kessler 2001; Salovaara et al. 2004; Ferrer-Castan & Vetaas 2005; Karst et al. 2005; Bickford & Laffan 2006; Cárdenas et al. 2007; Arcand & Ranker 2008). Por exemplo, Oldekop et al. (2012) avaliaram a coocorrência de espécies comuns e raras de táxons considerados bioindicadores (samambaias epífitas, sapos de serrapilheira e besouros) ao longo de um gradiente de perturbação antrópica na Amazônia equatorial. Os resultados mostraram que a riqueza de espécies varia com o gradiente de perturbação, mas foram observadas variações nas respostas entre os táxons e entre as espécies raras e comuns. Os autores ressaltaram que, embora as relações de respostas de coocorrência tenham sido complexas, espécies ou táxons podem atuar como confiáveis indicadores, contanto que as relações entre cada um deles sejam bem estabelecidas.

A área, assim como para muitos outros organismos, também é um fator bastante documentado como determinante para a riqueza e a composição de samambaias e

licófitas. De acordo com a Teoria de Biogeografia de Ilhas, o número de espécies de uma área é influenciado pelo equilíbrio entre as taxas de colonização e extinção; áreas grandes são capazes de sustentar maiores populações, o que diminui a probabilidade de extinção de espécies, mantendo maior riqueza (MacArthur & Wilson 1967). Por outro lado, pequenos habitats podem resultar em significativas taxas de extinção de espécies, uma vez que abrigam pequenas populações que são vulneráveis às mudanças do ambiente, à demografia e à estocacidade genética (Hobbs & Yates 2003; Matthies et al. 2004). Além disso, a área é diretamente proporcional à heterogeneidade ambiental, que é positivamente relacionada à variedade de habitats responsável pela maior coexistência de espécies (Williams 1964; Connor & McCoy 1979).

Cagnolo et al. (2006) analisaram os efeitos da fragmentação de habitats na riqueza de espécies vegetais (samambaias, ervas, arbustos, trepadeiras e árvores) em remanescentes do Chaco Serrano, na Argentina. Eles avaliaram a importância da área do fragmento, do isolamento e da formação de borda. Verificaram que a área do fragmento foi o fator com maior determinação para a riqueza de espécies, principalmente as raras, indicando que a preservação de maiores áreas é importante na manutenção de espécies com baixa abundância. Já em relação aos efeitos de borda, perceberam que espécies nativas e arbustivas são mais susceptíveis na borda, apresentando menor polinização e maior frequência de espécies exóticas.

Paciencia & Prado (2004), através do método de transectos, estudaram florestas contínuas e pequenos fragmentos na região de Una, Bahia, para verificar como variam a riqueza e abundância das samambaias quando se comparam áreas de interiores e bordas dos fragmentos. Eles não encontraram diferenças nas riquezas e abundâncias das samambaias entre as matas contínuas e os fragmentos pequenos. Porém, notaram que o efeito de borda causa diminuição na riqueza de espécies desse grupo e o aumento de áreas de borda pode extinguir espécies florestais da região. Já em relação à abundância das espécies, não existiu diferença entre os dois ambientes (interior e borda).

Já Murakami et al. (2005), ao estudar em diversos fragmentos florestais da cidade de Kyoto, Japão, verificaram a existência de correlação positiva entre a diversidade de samambaias e o tamanho do fragmento. Verificaram que a diversidade correlaciona-se, também, com o grau de isolamento dos fragmentos em relação às florestas montanas da região, onde manchas florestais mais próximas das vegetações montanhosas apresentavam maiores números de espécies.

Barros et al. (2006), ao estudarem 12 fragmentos florestais de tamanhos e estágios de conservação diferentes, observaram a existência de correlação entre a riqueza de espécies de samambaias dos fragmentos e o tamanho dos fragmentos. Verificaram ainda, que na área estudada predominaram as espécies de interior de floresta. O estudo foi realizado no Centro de Endemismo Pernambuco, com fragmentos pertencentes a áreas de Pernambuco e Alagoas.

Finalmente, fatores históricos, como proximidades aos refúgios do Pleistoceno, por exemplo, também têm sido apontados para explicar o número de espécies em determinadas regiões. Lwanga et al. (1998) analisaram a influência de fatores físico-ambientais, além da proximidade a áreas de refúgios, sobre a riqueza de samambaias em Uganda, na África. Os autores testaram 14 atributos abióticos (entre eles área, precipitação anual média, média de duração da estação seca, número de tipos florestais, fertilidade do solo) e verificaram que 75% da variação na riqueza do grupo poderia ser prevista pela fertilidade do solo e pela distância do refúgio do Pleistoceno. Entretanto, os autores ressaltaram que a grande influência do solo nos resultados está associada à autocorrelação dessa variável com os índices de chuva.

Similarmente, Aldasoro et al. (2004) avaliaram os fatores determinantes na composição e riqueza de samambaias e licófitas na África Sub-Saariana, Madagascar e algumas ilhas do Atlântico Sul e encontraram que área, altitude e distância de refúgios dirigem o padrão de composição das espécies nessas regiões. Já para a riqueza, os fatores determinantes foram as grandes áreas associadas às elevadas altitudes e a umidade. Os autores concluíram que os refúgios exercem grande influência sobre a flora de samambaias e licófitas das três regiões, e que provavelmente muitas espécies foram capazes de recolonizar áreas vizinhas após as extinções do Pleistoceno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldasoro, J.J.; Cabezas, F. & Aedo, C. 2004. Diversity and distribution of ferns in Sub-Saharan Africa, Madagascar and some islands of the South Atlantic. *Journal of Biogeography*, 31(10): 1579–1604.
- Andrade-Lima, D. 1960. Estudos fitogeográficos de Pernambuco. *Arquivos do IPA* 5: 305-341.
- Andrade-Lima, D. 1966. *Atlas geográfico do Brasil*. Rio de Janeiro, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

- Andrade-Lima, D. 1970. Recursos vegetais de Pernambuco. *Boletim Técnico do Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco* 41: 1-32.
- Andrade-Lima, D. 1982. Present day forest refuges in northeastern Brazil. In: Prance G.T. Prance (ed.). *Biological diversification in the tropics*. Columbia University Press, New York. Pp. 245–254.
- Arcand, N.N. & Ranker, T.A. 2008. Conservation biology. In: Ranker T.A. & Haufler C.H. (eds.). *Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. Pp. 257-283.
- Barrington, D.S. 1993. Ecological and historical factors in fern biogeography. *Journal of Biogeography* 20: 275–280.
- Barros, I.C.L.; Santiago, A.C.P.; Pereira, A.F.N. & Pietrobon, M.R. 2006. Pteridófitas. In: Pôrto K.C.; Almeida-Cortez J.S. & Tabarelli M. (eds.). *Diversidade Biológica e Conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Pp 148-171.
- Barros, S.C.A. 2013. *Similaridade e composição das samambaias e licófitas em fragmentos de Floresta Atlântica no Nordeste do Brasil*. Dissertação de Mestrado. João Pessoa: Universidade Estadual da Paraíba.
- Beukema, H. & van Noordwijk, M. 2004. Terrestrial pteridophytes as indicators of a forest-like environment in rubber production systems in the lowlands of Jambi, Sumatra. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 104(1): 63–73.
- Bhattarai, K.R. & Vetaas, O.R. 2003. Variation in plant species richness of different lifeforms along a subtropical elevation gradient in the Himalayas, east Nepal. *Global Ecology and Biogeography* 12: 327-430.
- Bhattarai, K.R.; Vetaas, O.R. & Grytnes, J.A. 2004. Fern species richness along a central Himalayan elevational gradient, Nepal. *Journal of Biogeography* 31: 389-400.
- Bickford, S.A. & Laffan, S.W. 2006. Multi-extent analysis of the relationship between pteridophyte species richness and climate. *Global Ecology and Biogeography* 15: 588-601.
- Brade, A.C. 1940. Contribuição para o estudo da Flora Pteridofítica da Serra do Baturité, estado de Ceará. *Rodriguésia*, 4(13): 289-314.
- Braga, N.M.P. 2010. *Florística e aspectos ecológicos das pteridófitas em remanescente de Floresta Atlântica no estado da Paraíba (Mata de Goiamunduba, município de*

Bananeiras). Trabalho de Conclusão de Curso. João Pessoa: Universidade Estadual da Paraíba.

- Cagnolo, L.; Cabido, M. & Valladares, G. 2006. Plant species richness in the Chaco Serrano woodland from central Argentina: ecological traits and habitat fragmentation effects. *Biological Conservation* 132: 510-519.
- Cárdenas, G.G.; Halme, J.K. & Tuomisto, H. 2007. Riqueza y distribución ecológica de especies de Pteridofitas en la zona del Río Yavarí-Mirín, Amazonía Peruana. *Biotropica* 39: 637-646.
- Conde, R.B. (1999) *Pteridófitas de Aratanha – Pacatuba (Ceará – Brasil)*. Trabalho de Conclusão de Curso. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará.
- Connor, E.F. & McCoy, E.D. 1979. The statistics of the species–area relationship. *American Naturalist* 113: 791-833.
- Ferrer-Castán, D. & Vetaas, O.R. 2005. Pteridophyte richness, climate and topography in the Iberian Peninsula: comparing spatial and non spatial models of richness patterns. *Global Ecology and Biogeography* 14: 155-165.
- Guo, Q.F.; Kato, M. & Ricklefs, R.E. 2003. Life history, diversity and distribution: a study of Japanese pteridophytes. *Ecography* 26: 129–138.
- Hernández, A.L.C.; Sánchez-González, A. & Tejero-Díez, J.D. 2013. Pteridophytes of a Semiarid Natural Protected Area in Central Mexico. *Natural Areas Journal* 33(2): 177-188.
- Hobbs, R.J. & Yates, C.J. 2003. Impacts of ecosystem fragmentation on plant populations: generalising the idiosyncratic. *Australian Journal of Botany* 51: 471-488.
- Karst, J.; Gilbert, B. & Lechowicz, M.J. 2005. Fern community assembly: the roles of chance and the environment at local and intermediate scales. *Ecology* 86: 2473-2486.
- Kessler, M. 2001. Pteridophyte species richness in Andean forests in Bolivia. *Biodiversity and Conservation* 10: 1473-1495.
- Kluge, J. & Kessler, M. 2007. Morphological characteristics of fern assemblages along an elevational gradient: patterns and causes. *Ecotropica* 13: 27-43.
- Krömer, T.; Acebey, A.; Kluge, J. & Kessler, M. 2013. Effects of altitude and climate in determining elevational plant species richness patterns: A case study from Los Tuxtlas, Mexico. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 208(3): 197-210.

- Lehmann, A.; Overton, J.M. & Leathwick, J.R. 2002. GRASP: generalized regression analysis and spatial prediction. *Ecological Modelling* 157(2-3): 189-207.
- Lira, F. 2004. *Análise florística e ecológica das pteridófitas de fragmentos florestais serranos (Bonito-Pernambuco-Brasil)*. Trabalho de Conclusão de Curso. Recife: Universidade Federal de Pernambuco.
- Lopes, M.S. 2000. *Aspectos sistemáticos e ecológicos da pteridoflora serrana de Maranguape e Aratânia, com ênfase às espécies atlânticas e amazônicas*. Trabalho de Conclusão de Curso. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará.
- Lopes, M.S. 2003. *Florística, Aspectos Ecológicos e distribuição Altitudinal das Pteridófitas em Remanescentes de Florestas Atlânticas no estado de Pernambuco, Brasil*. Dissertação de Mestrado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco.
- Luna, C.P.L. 2003. *Flora pteridofítica de fragmento de Floresta Serrana (Rancho Eldorado, Município de Bonito – Pernambuco – Brasil)*. Dissertação de Mestrado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco.
- Lwanga, J.S.; Balmford, A. & Badaza, R. 1998. Assessing fern diversity: relative species richness and its environmental correlates in Uganda. *Biodiversity and Conservation* 7: 1387–1398.
- MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Márquez, A.L.; Real, R. & Vargas, J.M. 2001. Methods for comparison of biotic regionalizations: the case of pteridophytes in the Iberian Peninsula. *Ecography* 24: 659-670.
- Matthies, D.; Bräuer, I.; Maibom, W. & Tschardt, T. 2004. Population size and the risk of extinction: empirical evidence from rare plants. *Oikos* 105: 481-488.
- McKane, R.B.; Johnson, L.C.; Shaver, G.R.; Nadelhoffer, K.J.; Rastetter, E.B.; Fry, B.; Giblin, A.E.; Kielland, K.; Kwiatkowski, B.L.; Laundre, J.A. & Murray, G. 2002. Resource-based niches provide a basis for plant species diversity and dominance in arctic tundra. *Nature* 415: 68-71.
- Moran, R.C. 2002. Tropical diversity. *Fiddlehead Forum* 29: 14-15.
- Moran, R.C. 2008. Diversity, biogeography and floristic. In: Ranker T.A. & Haufler C.H. (eds). *Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes*. Cambridge, Cambridge University Press. Pp. 367-394.

- Murakami, K.; Maenaka, H. & Morimoto, Y. 2005. Factors influencing species diversity of forest patches in the Kyoto city area. *Landscape and Urban Planning*, 70: 221-229.
- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.A.B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Oldekop, A.J.; Bebbington, A.J.; Truelove, N.K.; Tysklind, N.; Villamarín, S. & Preziosi, R.F. 2012. Co-occurrence patterns of common and rare leaf-litter frogs, epiphytic ferns and dung beetles across a gradient of human disturbance. *Plos One* 7(6): e38922.
- Paciencia, M.L.B. & Prado, J. 2004. Efeitos de borda sobre a comunidade de pteridófitas na Mata Atlântica da região de Una, sul da Bahia, Brasil. *Brazilian Journal of Botany* 27: 641-653.
- Page, C.N. 1979. The diversity of ferns: an ecological perspective. In: Dyer A.F. (ed.). *The experimental biology of ferns*. Academic Press, London. Pp. 9-56.
- Page, C.N. 2002. Ecological strategies in fern evolution: a neopteridological overview. *Review of Paleobotany and Palynology* 119: 1-33.
- Parris, B.S. 1985. Ecological aspects of distribution and speciation in old world tropical ferns. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh Serie B* 86: 341-346.
- Paula, E.L. 1993. *Pteridófitas da Serra do Baturité-Ceará*. Dissertação de Mestrado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco.
- Paula-Zárate, E.L. 2004. *Florística e fitogeografia das pteridófitas do estado do Ceará, Brasil*. Tese de Doutorado. São Paulo: Instituto de Botânica de São Paulo.
- Pietrobon, M.R. & Barros, I.C.L. 2003. Pteridófitas de um fragmento florestal na Serra do Mascarenhas, estado de Pernambuco, Brasil. *Insula* 32: 73-118.
- Pontual, I.B. 1969. *Pteridófitas de Pernambuco*. Goiânia: Anais do XX Congresso Nacional de Botânica. Pp. 185-192.
- Potts, M.D.; Davies, S.J.; Bossert, W.H.; Tan, S. & Supardi, M.N.N. 2004. Habitat heterogeneity and niche structure of trees in two tropical rain forests. *Oecologia* 139: 446-453.
- Prado, J. & Sylvestre, L.S. 2010. Samambaias e licófitas. In: Forzza, R.C. et al. (eds.). *Catálogo de plantas e fungos do Brasil*. Vol. 1. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Pp. 522-567.

- Richard M.; Bernard T. & Bell G. 2000. Environmental heterogeneity and the spatial structure of fern species diversity in one hectare of old-growth forest. *Ecography* 23: 231-245.
- Saiz, J.C.M. & Lobo, J.M. 2007. Iberian–Balearic fern regions and their explanatory variables. *Plant Ecology* 198(2): 149-167.
- Salovaara, J.K.; G.G. Cárdenas & H. Tuomisto. 2004. Forest classification in an Amazonian rainforest landscape using pteridophytes as indicator species. *Ecography* 27: 689-700.
- Santiago, A.C.P. 2006. Pteridófitas da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco: Florística, Biogeografia e Conservação. Tese de Doutorado. Departamento de Botânica. Universidade Federal de Pernambuco. Recife.
- Santiago, A.C.P.; Barros, I.C. L. & Sylvestre, L.S. 2004. Pteridófitas ocorrentes em três fragmentos florestais de um brejo de altitude (Bonito, Pernambuco, Brasil). *Acta Botanica Brasilica* 18(4): 781-792.
- Santos, K.M.R. & Barros, I.C.L. 1999. Pteridófitas das Matas do Bituri Grande, Município de Brejo da Madre de deus, estado de Pernambuco, Brasil. *Memórias da Sociedade Broteriana* 40(1): 1-140.
- Sharma, B.D. 1988. Tracheary elements in pteridophytes. *Bionature* 8: 113-134.
- Silvertown, J.; Dodd, M.E.; Gowing, D.J.G. & Mountford, J.O. 1999. Hydrologically defined niches reveal a basis for species richness in plant communities. *Nature* 400: 61-63.
- Smith, A.R. 1972. Comparison of fern and flowering plant distribution with some evolutionary interpretation for ferns. *Biotropica* 4: 4-9.
- Tryon, R.M. 1972. Endemic areas and geographic speciation in tropical American ferns. *Biotropica* 4(3): 121-131.
- Tuomisto, H. & Poulsen, A.D. 2000. Pteridophyte diversity and species composition in four Amazonian rain forests. *Journal of Vegetation Science* 11: 383-396.
- Tuomisto, H.; Ruokolainen, K. & Yli-Halla, M. 2003. Dispersal, environment and floristic variation of western Amazon forests. *Science* 299: 241-244.
- Whittaker, R.H. 1967. Gradient analysis of vegetation. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 42: 207-264.
- Williams, C.B. 1964. *Patterns in the balance of nature*. New York: New York Academic Press.

- Windisch, P.G. 1992. *Pteridófitas da Região norte ocidental do Estado de São Paulo (Guia para estudos e excursões)*. 2ªed. Unesp, São José do Rio Preto, São Paulo.
- Xavier, S.R. & Barros, I.C.L. (2005) Pteridoflora e seus aspectos ecológicos ocorrentes no Parque Ecológico João Vasconcelos Sobrinho, Caruaru, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* 9(4): 777-781.
- Xavier, S.R. & Barros, I.C L. 2003. Pteridófitas ocorrentes em fragmentos de Floresta Serrana no estado de Pernambuco, Brasil. *Rodriguésia* 54(83): 13-21.

Manuscrito I

Patterns of composition and species richness of seedless vascular-plant in montane rainforests of the Northeast of Brazil: assessing the regional environmental gradient

Artigo a ser enviado à Revista

Journal of Biogeography

Patterns of composition and species richness of seedless vascular-plant in montane rainforests of the Northeast of Brazil: assessing the regional environmental gradient

Ivo Abraão Araújo da Silva

Abstract

Aim To investigate which environmental variables most contribute to shaping the pattern of species diversity and composition of seedless vascular-plant in the rain montane forests.

Location Northeast Brazil, South America.

Methods We analysed the variation of the richness and composition of seedless vascular-plants (terrestrials and epiphytes) related to environmental attributes in 28 forest fragments. For richness a multiple regression using continuous variables was carried out. The residuals of this regression were evaluated with a Two-Way ANOVA for categorical variables. A canonical correspondence analysis (CCA) was used to examine the relationship between composition and continuous environmental variables and the resulting scores of the CCA were evaluated with Two-Way ANOVA for categorical variables.

Results Were found 273 seedless vascular-plant species (244 ferns and 29 lycophytes). The total number of species and the number of terrestrial species were correlated with fragment size and their precipitation seasonality and forest type. The richness of epiphytes was only influenced by these two first variables. The composition (general, terrestrial and epiphyte) was correlated with fragment size, forest type and variables related to temperature and precipitation. There was a significant correlation between environmental conditions with geographic distance ($r = 0.72$). But geographic distance showed weak effect on the similarity of floristic composition ($R^2 = 0.09$). The compositions are highly complementary since only five species were recorded in more than twenty study sites

Main conclusions The interaction between climatic factors, forest type and fragment size seem to be determinant to microclimatic conditions of the studies sites. The low similarity in species composition between sites, even among fragments able to support high richness, emphasizes the fact that the role of the environment is probably more

restrictive than any dispersion processes or random fluctuations due to chance, indicating a consistent role for environmental determinism of seedless vascular-plant distributions across spatial scales.

Keywords

Ferns and licophytes, Tropical rain forest, plant ecology, species-area relationship, climatic variables, habitat diversity.

Introduction

Many different, and often related, explanatory variables account for the variation in species richness or floristic composition (Ricklefs & Schluter, 1993; Whittaker *et al.*, 2001; Hawkins *et al.*, 2003; Lomolino *et al.*, 2005; Grytnes & McCain, 2007; McCain, 2009). According to Rahbek & Graves (2001), over 100 different hypotheses have been put forward to explain the variety of patterns of richness and composition of biological communities. However, the hypotheses currently considered may be grouped around six partly interlinked aspects: area, climatic variables, energy availability and ecosystem productivity, historical and evolutionary processes, randomness and neutral theories, and population-level processes such as source-sink and mass effects (Kessler, 2009).

Several studies have focused on the relative importance of the abiotic environment and dispersal in affecting the distributions of plant species (e.g. Hubbell & Foster, 1986; Bell, 2001; Chave *et al.*, 2002; Tuomisto *et al.*, 2003; Gilbert & Lechowicz, 2004; Mota de Oliveira *et al.*, 2009; Mota de Oliveira, 2010). Statistical models that contrast environmental determinism and dispersal hypotheses, have shown that the environment appears to be more important than dispersal at large spatial scales (Tuomisto *et al.*, 2003; Mota de Oliveira *et al.*, 2009; Mota de Oliveira, 2010). This approach has drawn ecologists to investigate patterns of species response to environmental gradients, especially of animals and woody plants and bryophytes (e.g. Bennett, 2004; Wittmann *et al.*, 2006; Werner *et al.*, 2007; Mota de Oliveira *et al.*, 2009; Mota de Oliveira, 2010; Toledo *et al.*, 2011; Gibson & Köhler, 2012).

By contrast, few studies have examined seedless vascular-plant with this approach, and most of them have considered richness and composition variation in elevational gradients (e.g. Bhattarai *et al.*, 2004; Watkins *et al.*, 2006; Kluge & Kessler, 2006; McCain, 2009; Kessler *et al.*, 2011; Krömer *et al.*, 2013). According to Kamau

(2012), seedless vascular-plant form a group inadequately understood and their contribution towards the understanding of ecological processes is rudimentary. The highest diversity of seedless vascular-plant occurs in tropical rain forests, where approximately 65% of the extant this group species are found, a fact that might be related to the importance of moisture or rainfall in these regions, a necessary resource for their life history (Page, 1979; Parris, 1985).

Seedless vascular-plant (Ferns and lycophytes), despite their paraphyletic origin, share similar ecology and evolutionary history, being characterized as highly dependents of environmental conditions mainly due to the physiological requirements of the free-living gametophytic phase, their low rate of photosynthesis, and water transport and storage in the sporophyte phase (Márquez *et al.*, 2001; Guo *et al.*, 2003; Watkins *et al.*, 2007; Hietz, 2010).

Approximately 350 species of seedless vascular-plant are cited for the Northeast Brazil, more than 80% of them in montane forests of Paraíba, Pernambuco and Ceará (Barros, 2006). Similarly to some tropical forests in Africa (Lwanga *et al.*, 1998; Roux, 2009), the majority of montane forest of the Northeast Brazil are thought to be disjunctions of the tropical rainforests, originated during the dry (glacial) periods of the Pleistocene, when the humid forest was replaced by xerophytic vegetation, except in regions of higher altitudes (Andrade-Lima, 1960, 1966, 1970; Andrade & Lins, 1964; Coimbra-Filho & Câmara, 1996; Bigarella *et al.*, 1975; Prance, 1982).

Thus, the montane forests located in the Northeast Brazil make up a large landscape of “islands” of humid vegetation, being the forest humid enclaves separated from each other by Caatinga (xerophytic vegetation). This scenario allows the testing of correlations between richness, the environment, and the spatial proximity of other forest islands (Duivenvoorden *et al.*, 2002; Gilbert & Lechowicz, 2004). The environmental heterogeneity existing among these montane forests, caused by abiotic variations in habitats occupied by the species, may be decisive to the turnover of species between forest fragments, driving richness and composition patterns.

Seedless vascular-plants serve as a good model for investigating the influence of the abiotic environment on species richness and distribution patterns. Their general lack of co-evolved relationships with pollen or seed vectors suggests that seedless vascular-plant biogeography may be straightforwardly linked to abiotic factors (Barrington, 1993; Karst *et al.*, 2005; Cárdenas *et al.*, 2007). Additionally, their high species

richness, their comparatively well-known taxonomy, their small size and certain physiological adaptations also make these two groups good biogeographic investigative tools (Barrington, 1993; Kornas, 1993). As well as the dispersal by means of small spores, which allows them the establishment of new populations in distant localities (Tryon, 1970; Smith, 1972; Kramer, 1993).

In this study, we investigated which environmental variables most contribute to shaping the pattern of species diversity and composition of seedless vascular-plant in the montane forests of Northeast Brazil, and we also asked whether dispersal processes leave a signal in species composition of the different montane forests that is related to the distance between them. It is expected that species richness and composition show strong relation to species-area relationship and climatic variables (e.g. precipitation) regardless of the geographic distance.

Methods

Study area

The study sites correspond to 28 Tropical Rain Montane Forest fragments (up 600 m altitude) in Northeast Brazil (Table 1). These forests fragments belong to what is called the “Pernambuco Endemism Center” which encompasses all tropical rain forests located north of the São Francisco River, between Rio Grande do Norte and Alagoas, plus the enclaves of Ceará (Sensu Prance, 1982, 1987) (Figure 1). The Pernambuco Endemism Center includes lowland (0-100 m), submontane (100-600 m) and montane (600-2000 m) forests divided into three types: Dense Rain Forest, Open Rain Forest e Seasonal Semideciduous Forest (Velooso *et al.*, 1991).

Of the 28 selected fragments, 25 are forest enclaves located in the west of the Northeast Brazil, surrounded by the semi-arid biome which is predominantly covered by scrub vegetation as well as by tropical dry forests, the “Caatinga”. The Caatinga forest enclaves are called "Brejos Nordestinos" and make up a collection of small-to-medium patches of Tropical Rain Forest that cover the slopes of some isolated within the large Caatinga depression (Santos *et al.*, 2007) with altitude ranging from 600 to 1100 m, and because of this receive rainfall of more than 1200 mm year⁻¹ (Tabarelli & Santos, 2004).

The study sites are distributed over an area of approximately 280.000 km² in three states of the Northeast Brazil: Ceará (4), Paraíba (2) and Pernambuco (22) (Figure 1).

Data set

Species composition of the forest fragments was obtained from published literature, unpublished databases formed between 1997 and 2003 in the Pteridophytes Laboratory of the Universidade Federal de Pernambuco (Recife, Brazil) and new floristic surveys carried out by the author. In addition, we have studied collections of several herbaria in Pernambuco and Paraíba States notably PEUFR, UFP, IPA, EAN and JPB (Thiers, 2012), in order to record and identify material. The data set comprised a matrix of presence and absence of species per study site, which is the basis of biological data of this research.

In order to standardize sampling effort, the new floristic surveys followed the same methodology used in the old surveys, from which data were compiled (except for the three fragments in Ceará, taken into account in our discussion). The methodology consisted of three excursions of six days each to each site studied. The floristic survey was carried out on foot and priority was given to the habitats where seedless vascular-plants are most representatives (Ambrósio & Barros, 1997). For the epiphytes, only those species that could be identified and collected without climbing were considered in this study. Thus, included in the floristic survey species were those found on trunks or fallen trees and those that were visible up to a height of 6 m. Specimens were collected and prepared using the standard techniques for vascular plants (Mori *et al.*, 1989). Voucher specimens were deposited at UFP Herbarium (Thiers, 2012).

The specimens were identified in accordance with a specialized bibliography for each family. The classification system adopted followed Smith *et al.* (2006, 2008), with modifications by Rothfels *et al.* (2012) for the treatment of family Athyriaceae, and by Moran *et al.* (2010), for the genus *Mickelia*. The species of the genus *Pleopeltis* were named according to Prado & Sylvestre (2012). The authors' names were abbreviated according to the International Plant Names Index (IPNI) available at www.ipni.org.

Physical data gathered for the sites included:

- Geographical location (longitude, latitude, altitude and geographical distance between all the areas) and area of each site, calculated with ArcView 3.2a (ESRI, 2001) and LANDSAT ETM+ 2000 satellite images of 30-m resolution;
- Climatic variables: Annual mean temperature, Annual precipitation, Isothermality, Mean temperature of driest quarter, Mean temperature of wettest quarter, Precipitation of driest quarter, Precipitation of wettest quarter, Precipitation seasonality and Temperature seasonality;
- Forest type and soil type.

The basis of climate data was obtained from BIOCLIM (Global Climate Data; available at <http://www.worldclim.org/bioclim>). BIOCLIM is a correlative modeling tool that interpolates up to 35 climatic parameters for any location for which latitude, longitude, and elevation are known (for a full description of BIOCLIM, see Nix, 1986; Houlder *et al.*, 2001). Among the main climatic parameters provided by BIOCLIM, were selected the most important for the group of seedless vascular-plant cited in literature. Autocorrelation among them was tested in order to avoid redundant analysis variables.

The forest type assigned for each study site followed the IBGE (2012). The categories of forest types considered in this study are as follows: Type 1, “Open Montane Rain Forest (A)”; type 2, “Seasonal Montane Semideciduous Forest (F)”; type 3, “Open Montane Rain Forest (A) + Seasonal Montane Semideciduous Forest (F)”; type 4, “Seasonal Montane Semideciduous Forest (F) + Ecotone Area (TE)”; and type 5, “Ecotone Area (TE)”. “Ecotone Area” is considered a mixel vegetation of Savana and Seasonal Semideciduous Forest. Since Open Montane Rain Forest canopies are denser than those of Floresta Estacional Semidecidual Montana that, in turn, are denser than those of Área de Tensão Ecológica, in this study the following humidity gradient was considered: type 1 > type 3 > type 2 > type 4 > type 5.

Soil types followed the classification of EMBRAPA, available in <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos>. The categories of soil types considered in this study are as follows: Type 1, “Red Yellow Argisol (PVA)”; type 2, “Yellow Latosol (LA)”; type 3, “Red Yellow Argisol (PVA) + Yellow Latosol (LA)”; type 4, “Quartzarenic Neosol (RQo) + Litholic Neosol (RL) + Yellow Latosol (LA)”; and type 5, “Litholic Neosol (RL) + Yellow Latosol (LA)”. Geographical distances between all

pairs of sites were calculated using geographical coordinates to generate a distance matrix in the PC-ORD 6 program (McCune & Mefford, 2010).

Data analysis

Species richness and composition were analysed according to 13 explanatory environmental variables, being twelve continuous independent variables (Size, Altitude, Annual mean temperature, Annual precipitation, Isothermality, Mean temperature of driest quarter, Mean temperature of wettest quarter, Precipitation of driest quarter, Precipitation of wettest quarter, Precipitation seasonality and Temperature seasonality) and two categorical independent variables (Forest type and Soil type). All analyzes were carried out in three separate steps (both for richness and species composition): all species, terrestrial species, and epiphytes.

For richness analysis, first, a multiple linear regression using the independent continuous variables was carried out. Then, the residuals of this regression were evaluated with a Two-Way ANOVA in order to examine the influence of the categorical variables (forest type and soil type). Both analysis were carried out using Statistica 8.0 program (StatSoft, 2007), after the data were checked for normality (considered significant when $p < 0.05$).

Mantel tests were performed in order to test the relationship between geographic distance and similarity of composition of the study sites by comparing a similarity matrix based on Jaccard's similarity Index (presence or absence of species) with a matrix containing the pair-wise log-distance (Km) between study sites measured from PC-ORD 6 Program (McCune & Mefford, 2010).

A canonical correspondence analysis (CCA) was used to examine the relationship between species composition and environmental variables (ter Braak, 1995; Legendre & Legendre, 1998). CCA is a direct gradient analysis method which forces the ordination axes to be linear functions of the environmental variable reflect the variation of biotic communities (Lepš & Šmilauer, 2003).

Initially, all study sites were used in the ordinations. Examination of the resulting ordination diagrams showed that two sites were as outliers, strongly distorting the ordination. Thus, the outliers were removed from the dataset to allow for a good separation of the other study sites. These outliers correspond to the sites located in Floresta e Taquaritinga do Norte municipalities.

Initially the CCA was performed with all continuous explanatory variables, in the final analysis the environmental variables were reduced to a set of eight variables by removing those variables that were either weakly correlated to the CCA axes or autocorrelated with other variables that demonstrated stronger correlations with the CCA axes. The eight variables in the final analysis were: Size, Altitude, Annual mean temperature, Annual precipitation, Mean temperature of driest quarter, Precipitation of driest quarter, Precipitation seasonality and Temperature seasonality.

Monte Carlo permutation tests were performed to determine the accuracy of every relationship (999 randomizations) between the two data sets. The relationship between the two data sets was considered significant when $p < 0.01$. The CCA and Monte Carlo permutation tests were carried out in PC-Ord 6 program (McCune & Mefford, 2010). Finally, a Two-Way ANOVA with the resulting scores of the first two CCA axes (as dependent variables) was carried out in order to examine the influence of the categorical variables forest type e soil type on species composition pattern found (Belote *et al.*, 2004).

Results

Taxonomic and spatial richness distribution

In all 28 areas 273 seedless vascular-plant species (244 ferns and 29 lycophytes) were found, representing 70 genera within 25 families (Appendix S1). The families with highest species richness were Pteridaceae (56 species), Polypodiaceae (48 species), Dryopteridaceae (26 species) e Thelypteridaceae (19 species). Of all species found, 62% were terrestrial species, 34% epiphytes and 4% terrestrial and epiphytes.

The number of seedless vascular-plant species per forest fragment varied strongly, from 11 to 140 (Table 2). The number of species restricted to only one site was 98 (36%); occurring in 2 -10 sites were 138 species (50.5%), and only 37 (13.5%) species were recorded in more than 10 sites.

Species richness and environmental correlates

The total number of species and the number of terrestrial species per study area were correlated with size of the forest fragment and their precipitation seasonality and forest type. The richness of epiphytes species was also influenced by the two first variables, but not by forest type (Table 3). Temperature seasonality, altitude and soil

type did not show any significant effect on the species richness (Table 3). Thus, in general, richness of species increased with increasing fragment size and humidity (precipitation seasonality), regardless of their terrestrial or epiphytic habitat (Figure 2). Terrestrial species richness was sign affected by forest type, with the highest values in the most humid forests: Open Montane Rain Forest (type 1) > Open Montane Rain Forest + Seasonal Montane Semideciduous Forest (type 3) > Seasonal Montane Semideciduous Forest (type 2) (Figure 3).

Species composition and environmental correlates

There was a significant correlation between environmental conditions with geographic distance (Mantell test; $r = 0.72$, $P < 0.001$). As expected, this was also reflected in the floristic composition. Floristic similarity (Jaccard) showed a significant negative correlation with geographical distance ($r = 0.304$, $P = 0.005$) (Figure 4). The same result was observed when terrestrial ($r = 0.291$, $P = 0.002$) and epiphytes ($r = 0.308$, $P = 0.014$) species were tested separately.

In the Canonical Correspondence Analysis (CCA), the variables fragment size, temperature seasonality, precipitation seasonality, precipitation of driest quarter, mean temperature of driest quarter, annual mean temperature and altitude explained 25% of the variance in species composition in the axis 1 and axis 2 (Table 4). Annual precipitation variable was not decisive in the pattern obtained. Altitude was the only variable correlated with the third axis ($r = -0.68$).

The pattern obtained in the total species composition analysis was also observed in analyses of terrestrial and epiphytes species alone (Table 4 and Figure 5), where the values of the explained variance were 27% and 26%, respectively. Altitude had no influence on the composition patterns of terrestrial and epiphytes species (was not correlated to any axis).

Precipitation seasonality, temperature seasonality, annual mean temperature, fragment size and mean temperature of driest quarter were correlated to axis 1 (Figure 5). Already the axis 2 separates the study areas to according to fragment size. Correlation values for each explanatory variable can be seen in Table 4.

Of the categorical variables forest type and soil type only the forest type was correlated with the floristic composition gradient (Table 5 and Figure 5).

Discussion

The total of species found in the 28 studies sites (273) was representative for the Northeast Brazil region, because it includes 78% of the seedless vascular-plant species recorded, where according to floristic and taxonomic studies approximately 350 species of seedless vascular-plant occur (Barros *et al.*, 2006). The number of seedless vascular-plants species recorded from various tropical regions indicates that more than 13.000 species occur worldwide, being 3.250 recorded in South America (Moran, 2008) and 1.176 in Brazil (Prado & Sylvestre, 2012).

In relation to most representative families, Pteridaceae, Polypodiaceae, Dryopteridaceae e Thelypteridaceae represented 54% of species in this study, being frequently highlighted in floristic surveys in the northeastern Atlantic Forest, such as those conducted by Salino (1996), Melo & Salino (2002), Pietrobon & Barros (2007), Pereira *et al.* (2007) and Pereira *et al.* (2011). Smith *et al.* (2006) commented that Pteridaceae is of a typically tropical group, whereas Polypodiaceae is defined by Tryon & Tryon (1982) as comprising plants that commonly occur in the neotropics. Both families are adaptively distributed in tropical biomes which display recent geological alterations (Morley, 2000), being considered phylogenetically recent in the evolution of the seedless vascular-plant group (Rothwell & Stockey, 2008). Salino (1996) correlated the species richness of the Thelypteridaceae with the diversity of microhabitats available in the vegetation. The *Thelypteris* species occur in varied environments, from open localities outside forest fragments to marshes and well-shaded areas in the forest interior.

The predominance of terrestrial over epiphytic species is commonly observed in studies of seedless vascular-plant, as reported in other areas of northeastern Atlantic Forest (Barros *et al.*, 2006; Pietrobon & Barros, 2007; Pereira *et al.*, 2007), Andes (Kessler, 2001), México (Williams-Linera *et al.*, 2005) and tropical Africa (Kamau, 2012). Opposed to this general pattern, Watkins *et al.* (2006) found a proportion of 23% and 87% of terrestrial and epiphytes species, respectively, in areas of Costa Rica. In this case, the results were strongly influenced by two peculiarities of the sampling carried out: specific methodology for the sampling of canopy and trunk epiphytes and the random choice of the transect location. Terrestrial seedless vascular-plants are not randomly distributed in the environment, because this is a group that has restricted distribution to preferred habitats and is not dominant in any ecosystem. As shown by

Kessler (2001), there were more terrestrial than epiphytic species in an overall survey, while at randomic plots there were generally more epiphytic taxa, being clear that epiphytic species are more regularly and evenly distributed than terrestrial taxa.

The strong variation in the number of sites occupied per each specie corroborates Kessler (2001), which verified that most of the species were found at few study sites: of 755 species distributed among 65 study sites, 255 species (34%) were recorded at only one study site. In the same work, the number of the species with restricted occurrence to only one site was 119 (16%), lower than the number observed in the current study (98 species - 36%).

The existence of rare and/or localized species seems to be common in the seedless vascular-plant group. In Bolivia, for example, there is difficulty of assessing the total species number of seedless vascular-plant in the Andes due to the fact that the majority of the species are rare and/or localized occurrence (Kessler & Helme, 1999; Kessler, 2001). Parris (1997) found the same pattern, since on Mount Kinabalu, Borneo, where despite the accumulation of over 3500 collections of seedless vascular-plant, 22% of the species remain known from just one collection or one locality.

This high number of species with restricted occurrence is curiously interesting when contrasted with the dispersal ability of most seedless vascular-plant, which small spores are dispersed over large distances (Tryon, 1970, 1972) and should allow them to colonise almost any suitable habitat. Some studies have suggested that the availability of suitable habitats is more important than dispersal for the distribution of seedless vascular-plant, since many taxa have specific ecological requirements (e.g., Guo *et al.*, 2003), whereas others have suggested limited dispersal as limiting in regions where there was no evidence for habitat limitations (e.g., Wild & Gagnon, 2005). Certainly there is no general answer, and the relative roles of habitat suitability and dispersal on the large scale patterns will depend on the taxa, spatial scale, biome, etc. studied.

In our study, fragment size was the best explanatory variable to explain species richness and composition, while variables related to water availability appeared always as second best. Also all models analyses with residuals showed forest type variable as determining to species richness and composition.

A determinant and commonly considered driver of species richness is the area effect (Williams, 1964; MacArthur & Wilson, 1967; Connor & McCoy, 1979; Rosenzweig & Sandlin, 1997; Crawley & Harral, 2001; Whittaker *et al.*, 2001; Karger

et al., 2011). One of the explanations invoked is that area is related to species richness through habitat diversity, larger areas being more diverse because they contain more habitat types (Williams, 1964; Gignac & Dale, 2005). Moreover, larger areas are able to sustain bigger populations reducing the species extinction risk (MacArthur & Wilson, 1967). For seedless vascular-plant, several studies have shown richness increasing with area, both at local (Murakami *et al.*, 2005; Barros *et al.*, 2006; Cagnolo *et al.*, 2006) and regional scale (Aldasoro *et al.*, 2004; Beukema & van Noordwijk, 2004; Krömer *et al.*, 2013).

It was expected a distinct species composition between large and small areas (Aldasoro *et al.*, 2004; Paciencia & Prado, 2005; Pardini *et al.*, 2009). The establishment and persistence of seedless vascular-plant in the natural environment is related to the existence of specific habitats. Larger areas likely encompass a higher proportion of primary and old secondary forests, which are more mature and stable with canopy diversely represented by a range of microsites (Kamau, 2012). Small fragments have a set of habitats distinct from those found in the larger fragments, are easy accessible to the surrounding human population and presents a climatic instability due the influence of edge effects (Laurance, 1991; Primack & Rodrigues, 2001; Tonhasca Jr., 2005).

The interaction between climatic factors, forest type and fragment size seem to be determinant to microclimatic conditions of the studies sites. Although the annual precipitation did not show any influence on floristic similarity, its distribution along the year (a precipitation seasonality) might determine the richness and composition of the seedless vascular-plant communities (Wolf & Flamenco, 2003). Jones *et al.* (2013) reported that dry season length was the best climatic predictor for turnover in seedless vascular-plant species in rainforests in Panamá.

The correlation of species richness and precipitation seasonality found in our study reflected the general relationship of seedless vascular-plant species richness and water availability, frequently reported in literature (Dzwonko & Kornás, 1994; Márquez *et al.*, 1997; Wolf & Flamenco, 2003; Bhattarai *et al.*, 2004; Aldasoro *et al.*, 2004; Kreft *et al.*, 2004; Ferrer-Castán & Vetaas, 2005; Dittrich *et al.*, 2005; Krömer *et al.*, 2005; Saiz & Lobo, 2007; Poltz & Zotz, 2011). Kessler *et al.* (2011) and Krömer *et al.* (2013), for instance showed this relationship by measuring humidity through bryophyte cover and precipitation. It is not surprising that seedless vascular-plant richness is strongly linked to water regime, given the moisture demand of gametophytes to complete

fertilization (Page, 2002) and the simple tracheary elements present in most seedless vascular-plant (Sharma, 1988).

In a local and a regional scale, the humidity influence is reflected through forest type. First, across Pernambuco sites it is possible to notice that there is a forest gradient that goes from less to more humid. Then, in a regional scale, this pattern is maintained, except for areas of the Ceará (5, 6 and 9) that appear more displaced because in these areas there is a mix of seasonal vegetation (occurring in the intermediary altitude bands) and evergreen vegetation (in the higher altitude bands). Nevertheless, studies have been shown that species composition of these areas in Ceará is more related to Amazon Forest than Montane Forest of the Northeast Brazil (Andrade-Lima, 1982; Santos *et al.*, 2007). This fact may be explained by the proximity between Ceará and Amazonia, and by a possible connectivity of these forests during wet phases of the Quaternary (Auler *et al.*, 2004).

The relation between forest structure and microclimate is common in seedless vascular-plant composition analyses, being in many cases suggested that different forest types vary in terms of species richness and composition due to the influence of local factors that determine the microenvironment humidity (Tuomisto & Poulsen, 2000; Barthlott *et al.*, 2001; Wolf & Flamenco, 2003; Kromer *et al.*, 2005; Moorhead *et al.*, 2010; Kamau, 2012; Hernández *et al.*, 2013). For example, Moorhead *et al.* (2010) found that polyculture coffee was more similar to native forest than monoculture, relative to epiphytes composition. For the authors, microclimatic conditions (appropriate humidity conditions and temperature) found in the polyculture sites were responsible for these results, being monoculture areas better represented by drought-tolerant species.

Hernández *et al.* (2013) evaluated the seedless vascular-plant distribution in one region dominated by semiarid climate in Mexico and, with a assembly dominated by terrestrial and rupicolous species, found results that corroborate to current research: maximum values of species richness were closely related to the high humidity found at intermediate and high elevations, except at intermediate elevations with sparse vegetation cover. This is very interesting, since current study was also performed in a semiarid domain where high seedless vascular-plant richness is possible only at greater altitudes.

Kamau (2012), assessed seedless vascular-plant communities in Kakamega and Budongo forests (both in Africa) 72.9% and 64.6% of terrestrial species, respectively, where the absolute value of species richness was highest in primary forest type followed closely by old secondary forest, swamp forest and finally young secondary forest type showed the least species diversity. The authors highlights that primary and old secondary forests are mature and stable with high canopy cover and diverse range of microhabitats and microsites, supporting growth and establishment of high diversity of terrestrial species due to microclimatic conditions. Regarding to epiphytes species, forest type was not a determinant variable where greater richness of epiphytes seedless vascular-plant is explained by amount of rainfall related to high altitudes rather than to canopy density (Wolf & Flamenco, 2003).

Watkins *et al.* (2007) performed a study about richness and density of seedless vascular-plant gametophyte in one tropical forest in Costa Rica and showed that disturbance and light seem to have little influence on canopy gametophyte density. In tropical rainforest, light is significantly higher in canopy environment than in terrestrial one, being the canopy less buffered if compared to understory habitat and has larger temperature and humidity extremes (Cardelús & Chazdon, 2005). Thus, the lack of a density response to light in habitats where light may not be limiting is not surprising, being reports by Hietz & Briones (1998) who demonstrated that the distribution of seedless vascular-plant sporophytes within the canopy was largely a function of relations species/water.

These studies provide a set of interesting informations that help explain the different patterns found in this study for terrestrial and epiphytes species in relation to forest types. The lack of response of epiphyte seedless vascular-plant relative to forest type probably is linked to tolerance to light. Furthermore, due to the montane characteristic of forests of this study, many fragments have (regardless of forest type), in some year parts, the presence of a cloud zone where large amount of water is deposited directly onto the canopy, known as horizontal precipitation or cloud stripping (Hamilton *et al.*, 1994). This is favorable to richness of epiphytes, whereas the terrestrial seedless vascular-plant are not directly favored and have greater richness associated to specific conditions as has already been previously mentioned.

Despite the importance of temperature and its influence on water availability, temperature was not a determinant of the richness pattern found in this study, possibly

due to its low variation among the montane forests fragments studied. Already at local scale, several studies confirmed the contribution of temperature to increase richness seedless vascular-plant, mainly those turned to assess altitudinal gradients (Leathwick *et al.*, 1998; Lehmann *et al.*, 2002; Saiz & Lobo, 2007; Krömer *et al.*, 2013). In the current study, since located in altitude able to provide conditions to maintain humid vegetation, the fragments studied show a pattern of temperature stable.

Soil type showed no influence on species richness and composition and we believe that the variation captured by the scale is not broad enough. In tropical regions with relatively uniform climatic conditions there is strong evidence of the influence of edaphic factors on seedless vascular-plant richness and composition, as reposted by Tuomisto & Poulsen (2000) in Amazonia. Thus, the soil becomes an important component of variation in regions with climatic stability and, compared to rainforests on richer substrates, tend to have lower nutrient budgets. Lwanga *et al.* (1998) highlighted that the number of seedless vascular-plant species present in a forest was positively related to local variations in soils chemistry. In the case of the current study, comparison of results with those from other studies is frustrated by differences in (1) methods of soil classification, without local determinations (2) spatial scales and (3) climate, since the studied region presents larger variation in rainfall seasonality.

In our case, it is possible that soil did not have any influence on seedless vascular-plant richness due to the spatial scale and the different relations soil type/fertility/humidity. Generally, fertile soils are related to rainfall and are associated with relatively dense stands of trees, where deep shade, high humidity and readily available stumps and fallen logs offer ideal conditions for gametophyte establishment (Kornás, 1993; Dwzonko & Kornás, 1994; Clinebell *et al.*, 1995; Lwanga *et al.*, 1998). Indeed, many places visited in the current study, where there was a higher concentration of species per space, represented the situation described above.

Altitude also did not contribute to explain richness and composition variation. However, the influence of altitude is intrinsic to the origin of forest formations studied. It is reported that the maintenance of majority of montane forests of the Northeast Brazil was favored through of climatic differences provided by higher altitudes. In lower regions dominated by semiarid climate, seedless vascular-plant are represented by only 41 species, 20 genera and 11 families, distributed in the northeastern states and Minas Gerais in Caatinga forest (Xavier *et al.*, 2012).

Moreover, the altitude variation between studies areas was low, but it well known the importance of the altitude on seedless vascular-plant richness in local (elevational gradients) and regional scale (e.g., Kessler, 2001; Wolf & Flamenco, 2003; Aldasoro *et al.*, 2004; Ferrer-Castán & Vetaas, 2005; Watkins *et al.*, 2006; Krömer *et al.*, 2013). For example, in a regional scale, Aldasoro *et al.* (2004) verified that the variables most related to seedless vascular-plant species richness were area and elevation among forests with altitudes varying from 613 m to 5895 m.

Differential composition of seedless vascular-plant species in contrasting environments or ecological zones has been documented as a natural phenomenon around the world (Salovaara *et al.*, 2004; Ferrer-Castan & Vetaas, 2005; Karst *et al.*, 2005; Kluge *et al.*, 2006; Sánchez-González *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2013; Jones *et al.*, 2013). To unambiguously assess the role of environmental factors in determining plant distributions, physical variables of the sites must be independent of location (Legendre & Legendre, 1998; Gilbert & Lechowicz, 2004). However, spatial autocorrelation is an inherent property of the environment and is apparent at many scales, which makes it difficult to disentangle environmental variables from the plant distributions in nature (Bell, 1992; Bell *et al.*, 1993; Karst *et al.*, 2005).

As have been showed in the current study, environmental variables were able to explain richness and composition variation among the study areas. However, regarding the geographical distance the results of this study indicate weak effect on the similarity of floristic composition (Figure 4; $R^2 = 0.09$), although there was a high correlation between environmental conditions with geographic distance (Mantell test; $r = 0.72$, $P < 0.001$).

The low similarity in species composition between sites, even among fragments able to support high richness, emphasizes the fact that the role of the environment is probably more restrictive than any dispersion processes or random fluctuations due to chance, indicating a consistent role for environmental determinism of seedless vascular-plant distributions across spatial scales (Tuomisto *et al.*, 2003; Karst *et al.*, 2005; Hietz, 2010; Hernández *et al.*, 2013; Jones *et al.*, 2013). Indeed, the results show that the compositions are highly complementary since only five species were recorded in more than twenty study sites (*Blechnum occidentale*, *Lygodium venustum*, *Pityrogramma calomelanos*, *Pleopeltis astrolepis* and *Serpocaulon triseriale*). This complementarity on pattern of seedless vascular-plant richness and composition is also consistent with

previous studies (Paciencia & Prado, 2005; Williams-Linera *et al.*, 2005; Jones *et al.*, 2013) which have shown that smaller or drier fragments do not simply have subsets of species occurring in larger or wetter fragments and have their own composition.

Thus, the complementarity on pattern of seedless vascular-plant species must be considered as a focus to regional conservation approach which should include many reserves, regardless of size, and also consider the threatened species categories. In accordance with Gaston (1996), the potential value of an area to overall plant biodiversity conservation may depend on which plant species that area contains, not how many.

Acknowledgments

We thank Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), and Naturalis Biodiversity Center (Leiden, The Netherlands), for support which enabled this research.

References

- Aldasoro, J.J., Cabezas, F. & Aedo, C. (2004) Diversity and distribution of ferns in sub-Saharan Africa, Madagascar and some islands of the South Atlantic. *Journal of Biogeography*, **31**(10), 1579–1604.
- Ambrósio, S.T. & Barros, I.C.L. (1997) Pteridófitas de uma área remanescente de Floresta Atlântica do Estado de Pernambuco, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, **11**(2), 105-113.
- Andrade, G.O. & Lins, R.C. (1964) Introdução ao estudo dos "brejos" pernambucanos. *Arquivos do ICT Instituto de Ciências da Terra*, **2**, 21-33.
- Andrade-Lima, D. (1960) Estudos fitogeográficos de Pernambuco. *Arquivos do IPA*, **5**, 305-341.
- Andrade-Lima, D. (1966) *Atlas Geográfico do Brasil*. Rio de Janeiro, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Andrade-Lima, D. (1970) Recursos Vegetais de Pernambuco. *Boletim Técnico do Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco*, **41**, 1–32.

- Andrade-Lima, D. (1982) Present day forest refuges in northeastern Brazil. *Biological diversification in the tropics*. (ed. by G.T. Prance), pp. 245–254. Columbia University Press, New York.
- Auler, A.S., Wang, X., Edwards, R.L., Cheng, H., Cristalli, P.S., Smart, P.L. & Richards, D.A. (2004) Palaeoenvironments in semi-arid northeastern Brazil inferred from high precision mass spectrometric speleothem and travertine ages and the dynamics of South American rainforests. *Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers*, **2**(2), 1-4.
- Barrington, D.S. (1993) Ecological and historical factors in fern biogeography. *Journal of Biogeography*, **20**, 275–280.
- Barros, I.C.L., Santiago, A.C.P., Pereira, A.F.N. & Pietrobon, M.R. (2006) Pteridófitas. *Diversidade Biológica e Conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco*. (ed. by C.K. Pôrto, J.S. Almeida-Cortez and M. Tabarelli), pp 148-171. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Barthlott, W., Schmit-Neuerburg, V., Nieder, J. & Engwald, S. (2001) Diversity and abundance of vascular epiphytes: a comparison of secondary vegetation and primary montane rain forest in the Venezuelan Andes. *Plant Ecology*, **152**, 145–156.
- Bell, G. (1992) Five properties of the environment. *Molds, molecules and metazoan-growing points in evolutionary biology* (ed. by P.R. Grant and H.S. Horn), pp 33–56. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Bell, G. (2001) Neutral macroecology. *Science*, **29**, 2413–2418.
- Bell, G., Lechowicz, M.J., Appenzeller, A., Chandler, M., DeBlois, E., Jackson, L., Mackenzie, B., Preziosi, R., Schallenberg, M. & Tinker, N. (1993) The spatial structure of the physical environment. *Oecologia*, **96**, 114–121.
- Belote, R.T., Weltzin, J.F. & Norby, R.J. (2004) Response of an understory plant community to elevated [CO₂] depends on differential responses of dominant invasive species and is mediated by soil water availability. *New Phytologist*, **161**, 827–835.
- Bennett, A.F., Hinsley, S.A., Bellamy, P.E., Swetnam, R.D. & MacNally, R. (2004) Do regional gradients in land-use influence richness, composition and turnover of bird assemblages in small woods? *Biological Conservation* **119**, 191–206.

- Beukema, H., & van Noordwijk, M. (2004) Terrestrial pteridophytes as indicators of a forest-like environment in rubber production systems in the lowlands of Jambi, Sumatra. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **104**(1), 63–73.
- Bhattarai, K.R., Vetaas, O.R. & Grytnes, J.A. (2004) Fern species richness along a central Himalayan elevational gradient, Nepal. *Journal of Biogeography*, **31**, 389–400.
- Bigarella, J.J., Andrade-Lima, D. & Riehs, P.J. (1975) Considerações a respeito das mudanças paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **47**, 411-464.
- Cagnolo, L., Cabido, M. & Valladares, G. (2006) Plant species richness in the Chaco Serrano woodland from central Argentina: ecological traits and habitat fragmentation effects. *Biological Conservation*, **132**, 510–519.
- Cardelús, C.L. & Chazdon, R. (2005) Inner-crown microenvironments of two emergent tree species in a lowland wet forest. *Biotropica*, **37**, 238–244.
- Cárdenas, G.G., Halme, J.K. & Tuomisto, H. (2007) Riqueza y distribución ecológica de especies de Pteridofitas en la zona del Río Yavarí-Mirín, Amazonía Peruana. *Biotropica*, **39**, 637-646.
- Chave, J. & E.G. Leigh (2002) A spatially explicit neutral model of β -diversity in tropical forests. *Theoretical Population Biology*, **62**, 153–168.
- Clinebell R.R., Phillips, O.R., Gentry, A.H., Stark, N. & Zuuring, H. (1995) Prediction of neotropical tree and liana species richness from soil and climate data. *Biodiversity and Conservation*, **4**, 56–90.
- Coimbra-Filho, A. F. & Câmara, I. G. (1996) *Os Limites Originais do Bioma Mata Atlântica na Região Nordeste do Brasil*, Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para Conservação da Natureza.
- Connor, E.F. & McCoy, E.D. (1979) The statistics of the species–area relationship. *American Naturalist*, **113**, 791-833.
- Crawley, M.J. & Harral, J.E. (2001) Scale dependence in plant biodiversity. *Science*, **291**, 864–868.
- Dittrich, V.A., Waechter, J.L. & Salino, A. (2005) Species richness of pteridophytes in a montane Atlantic rain forest plot of Southern Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, **19**, 519-525.

- Duivenvoorden, J.F., Svenning, J.C. & Wright, S.J. (2002) Beta diversity in tropical forests. *Science*, **295**, 636–637.
- Dzwonko, Z. & Kornás, J. (1994) Patterns of species richness and distribution of pteridophytes in Rwanda (Central Africa): a numerical approach. *Journal of Biogeography*, **21**, 491–501.
- ESRI (2001) ArcView 3.2. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA.
- Ferrer-Castán, D. & Vetaas, O.R. (2005) Pteridophyte richness, climate and topography in the Iberian Peninsula: comparing spatial and non spatial models of richness patterns. *Global Ecology and Biogeography*, **14**, 155–165.
- Gaston, K.J. (1996) *Biodiversity: A Biology of Numbers and Difference*. Blackwell Science Ltd., Cambridge, UK.
- Gibson, L. & Köhler, F. (2012) Determinants of species richness and similarity of species composition of land snails of the Kimberley islands. *Records of the Western Australian Museum. Suppl.*, **81**, 40–65.
- Gignac, L.D. & Dale, M.R.T. (2005) Effects of fragment size and habitat heterogeneity on cryptogam diversity in the low-boreal forest of western Canada. *Bryologist*, **108**, 50–66.
- Gilbert, B. & Lechowicz, M.J. (2004) Neutrality, niches, and dispersal in a temperate forest understory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **101**, 7651–7656.
- Grytnes, J.A. & McCain, C.M. (2007) Elevational trends in biodiversity. *Encyclopedia of Biodiversity* (ed. by S. Levin), pp. 1–8. Elsevier, New York.
- Guo, Q.F., Kato, M. & Ricklefs, R.E. (2003) Life history, diversity and distribution: a study of Japanese pteridophytes. *Ecography* **26**, 129–138.
- Hamilton, L.S., Juvik, J.O. & Scatena, F.N. (1994) *Tropical Montane cloud forests*. Springer-Verlag, New York.
- Hawkins, B.A., Field, R., Cornell, H.V., Currie, D.J., Guégan, J.F., Kaufman, D.M., Kerr, J.T., Mittelbach, G.G., Oberdorff, T., O'Brien, E.M., Porter, E.E. & Turner, J.R.G. (2003) Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology*, **84**, 3105–3117.

- Hernández, A.L.C., Sánchez-González, A. & Tejero-Díez, J.D. (2013) Pteridophytes of a Semiarid Natural Protected Area in Central Mexico. *Natural Areas Journal*, **33**(2), 177–188.
- Hietz, P. & Briones, O. (1998) Correlation between water relations and within-canopy distribution of epiphytic ferns in a Mexican cloud forest. *Oecologia*, **114**, 305–316.
- Hietz, P. (2010) Fern adaptations to xeric environments. *Fern Ecology* (ed. by K. Mehltreter, L.R. Walker and J.M. Sharpe), pp. 141–176. Cambridge University Press. Cambridge, U.K.
- Houlder, D., Hutchinson, M.J., Nix, H.A. & McMahaon, J. (2000) *ANUCLIM 5.1* Users Guide. Canberra: Cres, ANU.
- Hubbell, S.P. & Foster, R.B. (1986) Biology, chance, and history and the structure of tropical rain forest tree communities. *Community Ecology*. (ed. J. Diamond and T.J. Case), pp. 314–329. Harper and Row, New York.
- IBGE (2012) *Manual técnico da vegetação brasileira*. 2ª Ed. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Rio de Janeiro.
- Jones, M.M., Ferrier, S., Condit, R., Manion, G., Aguilar, S. & Pérez, R. (2013) Strong congruence in tree and fern community turnover in response to soils and climate in central Panama. *Journal of Ecology*, **101**(2), 506–516.
- Kamau, P.W. (2012) *Africa and ecology of ferns and lycophytes*. University Koblenz-Landau, Germany.
- Karger, D.N., Kluge, J., Abrahamczyk, S., Salazar, L., Homeier, J., Lehnert, M., Amoroso, V.B. & Kessler, M. (2012) Bryophyte cover of trees as proxy for air humidity in the tropics. *Ecological Indicators*, **20**, 277–281.
- Karst, J., Gilbert, B. & Lechowicz, M.J. (2005) Fern community assembly: the roles of chance and the environment at local and intermediate scales. *Ecology*, **86**, 2473–2486.
- Kessler, M. & Helme, N. (1999) Floristic diversity and phytogeography of the central Tuichi Valley, an isolated dry forest locality in the Bolivian Andes. *Candollea*, **54**, 341–366.
- Kessler, M. (2001) Pteridophyte species richness in Andean forests in Bolivia, *Biodiversity and Conservation*, **10**(9), 1473–1495.

- Kessler, M. (2009) The impact of population processes on patterns of species richness: Lessons from elevational gradients. *Basic and Applied Ecology*, **10**(4), 295–299.
- Kessler, M., Kluge, J., Hemp, A. & Ohlemüller, R. (2011) A global comparative analysis of elevational species richness patterns of ferns. *Global Ecology and Biogeography*, **20**, 868–880.
- Kluge, J. & Kessler, M. (2006) Fern endemism and its correlates: contribution from an elevational transect in Costa Rica. *Diversity and Distributions*, **12**(5), 535–545.
- Kluge, J., Kessler, M. & Dunn, R.R. (2006) What drives elevational patterns of diversity? A test of geometric constraints, climate and species pool effects for pteridophytes on an elevational gradient in Costa Rica. *Global Ecology and Biogeography*, **15**, 358–371.
- Kornás, J. (1993) The significance of historical factors and ecological preference in the distribution of African pteridophytes. *Journal of Biogeography*, **20**, 281–286.
- Kramer, K.U. (1993) Distribution patterns in major pteridophyte taxa relative to those of angiosperms. *Journal of Biogeography*, **20**, 287–91.
- Kreft, H., Köster, N., Küper, W., Nieder, J. & Barthlott, W. (2004) Diversity and biogeography of vascular epiphytes in Western Amazonia, Yasuní. Ecuador. *Journal of Biogeography*, **31**, 1463–1476.
- Krömer, T., Acebey, A., Kluge, J., & Kessler, M. (2013) Effects of altitude and climate in determining elevational plant species richness patterns: A case study from Los Tuxtlas, Mexico. *Flora*, **208**(3), 197–210.
- Krömer, T., Kessler, M., Gradstein, S.R. & Acebey, A. (2005) Diversity patterns of vascular epiphytes along an elevational gradient in the Andes. *Journal of Biogeography*, **32**, 1799– 1809.
- Laurance, W.F. (1991) Edge effects in tropical forest fragments: applications of a model for the design of nature reserves. *Biological Conservation*, **57**, 205–219.
- Leathwick, J.R., Wilson, G. & Stephens, R.T.T. (1998) *Climate surfaces for New Zealand*. Contract Report LC9798/126, Landcare Research, Hamilton.
- Legendre, P. & Legendre, L. (1998) *Numerical Ecology*. 2ed. Elsevier Science, Amsterdam.
- Lehmann, A., Overton, J.M., & Leathwick, J.R. (2002) GRASP: generalized regression analysis and spatial prediction. *Ecological Modelling*, **157**(2–3), 189–207.

- Lepš, J. & Šmilauer, P. (2003) *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Lomolino, M.V., Riddle, B.R. & Brown J.H. (2005) *Biogeography*. 3ed. Sinauer, Sunderland.
- Lwanga J.S., Balmford, A. & Badaza, R. (1998) Assessing fern diversity: relative species richness and its environmental correlates in Uganda. *Biodiversity and Conservation*, **7**, 1387–1398.
- MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. (1967) *The Theory of Island Biogeography*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Márquez, A.L., Real, R. & Vargas, J.M. (2001) Methods for comparison of biotic regionalizations: the case of pteridophytes in the Iberian Peninsula. *Ecography*, **24**, 659–670.
- Márquez, A.L., Real, R., Vargas, J.M. & Salvo, A.E. (1997) On identifying common distribution patterns and their causal factors: a probabilistic method applied to pteridophytes in the Iberian Peninsula. *Journal of Biogeography*, **24**, 613–631.
- McCain, C.M. (2009) Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology Biogeography*, **18**, 346–360.
- McCune B. & Mefford M.J. (2010) *PC-ORD Multivariate Analysis of Ecological Data v. 6.03*, MjM Software, Gleneden Beach, OR.
- Melo, L.C.N. & Salino, A. (2002) Pteridófitas de duas áreas de floresta da Bacia do Rio Doce no Estado de Minas Gerais, Brasil. *Lundiana*, **3(2)**, 129-139.
- Moorhead, L. C., Philpott, S. M., & Bichier, P. (2010) Epiphyte biodiversity in the coffee agricultural matrix: canopy stratification and distance from forest fragments. *Conservation biology*, **24(3)**, 737–46.
- Moran, R.C. 2008. Diversity, biogeography and floristic. *Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes* (ed. by T.A. Ranker and C.H. Haufler), pp. 367-394. Cambridge, Cambridge University Press.
- Moran, R.C., Labiak, P.H. & Sundue, M. (2010) Synopsis of *Mickelia*, a newly recognized genus of bolbitidoid ferns (Dryopteridaceae). *Brittonia*, **63**, 337-356.
- Mori, S.A., Silva, L.A.M., Lisboa, G. & Coradin, L. (1989) *Manual de Manejo de Herbário Fanerogâmico*. 2ed. Ilhéus, Centro de Pesquisas do Cacau.
- Morley, R.J. (2000) *Origin and Evolution of Tropical Rain Forests*. John Wiley and Sons, Chichester, UK.

- Mota de Oliveira, S. (2010) Diversity of epiphytic bryophytes across the Amazon. PhD thesis, Utrecht University, Utrecht.
- Mota de Oliveira, S., ter Steege, H., Cornelissen, J.H.C. & Gradstein, S.R. (2009) Assembly of epiphytic bryophyte communities in the Guianas: a regional approach. *Journal of Biogeography*, **36**: 2076-2084.
- Murakami, K., Maenaka, H. & Morimoto, Y. (2005) Factors influencing species diversity of forest patches in the Kyoto city area. *Landscape and Urban Planning*, **70**, 221-229.
- Nix, H.A. (1986) A biogeographic analysis of Australian elapid snakes. *Atlas of Elapid Snakes of Australia* (ed. by R. Longmore), pp. 4-15. Australian Government Publications Service, Canberra.
- Paciencia, M.L.B. & Prado, J. (2005) Effects of forest fragmentation on pteridophyte diversity in a tropical rainforest in Brazil. *Plant Ecology*, **180**, 87-104.
- Page, C.N. (1979) The diversity of ferns: an ecological perspective. *The experimental biology of ferns* (ed. by A.F. Dyer), pp. 9-56. Academic Press, London.
- Page, C.N. (2002) Ecological strategies in fern evolution: a neopteridological overview. *Review of Paleobotany and Palynology*, **119**, 1-33.
- Pardini, R., Faria, D. & Accacio, G.M. (2009). The challenge of maintaining Atlantic forest biodiversity: A multi-taxa conservation assessment of specialist and generalist species in an agro-forestry mosaic in southern Bahia. *Biological Conservation*, **142**(6), 1178-1190.
- Parris, B.S. (1985) Ecological aspects of distribution and speciation in old world tropical ferns. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh Serie B*, **86**, 341-346.
- Parris, B.S. (1997) The ecology and phytogeography of Mount Kinabalu pteridophytes. *Sandakania*, **9**, 89-102.
- Pereira, A.F.N., Barros, I.C.L., Santiago, A.C.P. & Silva, I.A.A. (2011) Florística e distribuição geográfica das samambaias e licófitas da Reserva Ecológica de Gurjaú, Pernambuco, Brasil. *Rodriguésia*, **62**(1), 001-010.
- Pereira, A.F.N., Barros, I.C.L., Xavier, S.R.S. & Santiago, A.C.P. (2007) Composição florística e ecologia da pteridoflora de fragmentos de Floresta Atlântica (Reserva Ecológica de Gurjaú, Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco, Brasil). *Revista Brasileira de Biociências*, **5**(2), 489-491.

- Pietrobon, M.R. & Barros, I.C.L. (2007) Pteridoflora do Engenho Água Azul, município de Timbaúba, Pernambuco, Brasil. *Rodriguésia*, **58**(1), 085-094.
- Poltz, K. & Zott, G. (2011) Vascular epiphytes on isolated pasture trees along a rainfall gradient in the lowlands of panama. *Biotropica*, **43**, 165-172.
- Prado, D.E. (2003) As Caatingas da América do Sul. *Ecologia e conservação da Caatinga* (ed. by I.R. Leal, M. Tabarelli and J.M.C. Silva), pp. 3-73. Editora Universitária-UFPE, Recife.
- Prado, J. & Sylvestre, L.S. (2012) *Lista de Espécies da Flora do Brasil 2012*. Pteridófitas. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012> (Captured on 12 Jun 2013).
- Prance, G.T. (1982) Forest refuges: evidences from woody angiosperms. *Biological diversification in the tropics* (ed. by G.T. Prance), pp. 137-158. Columbia University Press, New York.
- Prance, G.T. (1987) Biogeography of Neotropical plants. *Biogeography and quaternary history in tropical America* (ed. by T.C. Whitmore and G.T. Prance), pp. 175-196. Claredon Press, Oxford.
- Primack, R.B. & Rodrigues, E. (2001) *Biologia da Conservação*. Editora Rodrigues, Londrina.
- Rahbek, C., & Graves, G. R. (2001) Multiscale assessment of patterns of avian species richness. *Proceedings of the National Academy of Science*, **98**, 4534–9.
- Ricklefs, R.E. & Schluter, D. (1993) *Species Diversity in Ecological Communities*. University of Chicago Press, Chicago.
- Rosenzweig, M.L. & Sandlin, E.A. (1997) Species diversity and latitudes: listening to areas signals. *Oikos*, **80**, 172–176.
- Rothfels, C.J. Sundue, M.A. Kuo, L.Y., Larrsen, A., Kato, M., Schuettpelz, E. & Pryer, K.M. (2012) A revised family-level classification for euploypod II ferns (Polypodiidae: Polypodiales). *Taxon*, **61**, 515-533.
- Rothwell, G.W. & Stockey, R.A. (2008) Phylogeny and evolution of ferns: a paleontological perspective. *Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes* (ed. by T.A. Ranker and C.H. Haufler), pp. 332-366. Cambridge University Press,.
- Roux, J.P. (2009) *Synopsis of the Lycopodiophyta and Pteridophyta of Africa, Madagascar and neighbouring islands (Series: Strelitzia 23)*. South African National Biodiversity Institute, Pretoria.

- Saiz, J.C.M., & Lobo, J.M. (2007) Iberian–Balearic fern regions and their explanatory variables. *Plant Ecology*, **198**(2), 149–167.
- Salino, A. (1996) Levantamento das pteridófitas da Serra do Cuscuzeiro, Analândia, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, **19**, 173-178.
- Salovaara, J.K., Cárdenas, G.G. & Tuomisto, H. (2004) Forest classification in an Amazonian rainforest landscape using pteridophytes as indicator species. *Ecography*, **27**, 689-700.
- Sánchez-González, A. & López-Mata, L. (2005) Plant species richness and diversity along an altitudinal gradient in the Sierra Nevada, Mexico. *Diversity and Distribution*, **11**, 567-575.
- Santos, A.M.M., Cavalcanti, D.R., Cardoso, J.M. & Tabarelli, M. (2007) Biogeographical relationships among tropical forests in north-eastern Brazil. *Journal of Biogeography*, **34**, 437–446.
- Sharma, B.D. (1988) Tracheary elements in pteridophytes. *Bionature*, **8**, 113–134.
- Smith, A.R. (1972) Comparison of fern and flowering plant distribution with some evolutionary interpretation for ferns. *Biotropica*, **4**, 4–9.
- Smith, A.R., Pryer, K.M., Schuettpelz, E., Korall, P., Schneider, H. & Wolf, P.G. (2006) A classification for extant ferns. *Taxon*, **55**(3), 705-731.
- Smith, A.R., Pryer, K.M., Schuettpelz, E., Korall, P., Schneider, H. & Wolf, P.G. (2008) Fern classification. *Biology and evolution of ferns and lycophytes* (ed. by T.A. Ranker and C.H. Haufler), pp. 417-467. New York, Cambridge University Press.
- StatSoft Inc (2007) *Statistica (data analysis software system)*, versão 8.0. www.statsoft.com
- Tabarelli, M. & Santos, A.M.M. (2004) Uma breve descrição sobre a história natural dos brejos nordestinos. *Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação* (ed. by K.C. Pôrto, J.J.P. Cabral and M. Tabarelli), pp. 17–24. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- ter Braak, C.J.F. (1995) Ordination. *Data analysis in community and landscape ecology* (ed. by R.H.G. Jongman, C.J.F. ter Braak and O.F.R. van Tongeren), pp. 91-173. Cambridge University Press, Cambridge.
- Thiers, B. 2012. [continuously updated] Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual

Herbarium. Electronic Database accessible at <http://sweetgum.nybg.org/ih/>.
Captured on 12 Mar 2013.

- Toledo, M., Poorter, L., Peña-Claros, M., Alarcón, A., Balcazar, J., Leño, C., Licona, J.C. & Bongers, F. (2011) Climate and soil drive forest structure in Bolivian lowland forests. *Journal of Tropical Ecology*, **27**, 233-345.
- Tonhasca Jr., A. (2005) *Ecologia e Historia Natural da Mata Atlântica*. Editora Interciência, Rio de Janeiro.
- Tryon, R.M. & Tryon, A.F. (1982) *Ferns and allied plants with special reference to tropical America*. New York: Springer-Verlag.
- Tryon, R.M. (1970) Development and evolution of fern floras of oceanic islands. *Biotropica*, **2**(2), 76–84.
- Tryon, R.M. (1972) Endemic areas and geographic speciation in tropical American ferns. *Biotropica*, **4**(3), 121-131.
- Tuomisto, H. & Poulsen, A.D. (2000) Pteridophyte diversity and species composition in four Amazonian rain forests. *Journal of Vegetation Science*, **11**, 383–396.
- Tuomisto, H., Ruokolainen, K. & Yli-Halla, M. (2003) Dispersal, environment and floristic variation of western Amazon forests. *Science*, **299**, 241–244.
- Veloso, H.P., Rangel Filho, A.L.R. & Lima, J.C.A. (1991) *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro, IBGE.
- Watkins, J.E.Jr., Cardelús, C., Colwell, R.K., & Moran, R.C. (2006) Species richness and distribution of ferns along an elevational gradient in Costa Rica. *American Journal of Botany*, **93**, 73–83.
- Watkins, J.E.Jr., Mack, M.C., Sinclair, T.R. & Mulkey, S.S. (2007) Ecological and evolutionary consequences of desiccation tolerance in tropical fern gametophytes. *New Phytologist*, **176**, 708-717.
- Werner, E.E., Skelly, D.K., Relyea, R.A. & Yurewicz, K.L. (2007) Amphibian species richness across environmental gradients. *Oikos*, **116**(10), 1697-1712.
- Whittaker, R.J., Willis, K.J. & Field, R. (2001) Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography*, **28**, 453– 470.
- Wild, M. & Gagnon, D. (2005) Does lack of available suitable habitat explain the patchy distributions of rare calcicolous fern species? *Ecography*, **28**, 191-196.

- Williams, C.B. 1964. *Patterns in the balance of nature*. New York: New York Academic Press.
- Williams-Linera, G., Palacios-Rios, M. & Hernandez-Gomez, R. (2005) Fern richness, tree species surrogacy, and fragment complementarity in a Mexican tropical montane cloud forest. *Biodiversity and Conservation*, **14**, 119–133.
- Wittmann, F., Schongart, J., Montero, J. C., Motzer, T., Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Queiroz, H.L. & Worbes, M. (2006) Tree species composition and diversity gradients in white-water forests across the Amazon Basin. *Journal of Biogeography*, **33(8)**, 1334–1347.
- Wolf, J. H. D. & Flamenco-S, A. (2003) Patterns in species richness and distribution of vascular epiphytes in Chiapas, Mexico. *Journal of Biogeography*, **30**, 1689–1707.
- Xavier, S.R.S., Barros, I.C.L. & Santiago, A.C.P. (2012) Ferns and lycophytes in Brazil's semi-arid region. *Rodriguésia*, 63(2), 483-488.

Table 1: Characteristics of the twenty-eight forest fragments studied in three states of the Northeast Brazil (Ceará, Paraíba and Pernambuco): geographical coordinates (UTM system); altitude (maximal elevation in metres); size of the fragment forest (ha); forest types - where: A = Open Montane Rain Forest, F = Seasonal Montane Semideciduous Forest and TE = Ecotone Area (Savana and Seasonal Semideciduous Forest); Soil types - where: PVA = Red Yellow Argisol, LA = Yellow Latosol, RQo = Quartzarenic Neosol and RL = Litholic Neosol. The climatic variables used in this study were originated from BIOCLIM: Annual mean temperature (AMT), Annual precipitation (AP), Isothermality (IT), Mean temperature of driest quarter (MTD), Mean temperature of wettest quarter (MTW), Precipitation of driest quarter (PD), Precipitation of wettest quarter (PW), Precipitation seasonality (PS) and Temperature seasonality (TS). More details available in <http://www.worldclim.org/bioclim>.

Municipality	Site	Latitude	Longitude	Altitude	Size	Forest type	Soil type	AMT	AP	IT	MTD	MTW	PD	PW	PS	TS
Jaqueira	1	-8.7038	-35.8506	713	630	A	PVA	223	1073	70	230	209	84	484	59	1324
L. Gatos	2	-8.7434	-35.8940	750	360	A	PVA; LA	223	1073	70	230	209	84	484	59	1324
S. V. Férrer	3	-7.6142	-35.4041	890	600	A	PVA; LA	240	1155	72	247	226	93	498	57	1289
Crato	4	-7.2242	-39.4745	900	50	F; TE	PVA; RL	252	1108	72	246	250	24	673	95	1108
Maranguape	5	-3.8811	-38.7070	890	>1000	A; F	PVA	258	1408	78	261	256	47	829	90	562
Aratanha	6	-3.9890	-38.6408	778	>1000	A; F	PVA	258	1408	78	261	256	47	829	90	562
Areia	7	-6.9790	-35.7508	618	300	F	PVA	222	730	72	228	227	42	332	65	1235
Bananeiras	8	-6.7389	-35.6125	550	67.5	F	LA	232	844	74	238	236	47	381	63	1241
Baturité	9	-4.2633	-38.8961	1114	>1000	A; F	PVA	235	1245	75	238	234	47	719	89	548
Bezerras	10	-8.1586	-35.7535	950	150	A	PVA; RL	229	574	71	228	235	39	256	64	1297
Bonito	11	-8.5247	-35.7029	720	50	A	LA	237	1542	70	242	226	121	717	61	1137
Bonito	12	-8.4832	-35.7269	700	30	F	PVA; LA	213	1059	70	219	200	82	481	59	1207
Bonito	13	-8.4874	-35.7179	720	30	A	PVA; LA	213	1059	70	219	200	82	481	59	1207
Bonito	14	-8.5209	-35.7131	720	150	F	LA	237	1542	70	242	226	121	717	61	1137
Bonito	15	-8.5037	-35.6946	800	70	A	LA	237	1542	70	242	226	121	717	61	1137
Bonito	16	-8.4944	-35.6860	750	50	A	LA	213	1059	70	219	200	82	481	59	1207
Bonito	17	-8.5021	-35.6877	750	50	A	LA	237	1542	70	242	226	121	717	61	1137
Caruaru	18	-8.3693	-36.0218	900	360	A	PVA	213	555	69	215	218	41	231	59	1495
Buíque	19	-8.5562	-37.1943	800	30	TE	LA; RQo; RL	216	790	67	221	219	62	336	54	1668
Floresta	20	-8.6508	-38.0384	1020	200	A; F	LA; RL	231	506	67	220	246	20	281	85	1827
B. M. Deus	21	-8.2050	-36.3937	1050	110	F	PVA	217	611	69	219	221	36	300	70	1518
T. Norte	22	-7.8693	-36.0413	800	40	F	PVA; LA	228	497	70	228	233	23	228	66	1337
Gravatá	23	-8.3014	-35.5959	700	6	F	LA	213	1059	70	219	200	82	481	59	1207

Silva, I. A. A. Composição e riqueza de samambaias e licófitas de Florestas Serranas...

Gravatá	24	-8.2659	-35.5439	700	25	F	PVA	213	1059	70	219	200	82	481	59	1207
Gravatá	25	-8.2821	-35.5503	700	20	F	PVA; LA	213	1059	70	219	200	82	481	59	1207
Gravatá	26	-8.2722	-35.5502	700	44	F	PVA; LA	213	1059	70	219	200	82	481	59	1207
Gravatá	27	-8.2994	-35.5922	700	13	F	LA	213	1059	70	219	200	82	481	59	1207
Sanharó	28	-8.2884	-36.5405	850	20	F	PVA; RL	217	639	67	220	220	47	292	61	1595

Table 2: Ferns and lycophytes species in areas of montane forest fragments in Northeast Brazil.

Municipality	Site	All species	Terrestrial species	Epiphytes species	Restricted to one site
Jaqueira	1	140	87	51	28
L. Gatos	2	88	59	26	3
S. V. Férrer	3	92	65	23	6
Crato	4	24	21	1	2
Maranguape	5	88	58	28	16
Aratanha	6	67	39	24	5
Areia	7	28	21	6	2
Bananeiras	8	19	13	5	1
Baturité	9	85	60	19	14
Bezerros	10	31	10	19	0
Bonito	11	44	21	21	0
Bonito	12	28	16	10	0
Bonito	13	37	23	13	0
Bonito	14	53	34	17	1
Bonito	15	68	35	31	0
Bonito	16	43	24	18	0
Bonito	17	52	30	19	0
Caruaru	18	72	50	20	5
Buíque	19	27	17	7	3
Floresta	20	11	2	9	1
B. M. Deus	21	45	31	14	3
T. Norte	22	32	11	19	6
Gravatá	23	22	10	12	2
Gravatá	24	21	11	8	0
Gravatá	25	12	7	5	0
Gravatá	26	13	7	5	0
Gravatá	27	13	8	4	0
Sanharó	28	12	8	4	0

Table 3: Richness analysis of ferns and lycophytes in the montane forest fragments studied in the Northeast of Brazil.

Variables	General		Terrestrial		Epiphytes	
Total results	Multiple Regression					
	<i>R</i> ²	<i>P</i>	<i>R</i> ²	<i>P</i>	<i>R</i> ²	<i>P</i>
	0.66	<0.001	0.68	<0.001	0.45	0.005
Continuous explanatory	<i>t</i>	<i>P</i>	<i>t</i>	<i>P</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
Fragment size	5.35	<0.001	5.65	<0.001	3.47	0.002
Temperature seasonality	-0.01	0.985	0.186	0.853	-0.07	0.943
Precipitation seasonality	-2.84	0.009	-2.67	0.013	-2.25	0.034
Altitude	0.81	0.428	0.74	0.461	0.51	0.614
Categorical explanatory	Anova two way for residuals					
	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
	7.80	0.001	10.91	<0.001	2.84	0.063
Soil type	1.44	0.258	2.62	0.079	0.45	0.713

Tabela 4: Influence of the continuos explanatory variables on the axes of a CCA of ferns and lycophytes occurring in the montane forest fragments studied in Northeast Brazil.

Variance	General		Terrestrial		Epiphytes	
Total	3.525		3.411		3.451	
Constrained	0.902		0.922		0.902	
	Axis 1	Axis 2	Axis 1	Axis 2	Axis 1	Axis 2
Eigenvalue	0.377	0.276	0.395	0.282	0.395	0.285
% of variance explained	10.7	7.8	11.6	8.3	11.4	8.3
Pearson correlation	0.993	0.966	0.985	0.971	0.984	0.947
Explanatory variable	Correlations					
Fragment size	0.71	0.65	0.71	0.58	-0.60	0.60
Temperature seasonality	-0.86	-0.19	-0.86	-0.18	0.75	-0.25
Precipitation seasonality	0.89	0.04	0.87	-0.01	-0.86	0.14
Annual mean temperature	0.73	0.09	0.67	-0.06	-0.78	0.25
Mean temperature of driest quarter	0.69	0.17	0.63	0.01	-0.73	0.32
Annual precipitation	0.29	0.18	0.28	0.08	-0.30	0.30
Precipitation of driest quarter	-0.54	-0.13	-0.57	0.12	0.50	0.13
Altitude	0.37	0.12	0.44	0.35	-0.27	-0.19
<i>P</i> value of Monte Carlo test (1000 runs)	0.001		0.001		0.001	

Tabela 5: Influence of the categorical explanatory variables on the axes of a CCA of ferns and lycophytes occurring in the montane forest fragments studied in the Northeast Brazil.

Explanatory variable	General				Terrestrial				Epiphytes			
	Axis 1		Axis 2		Axis 1		Axis 2		Axis 1		Axis 2	
	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Forest type	23.74	<0.001	7.64	0.002	23.26	<0.001	7.18	0.002	19.14	<0.001	1.72	0.198
Soil type	0.17	0.912	1.62	0.218	0.31	0.813	1.84	0.175	-	-	-	-

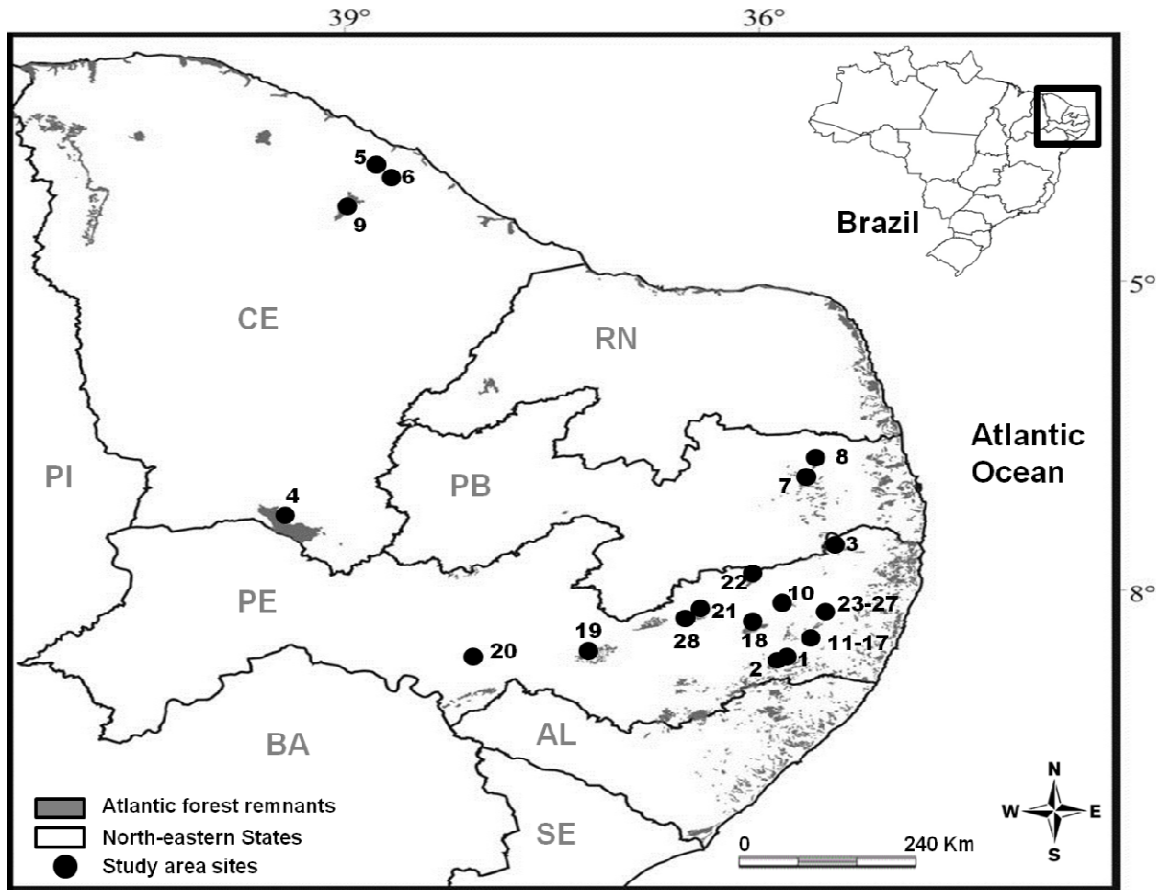


Figure 1: Location of the study area. The 28 fragments of the montane forests studied are distributed in three states of northeast Brazil: Ceará (CE), in the municipalities of Aratânia (site 6), Baturité (site 9), Crato (site 4) and Maranguape (site 5); Paraíba (PB), in the municipalities of Areia (site 7) and Bananeiras (site 8); and Pernambuco (PE), in the municipalities of Jaqueira (site 1), Lagoa dos Gatos (site 2), São Vicente Férrer (site 3), Bezerros (site 10), Bonito (sites from 11 to 17), Buíque (site 19), Caruaru (site 18), Floresta (site 20), Gravatá (sites from 23 to 27), Brejo da Madre de Deus (site 21), Sanharó (site 28) and Taquaritinga do Norte (site 22).

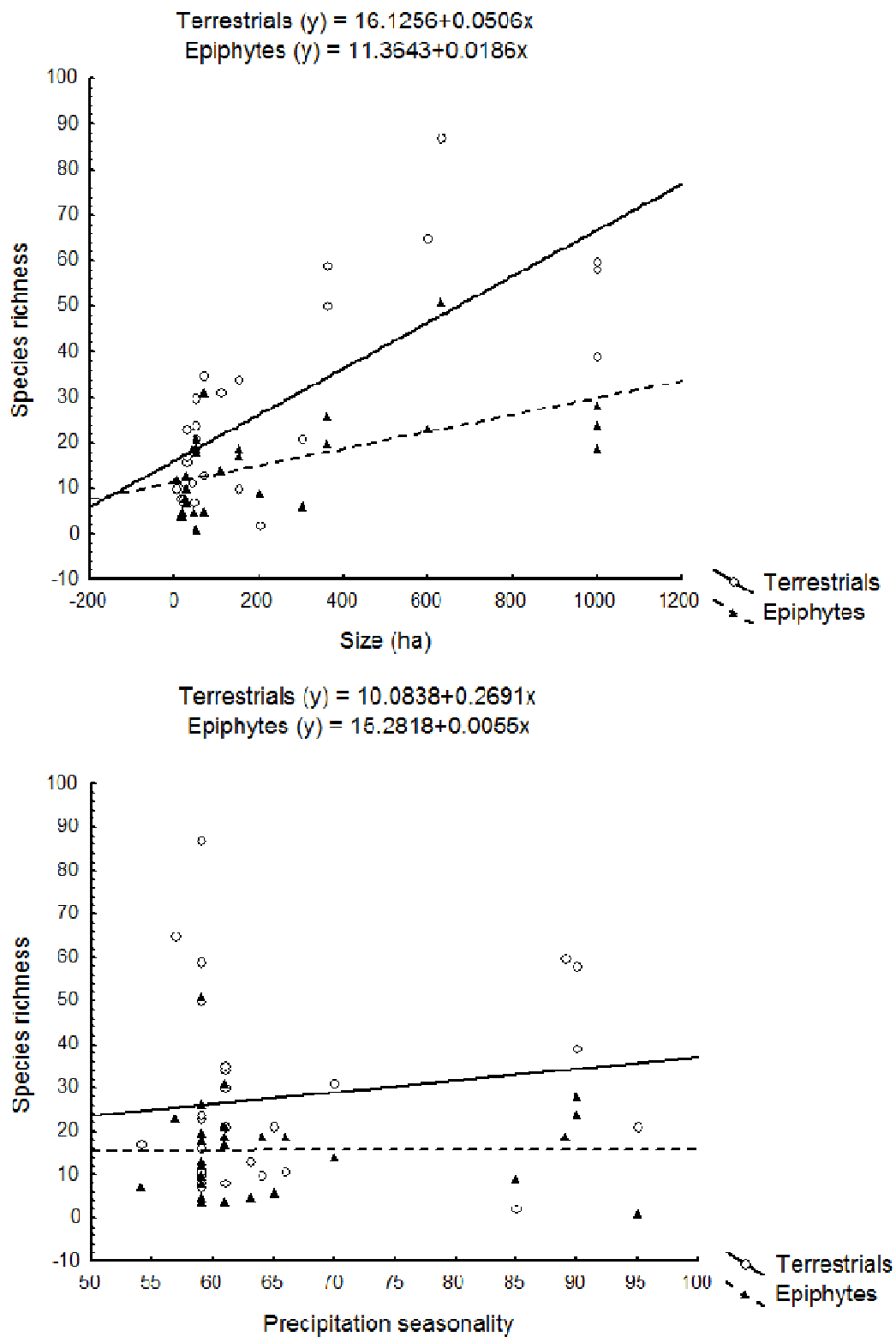


Figure 2: Relationship between precipitation seasonality and fragment size with terrestrial ($R^2 = 0.78$ and $P < 0.001$) and epiphytic ($R^2 = 0.45$ and $P = 0.005$) ferns and lycophytes species richness in the montane forest fragments in Northeast Brazil.

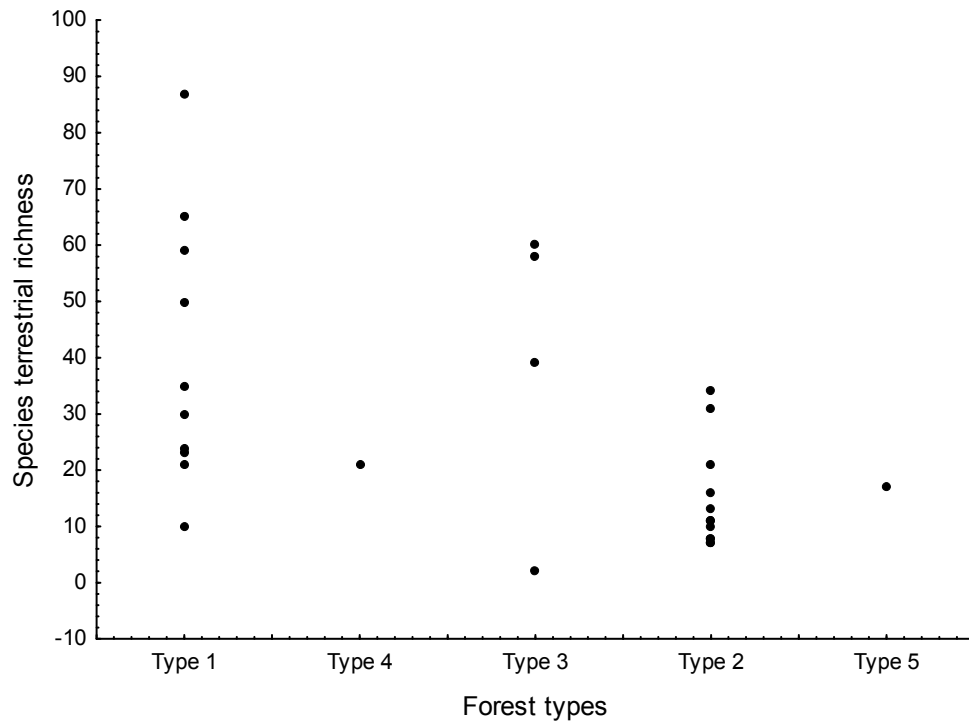


Figure 3: Variation of the terrestrial richness in the different forest types occurring in the montane forest fragments studied in Northeast Brazil ($F = 10.91$ and $P < 0.001$). Forest types: Type 1 = Open Montane Rain Forest, type 2 = Seasonal Montane Semideciduous Forest, type 3 = Open Montane Rain Forest + Seasonal Montane Semideciduous Forest, type 4 = Seasonal Montane Semideciduous Forest + Ecotone Area and type 5 = Ecotone Area. Where the formation “Ecotone Area” is considered a mixel vegetation of Savana and Seasonal Semideciduous Forest.

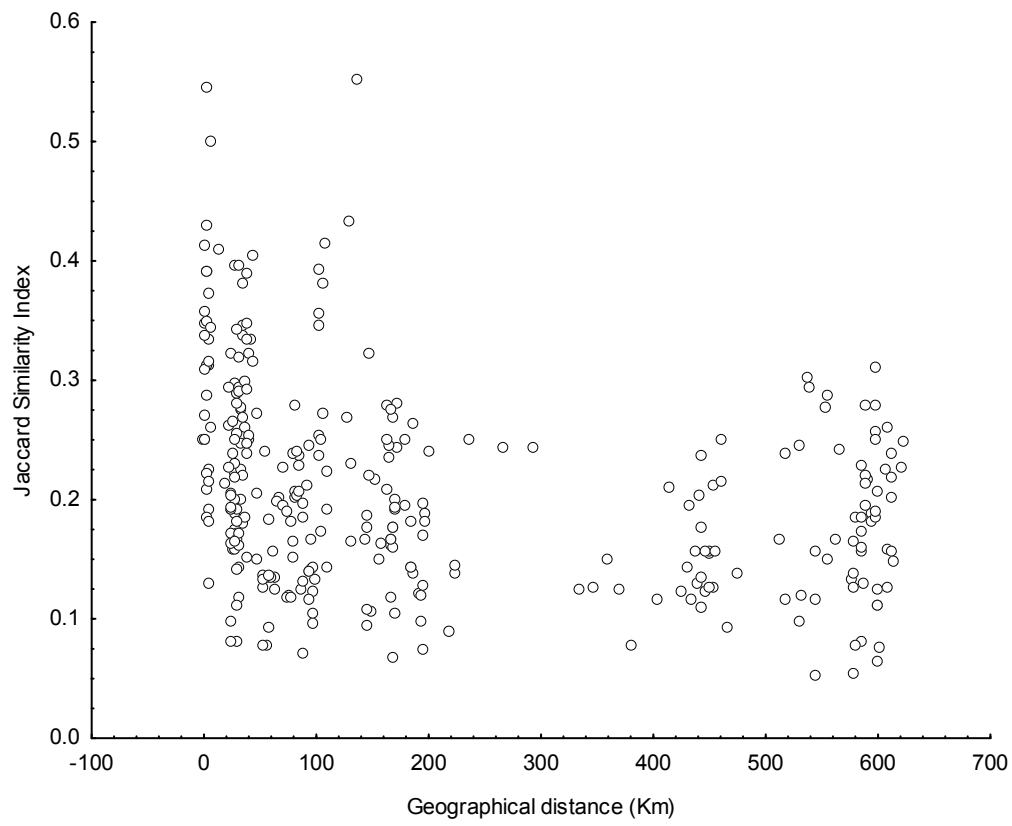


Figure 4: Relationship between similarities in ferns and lycophytes species composition and geographical distance (km) for 26 montane forest fragments studied in Northeast Brazil ($R^2 = 0.09$, $P < 0.001$; $Y = 0.2334 - 0.0001X$).

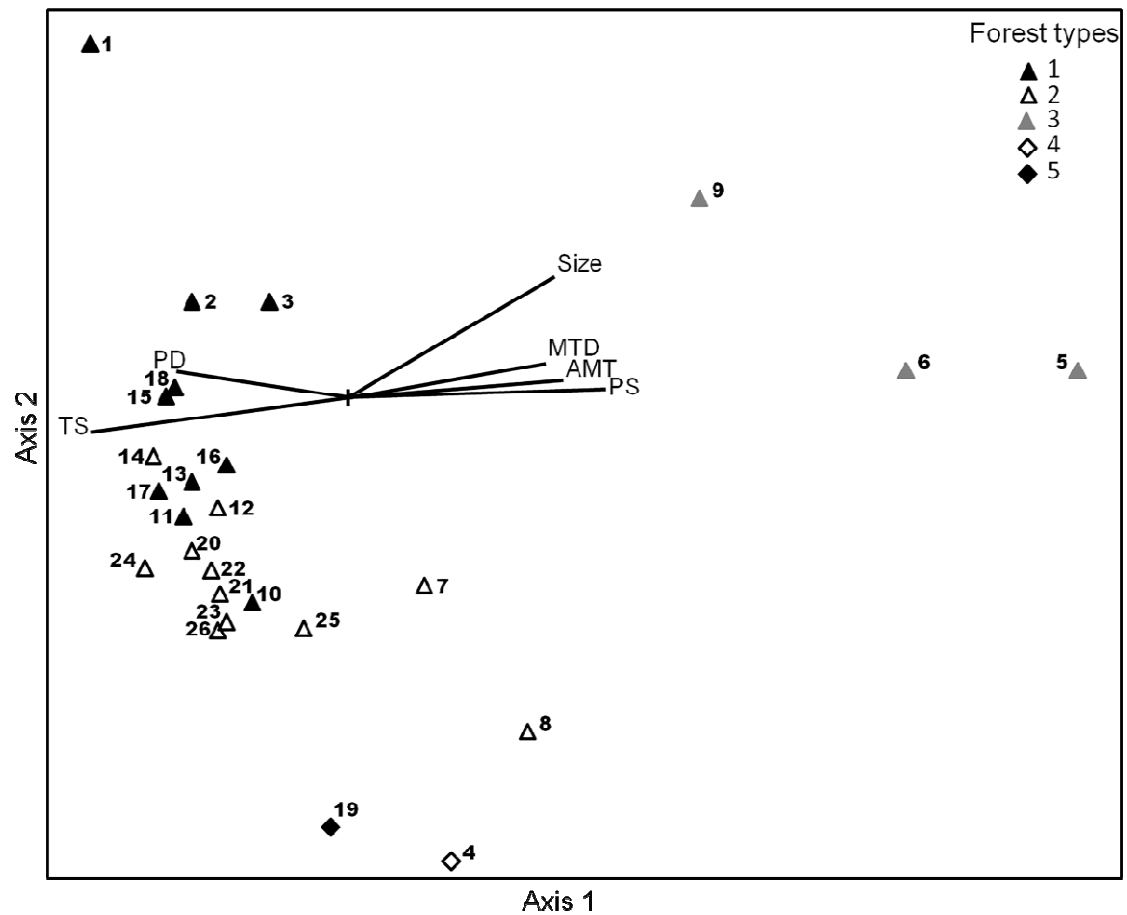


Figure 5: Ordination diagram of the first two axes of Canonical Correspondence Analysis (CCA) of the composition of 26 montane forest fragments studied in Northeast Brazil. Significant ($p < 0.05$) environmental parameters: fragment size, annual mean temperature (AMT), mean temperature of driest quarter (MTD), precipitation of driest quarter (PD), precipitation seasonality (PS) and Temperature seasonality (TS)) are shown as vectors. The forest types were indicated by different symbols that can be observed on top part of graph.

Appendix S1. Ferns and lycophytes recorded in the 28 sites of montane rainforest in Northeast Brazil according to ecological aspects.

Grupos/Taxons	Ecological Aspects	
	Form	Growth habit
LICOPHYTES		
LYCOPODIACEAE		
<i>Phlegmariurus christii</i> (Silveira) B. Øllg.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Phlegmariurus erythrocaulon</i> (Fée) B.Øllg.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Phlegmariurus heterocarpon</i> (Fée) B.Øllg.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Phlegmariurus linifolius</i> (L.) B.Øllg.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Phlegmariurus mandiocanus</i> (Raddi) B.Øllg.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Phlegmariurus martii</i> (Wawra) B.Øllg.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Phlegmariurus mollicomus</i> B.Øllg.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Phlegmariurus regnellii</i> (Maxon) B.Øllg.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Phlegmariurus taxifolius</i> A. Love & D. Love	Herbaceous	Epiphytic
<i>Phlegmariurus treitubensis</i> (Silveira) B.Øllg.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Lycopodiella alopecuroides</i> (L.) Cranfill	Herbaceous	Terricolous
<i>Palhinhaea cernua</i> (L.) Franco & Vasc.	Herbaceous	Terricolous
SELAGINELLACEAE		
<i>Selaginella amazonica</i> Spring	Herbaceous	Terricolous
<i>Selaginella arenaria</i> Baker	Herbaceous	Terricolous
<i>Selaginella bahiensis</i> Spring	Herbaceous	Terricolous
<i>Selaginella conduplicata</i> Spring	Herbaceous	Terricolous
<i>Selaginella decomposita</i> Spring	Herbaceous	Terricolous
<i>Selaginella erythropus</i> (Mart.) Spring	Herbaceous	Terricolous
<i>Selaginella flagellata</i> Spring	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Selaginella flexuosa</i> Spring	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Selaginella marginata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Spring	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Selaginella microphylla</i> (Kunth) Spring	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Selaginella muscosa</i> Spring	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Selaginella producta</i> Baker	Herbaceous	Terricolous
<i>Selaginella simplex</i> Baker	Herbaceous	Terricolous
<i>Selaginella stellata</i> Spring	Herbaceous	Terricolous
<i>Selaginella sulcata</i> (Desv. ex Poir.) Spring	Herbaceous	Terricolous
<i>Selaginella tenuissima</i> Fée	Herbaceous	Terricolous
<i>Selaginella valida</i> Alston	Herbaceous	Terricolous
FERNS		
ANEMIACEAE		
<i>Anemia flexuosa</i> Sw.	Herbaceous	Terricolous
<i>Anemia hirta</i> (L.) Sw.	Herbaceous	Terricolous
<i>Anemia mandiocana</i> Raddi	Herbaceous	Terricolous
<i>Anemia nervosa</i> Pohl	Herbaceous	Terricolous
<i>Anemia oblongifolia</i> (Cav.) Sw.	Herbaceous	Terricolous
<i>Anemia pastinacaria</i> Moritz ex Prantl	Herbaceous	Terricolous
<i>Anemia phyllitidis</i> (L.) Sw.	Herbaceous	Terricolous
<i>Anemia villosa</i> Humb. & Bonpl. ex Kunth	Herbaceous	Terricolous
ASPLENIACEAE		
<i>Asplenium abscissum</i> Willd.	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Asplenium auriculatum</i> Sw.	Herbaceous	Rupicolous
<i>Asplenium auritum</i> Sw.	Herbaceous	Rupicolous
<i>Asplenium claussenii</i> Hieron.	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Asplenium cristatum</i> Lam.	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Asplenium feei</i> Kunze ex Fée	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Asplenium formosum</i> Willd.	Herbaceous	Rupicolous
<i>Asplenium inaequilaterale</i> Willd.	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Asplenium juglandifolium</i> Lam.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Asplenium laetum</i> Sw.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Asplenium martianum</i> C.Chr.	Herbaceous	Terricolous
<i>Asplenium otites</i> Link	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Asplenium praemorsum</i> Sw.	Herbaceous	Epiphytic/ Rupicolous
<i>Asplenium pumilum</i> Sw.	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Asplenium raddianum</i> Gaudich.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Asplenium salicifolium</i> L.	Herbaceous	Epiphytic

<i>Asplenium serra</i> Langsd. & Fisch.	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous/ Epiphytic
<i>Asplenium serratum</i> L.	Herbaceous	Epiphytic/ Rupicolous
ATHYRIACEAE		
<i>Diplazium celtidifolium</i> Kunze	Herbaceous	Terricolous
<i>Diplazium cristatum</i> (Desv.) Aslton	Herbaceous	Terricolous
<i>Diplazium expansum</i> Willd.	Herbaceous	Terricolous
<i>Diplazium plantaginifolium</i> (L.) Urb.	Herbaceous	Terricolous
<i>Diplazium</i> sp.	Herbaceous	Terricolous
BLECHNACEAE		
<i>Blechnum brasiliense</i> Desv.	Herbaceous	Terricolous
<i>Blechnum gracile</i> Kaulf.	Herbaceous	Terricolous
<i>Blechnum fraxineum</i> Willd.	Herbaceous	Terricolous
<i>Blechnum occidentale</i> L.	Herbaceous	Terricolous
<i>Blechnum serrulatum</i> Rich.	Herbaceous	Terricolous
<i>Salpichlaena volubilis</i> (Kaulf.) J. Sm.	Climbing	Hemiepiphytic
CYATHEACEAE		
<i>Alsophila setosa</i> Kaulf.	Arborescent	Terricolous
<i>Alsophila sternbergii</i> (Sternb.) D.S.Conant	Arborescent	Terricolous
<i>Cyathea abbreviata</i> I.Fern.	Arborescent	Terricolous
<i>Cyathea atrovirens</i> (Langsd. & Fisch.) Domin	Arborescent	Terricolous
<i>Cyathea corcovadensis</i> (Raddi) Domin	Arborescent	Terricolous
<i>Cyathea delgadii</i> Sternb.	Arborescent	Terricolous
<i>Cyathea glaziovii</i> (Fée) Domin	Arborescent	Terricolous
<i>Cyathea microdonta</i> (Desv.) Domin	Arborescent	Terricolous
<i>Cyathea phalerata</i> Mart.	Arborescent	Terricolous
<i>Cyathea praecincta</i> (Kunze) Domin	Arborescent	Terricolous
<i>Cyathea pungens</i> (Willd.) Domin	Arborescent	Terricolous
DENNSTAEDTIACEAE		
<i>Dennstaedtia cicutaria</i> (Sw.) T.Moore	Herbaceous	Terricolous
<i>Dennstaedtia globulifera</i> (Poir.) Hieron.	Herbaceous	Terricolous
<i>Hypolepis repens</i> (L.) C.Presl	Climbing	Terricolous
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	Herbaceous	Terricolous
DRYOPTERIDACEAE		
<i>Bolbitis serratifolia</i> Schott	Herbaceous	Terricolous
<i>Ctenitis distans</i> (Brack.) Ching	Herbaceous	Terricolous
<i>Ctenitis falciculata</i> (Raddi) Ching	Herbaceous	Terricolous
<i>Ctenitis sloanei</i> (Poepp. ex Spreng.) C.V.Morton	Herbaceous	Terricolous
<i>Ctenitis submarginalis</i> (Langsd. & Fisch.) Ching	Herbaceous	Terricolous
<i>Cyclodium heterodon</i> (Schr.) Moore	Herbaceous	Terricolous
<i>Cyclodium meniscioides</i> (Willd.) C. Presl var. <i>meniscioides</i>	Herbaceous	Terricolous
<i>Didymochlaena truncatula</i> (Sw.) J.Sm.	Herbaceous	Terricolous
<i>Elaphoglossum discolor</i> (Kuhn) C.Chr.	Herbaceous	Terricolous
<i>Elaphoglossum glabellum</i> J.Sm.	Herbaceous	Epiphytic/ Terricolous
<i>Elaphoglossum herminieri</i> (Bory & Fée) T.Moore	Herbaceous	Epiphytic
<i>Elaphoglossum iguapense</i> Brade	Herbaceous	Epiphytic/ Terricolous
<i>Elaphoglossum lingua</i> (C.Presl) Brack.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Elaphoglossum macrophyllum</i> (Mett. ex Kuhn) Christ	Herbaceous	Epiphytic/ Terricolous
<i>Elaphoglossum nigrescens</i> (Hook.) T.Moore ex Diels	Herbaceous	Epiphytic/ Terricolous
<i>Elaphoglossum tamandarei</i> Brade	Herbaceous	Epiphytic/ Terricolous
<i>Lastreopsis amplissima</i> (C.Presl) Tindale	Herbaceous	Terricolous
<i>Lastreopsis effuse</i> (Sw.) Tindale	Herbaceous	Terricolous
<i>Megalastrum eugenii</i> (Brade) A.R.Sm. & R.C.Moran	Herbaceous	Terricolous
<i>Mickelia guianensis</i> (Aubl.) R.C. Moran et al.	Climbing	Hemiepiphytic
<i>Olfersia cervina</i> (L.) Kunze	Herbaceous	Terricolous
<i>Polybotrya cylindrica</i> Kaulf.	Climbing	Hemiepiphytic
<i>Polybotrya sorbifolia</i> Mett. ex Kuhn	Climbing	Hemiepiphytic
<i>Rumohra adiantiformis</i> (G.Forst.) Ching	Herbaceous	Terricolous
<i>Stigmatopteris brevinervis</i> (Fée) R.C.Moran	Herbaceous	Terricolous
<i>Stigmatopteris heterocarpa</i> (Fée) Rosenst.	Herbaceous	Terricolous
GLEICHENIACEAE		
<i>Dicranopteris flexuosa</i> (Schr.) Underw.	Herbaceous	Terricolous
<i>Dicranopteris linearis</i> (Burm.f.) Underw.	Herbaceous	Terricolous
<i>Gleichenella pectinata</i> (Willd.) Ching	Herbaceous	Terricolous
<i>Sticherus bifidus</i> (Willd.) Ching	Herbaceous	Terricolous
HYMENOPHYLLACEAE		

<i>Didymoglossum angustifrons</i> Fée	Herbaceous	Rupicolous
<i>Didymoglossum hymenoides</i> Hedw.	Herbaceous	Epiphytic/ Rupicolous
<i>Didymoglossum krausii</i> Hook. & Grev	Herbaceous	Epiphytic/ Rupicolous
<i>Didymoglossum ovale</i> E.Fourn.	Herbaceous	Epiphytic/ Rupicolous
<i>Hymenophyllum abruptum</i> Hook.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Hymenophyllum hirsutum</i> (L.) Sw.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Hymenophyllum polyanthos</i> (Sw.) Sw.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Trichomanes arbuscula</i> Desv.	Herbaceous	Terricolous/ Epiphytic
<i>Trichomanes crispum</i> L.	Herbaceous	Terricolous
<i>Trichomanes pellucens</i> Kunze	Herbaceous	Epiphytic/ Rupicolous
<i>Trichomanes pilosum</i> Raddi	Herbaceous	Terricolous
<i>Trichomanes pedicellatum</i> Desv.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Trichomanes pinnatum</i> Hedw.	Herbaceous	Terricolous
<i>Trichomanes plumosum</i> Kunze	Herbaceous	Terricolous/ Epiphytic
<i>Trichomanes polypodioides</i> Raddi	Herbaceous	Epiphytic/ Rupicolous
<i>Trichomanes punctatum</i> Poir.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Trichomanes robustum</i> E.Fourn.	Herbaceous	Terricolous/ Epiphytic
LINDSAEACEAE		
<i>Lindsaea guianensis</i> (Aubl.) Dryand.	Herbaceous	Terricolous
<i>Lindsaea lancea</i> (L.) Bedd. var. <i>Lancea</i>	Herbaceous	Terricolous
<i>Lindsaea lancea</i> var. <i>falcata</i> (Dryand.) Rosenst.	Herbaceous	Terricolous
<i>Lindsaea ovoidea</i> Fée	Herbaceous	Terricolous
<i>Lindsaea pallida</i> Klotzsch	Herbaceous	Terricolous
<i>Lindsaea quadrangularis</i> Raddi	Herbaceous	Terricolous
<i>Lindsaea stricta</i> (Sw.) Dryand.	Herbaceous	Terricolous
LOMARIOPSIDACEAE		
<i>Lomariopsis japurensis</i> (Mart.) J. Sm.	Climbing	Hemiepiphytic
<i>Nephrolepis biserrata</i> (Sw.) Schott	Herbaceous	Terricolous
<i>Nephrolepis cordifolia</i> (L.) C.Presl	Herbaceous	Terricolous
<i>Nephrolepis exaltata</i> (L.) Schott	Herbaceous	Terricolous
<i>Nephrolepis rivularis</i> (Vahl) Mett. ex Krug	Herbaceous	Terricolous
LYGODIACEAE		
<i>Lygodium venustum</i> Sw.	Climbing	Terricolous
<i>Lygodium volubile</i> Sw.	Climbing	Terricolous
MARATTIACEAE		
<i>Danaea leprieurii</i> Kunze	Herbaceous	Terricolous
OLEANDRACEAE		
<i>Oleandra articulata</i> (Sw.) C.Presl	Herbaceous	Epiphytic/ Rupicolous
POLYPODIACEAE		
<i>Campyloneurum angustifolium</i> (Sw.) Fée	Herbaceous	Epiphytic/ Rupicolous
<i>Campyloneurum phyllitidis</i> (L.) C. Presl	Herbaceous	Epiphytic/ Rupicolous
<i>Campyloneurum repens</i> (Aubl.) C. Presl	Herbaceous	Epiphytic/ Rupicolous
<i>Cochlidium linearifolium</i> (Desv.) Maxon ex C.Chr.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Cochlidium serrulatum</i> (Sw.) L.E. Bishop	Herbaceous	Epiphytic
<i>Dicranoglossum desvauxii</i> (Klotzsch) Proctor	Herbaceous	Epiphytic
<i>Dicranoglossum furcatum</i> (L.) J. Sm.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Dicranoglossum polypodioides</i> (Hooker) Lellinger	Herbaceous	Epiphytic
<i>Lellingeria apiculata</i> (Kunze ex Klotzsch) A.R.Sm. & R.C.Moran	Herbaceous	Epiphytic
<i>Lellingeria limula</i> (Christ) A.R.Sm. & R.C.Moran	Herbaceous	Epiphytic
<i>Lellingeria suspensa</i> (L.) A.R.Sm. & R.C.Moran	Herbaceous	Epiphytic
<i>Microgramma crispata</i> (Fée) R.M.Tryon & A.F.Tryon	Herbaceous	Epiphytic
<i>Microgramma geminata</i> (Schr.) R.M.Tryon & A.F.Tryon	Herbaceous	Epiphytic
<i>Microgramma lycopodioides</i> (L.) Copel.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Microgramma persicariifolia</i> (Schr.) C.Presl	Herbaceous	Epiphytic
<i>Microgramma squamulosa</i> (Kaulf.) de la Sota	Herbaceous	Epiphytic
<i>Microgramma tecta</i> (Kaulf.) Alston	Herbaceous	Epiphytic
<i>Microgramma vacciniifolia</i> (Langsd. & Fisch.) Copel.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Micropolypodium nanum</i> (Fée) A.R.Sm.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Niphidium crassifolium</i> (L.) Lellinger	Herbaceous	Epiphytic
<i>Pecuma camptophyllaria</i> (Fée) M.G. Price	Herbaceous	Epiphytic
<i>Pecuma hygrometrica</i> (Splitg.) M.G.Price	Herbaceous	Epiphytic
<i>Pecuma paradiseae</i> (Langsd. & Fisch.) M.G.Price	Herbaceous	Epiphytic
<i>Pecuma pectinata</i> (L.) M.G.Price	Herbaceous	Epiphytic
<i>Pecuma pectinatiformis</i> (Lindm.) M.G.Price	Herbaceous	Epiphytic
<i>Pecuma pilosa</i> (A.M.Evans) M.Kessler & A.R.Sm.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Pecuma plumula</i> (Willd.) M.G.Price	Herbaceous	Epiphytic

<i>Pecluma ptilodon</i> (Kunze) M.G.Price	Herbaceous	Epiphytic
<i>Pecluma ptilodon</i> var. <i>robusta</i> (Fée) Lellinger	Herbaceous	Terricolous
<i>Phlebodium areolatum</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) J.Sm.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Phlebodium aureum</i> (L.) J.Sm.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Phlebodium decumanum</i> (Willd.) J.Sm.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Phlebodium pseudoaureum</i> (Cav.) Lellinger	Herbaceous	Epiphytic
<i>Pleopeltis angusta</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Pleopeltis astrolepis</i> (Liebm.) E. Fourn.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Pleopeltis hirsutissima</i> (Raddi) de la Sota	Herbaceous	Epiphytic
<i>Pleopeltis macrocarpa</i> (Bory ex Willd.) Kaulf.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Pleopeltis polypodioides</i> (L.) Andrews & Windham	Herbaceous	Epiphytic
<i>Polypodium brasiliense</i> Poir.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Polypodium dissimile</i> L.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Polypodium dulce</i> Poir.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Polypodium loriceum</i> L.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Polypodium pectinatum</i> L.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Serpocaulon catharinae</i> (Langsd. & Fisch.) A.R.Sm.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Serpocaulon fraxinifolium</i> (Jacq.) A.R.Sm.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Serpocaulon meniscifolium</i> (Langsd. & Fisch.) A.R.Sm.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Serpocaulon triseriale</i> (Sw.) A.R.Sm.	Herbaceous	Epiphytic
PSILOACEAE		
<i>Psilotum nudum</i> (L.) P.Beauv.	Herbaceous	Epiphytic
PTERIDACEAE		
<i>Acrostichum danaeifolium</i> Langsd. & Fisch.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantopsis radiata</i> (L.) Fée	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum abscissum</i> Schrad.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum argutum</i> Splitg.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum cajennense</i> Willd. ex Klotzsch	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum concinnum</i> Willd.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum cuneatum</i> Langsd. & Fisch.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum curvatum</i> Kaulf.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum deflectens</i> Mart.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum diogoanum</i> Glaz. ex Baker	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum dolosum</i> Kunze	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum giganteum</i> J.Prado	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum glareosum</i> Lindm.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum glaucescens</i> Klotzsch	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum humile</i> Kunze	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum intermedium</i> Sw.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum latifolium</i> Lam.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum lucidum</i> (Cav.) Sw.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum macrophyllum</i> Sw.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum obliquum</i> Willd.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum petiolatum</i> Desv.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum pulverulentum</i> L.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum raddianum</i> C.Presl	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum serratodentatum</i> Willd.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum tenerum</i> Sw.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum terminatum</i> Kunze ex Miq.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum tetraphyllum</i> (Humb. & Bonpl.) Willd.	Herbaceous	Terricolous
<i>Adiantum villosum</i> L.	Herbaceous	Terricolous
<i>Ceratopteris thalictroides</i> (L.) Brong	Herbaceous	Terricolous
<i>Cheilanthes eriophora</i> (Fée) Mett.	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Doryopteris collina</i> (Raddi) J.Sm.	Herbaceous	Terricolous
<i>Doryopteris concolor</i> (Langsd. & Fisch.) J.Sm.	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Doryopteris ornithopus</i> (Hook. & Baker) J.Sm.	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Doryopteris pedata</i> (L.) Fée	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Doryopteris pedata</i> var. <i>multipartita</i> (Fée)	Herbaceous	Terricolous/ Rupicolous
<i>Doryopteris pentagona</i> Pic.Serm	Herbaceous	Rupicolous
<i>Doryopteris sagittifolia</i> (Raddi) J.Sm.	Herbaceous	Rupicolous
<i>Doryopteris varians</i> (Raddi) J.Sm.	Herbaceous	Rupicolous
<i>Doryopteris</i> sp.	Herbaceous	Rupicolous
<i>Hecistopteris pumila</i> (Spreng.) J.Sm.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Hemionitis palmata</i> L.	Herbaceous	Rupicolous
<i>Hemionitis tomentosa</i> (Lam.) Raddi	Herbaceous	Terricolous
<i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.) Link var. <i>calomelanos</i>	Herbaceous	Terricolous

<i>Polytaenium cajanense</i> (Desv.) Benedict	Herbaceous	Epiphytic
<i>Polytaenium guayanense</i> (Hieron.) Alston	Herbaceous	Epiphytic
<i>Pteris biaurita</i> L.	Herbaceous	Terricolous
<i>Pteris brasiliensis</i> Raddi	Herbaceous	Terricolous
<i>Pteris decurrens</i> C.Presl	Herbaceous	Terricolous
<i>Pteris denticulata</i> Sw. var. <i>denticulata</i>	Herbaceous	Terricolous
<i>Pteris leptophylla</i> Sw.	Herbaceous	Terricolous
<i>Pteris schwackeana</i> Christ	Herbaceous	Terricolous
<i>Pteris splendens</i> Kaulf.	Herbaceous	Terricolous
<i>Pteris vittata</i> L.	Herbaceous	Terricolous
<i>Vittaria costata</i> Kunze	Herbaceous	Epiphytic
<i>Vittaria graminifolia</i> Kaulf.	Herbaceous	Epiphytic
<i>Vittaria lineata</i> (L.) J.E. Smith	Herbaceous	Epiphytic
SACCOLOMATACEAE		
<i>Saccoloma elegans</i> Kaulf.	Herbaceous	Terricolous
<i>Saccoloma inaequale</i> (Kunze) Mett.	Herbaceous	Terricolous
SCHIZAEACEAE		
<i>Schizaea elegans</i> (Vahl.) Sw.	Herbaceous	Terricolous
TECTARIACEAE		
<i>Tectaria heracleifolia</i> (Willd.) Underw.	Herbaceous	Terricolous
<i>Tectaria incisa</i> Cav.	Herbaceous	Terricolous
<i>Triplophyllum boliviensis</i> J. Prado & R.C. Moran	Herbaceous	Terricolous
<i>Triplophyllum dicksonioides</i> (Fée) Holttum	Herbaceous	Terricolous
<i>Triplophyllum funestum</i> (Kunze) Holttum	Herbaceous	Terricolous
THELYPTERIDACEAE		
<i>Macrothelypteris torresiana</i> (Gaudich.) Ching	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris abrupta</i> (Desv.) Proctor	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris biolleyi</i> (Christ) Proctor	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris conspersa</i> (Schrad.) A.R.Sm.	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris crysodioides</i> (Fée) C.V.Morton	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris decussata</i> (L.) Proctor	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris dentata</i> (Forssk.) E.P.St.John	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris hispidula</i> (Decne.) C.F. Reed	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris interrupta</i> (Willd.) K. Iwats	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris jamesonii</i> (Hook.) R.M.Tryon	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris kunthii</i> (Desv.) Morton	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris leprieurii</i> (Hook.) R.M.Tryon var. <i>leprieurii</i>	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris longifolia</i> (Desv.) R.M.Tryon	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris macrophylla</i> (Kunze) C.V. Morton	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris mexiae</i> (C.Chr. ex Copel.) Ching	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris patens</i> (Sw.) Small	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris poiteana</i> (Bory) Proctor	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris polypodioides</i> (Raddi) C.F. Reed	Herbaceous	Terricolous
<i>Thelypteris serrata</i> (Cav.) Alston	Herbaceous	Terricolous

Manuscrito II

**Samambaias e licófitas de Florestas Montanas do Nordeste do Brasil: evidenciando
refúgios de diversidade**

Artigo a ser enviado à Revista

Biodiversity and Conservation

Samambaias e licófitas de Florestas Montanas do Nordeste do Brasil: evidenciando refúgios de diversidade

Ivo Abraão Araújo da Silva

Resumo

Tem se sugerido que a alta biodiversidade observada nas Florestas Serranas do Nordeste do Brasil apresenta relação com a teoria de refúgios, que são formações florestais que mantiveram estabilidade climática ao longo de períodos geológicos. Segundo alguns autores, os refúgios devem apresentar um número de espécies superior ao esperado pela relação espécie-área, sendo o excedente explicado por fatores históricos e especificidade ambiental. O objetivo dessa pesquisa foi verificar se existem evidências da teoria de refúgio para as Florestas Serranas do Nordeste ao Norte do rio São Francisco. Para isso, 28 fragmentos de Florestas Serranas tiveram os seus resíduos das análises de regressão comparados com os resíduos de 23 fragmentos de Florestas de Terras Baixas. E foram verificadas as relações entre os resíduos da relação espécie-área e a representatividade de samambaias e licófitas epífitas, restritas e riqueza de licófitas. As Florestas Serranas apresentaram resíduos com valores maiores e positivos com mais frequência que os resíduos observados para as Florestas de Terras Baixas. Isso indica uma riqueza maior que à esperada pela relação espécie-área. Além disso, o número de espécies epífitas, restritas e a riqueza de licófitas mostraram correlação positiva com os resíduos das análises da relação espécie-área. Estes resultados trazem evidências de que as Florestas Serranas podem ser refúgios de diversidade de samambaias e licófitas e compõem um elemento de grande relevância para a manutenção da diversidade desses grupos na Floresta Atlântica Nordestina. Nesse sentido, as estratégias de conservação precisam ser de abrangência regional, devido à existência de complementaridade entre as composições de espécies ocorrentes nas Florestas Serranas.

Palavras-chave: plantas vasculares sem sementes, brejos de altitude, relação espécie-área, ecologia vegetal, conservação de criptógamos.

Introdução

A Floresta Atlântica é considerada um hotpost mundial de prioridade para a conservação devido ao seu alto grau de degradação ambiental e sua alta biodiversidade (Myers et al. 2000). Dentre as variações de Floresta Atlântica ocorrentes no Nordeste do Brasil, mas precisamente ao norte do rio São Francisco, existem as Florestas Montanas ou, como denominadas regionalmente, Florestas Serranas (Andrade-Lima 1966) que possuem altitude a partir de 600 m e podem estar situadas tanto em tabuleiros próximos ao litoral (em conectividade com Florestas Úmidas Submontana e/ou de Terras Baixas) quanto ao oeste da região, dentro do domínio do semiárido, nesse caso, podendo ser chamadas de Brejos Nordestinos (Sales et al. 1998). As Florestas Serranas estão inseridas no Centro de Endemismo Pernambuco e possuem elevada importância biológica devido à diversidade e endemismo de plantas e animais, nascentes aquíferos e complexidade ecossistêmica (Prance 1982; Silva et al. 2004).

A teoria de refúgios (Haffer 1969) sustenta uma das hipóteses existentes na literatura para explicar a alta diversidade e as altas taxas de endemismo observadas nas Florestas Serranas (Andrade-Lima 1982; Borges-Nojosa e Caramaschi 2003). Refúgios são remanescentes florestais dos ciclos de expansão e retração das florestas úmidas que foram iniciados durante o Pleistoceno e são representados por Florestas Montanas que mantiveram estabilidade climática ao longo do tempo geológico (Fjedsa e Lovett 1997), por tanto, têm alta diversidade e endemismo, sendo áreas a partir das quais as espécies se dispersaram quando as condições climáticas se tornaram mais favoráveis (Aldasoro et al. 2004).

Um dos fatores considerados determinantes para a riqueza de espécies é a relação espécie-área (MacArthur e Wilson 1967; Ricklefs 2001; Whittaker et al. 2001; Karger et al. 2011). Aldasoro et al. (2004) destacam que os resíduos das análises de regressão entre a relação espécies-área expressam as diferenças entre o número de espécies por localidade, e o número de espécies esperado caso a localidade estivesse na linha de regressão. Assim, áreas com altos valores de resíduos positivos indicam uma riqueza maior que a esperada pela relação espécie-área, e essa parcela da variação na riqueza não explicada pode ser atribuída a outros fatores, como fatores históricos e especificidade ambiental, por exemplo.

Nesse sentido, alguns trabalhos têm utilizado os resíduos resultantes das análises de regressão espécie-área para identificar localidades como potenciais refúgios (e.g.

Hobohm 2000; Aldasoro et al. 2004). Embora existam críticas à teoria de refúgios (ver Colinvaux et al. 2000), muitos estudos têm sugerido sua funcionalidade, baseados em estudos de distribuição de plantas e animais, direcionando para uma abordagem prática de conservação biológica, pois os refúgios além de possuírem maior diversidade de espécies possuem também maior diversidade genética, ecossistêmica e histórica (Mayr e O'Hara 1986; Lwanga et al. 1998; Harcourt 2000; Haffer 2001; Linder 2001; Aldasoro et al. 2004; Borges 2007).

Para as samambaias e licófitas, as Florestas Serranas do Nordeste do Brasil, apresentam grande relevância no panorama da conservação, pois de cerca de 350 espécies desses grupos registradas para a região, mais de 80% são encontradas em Florestas Serranas distribuídas na Paraíba, Pernambuco e Ceará (Barros 1997). Embora grupos evolutivamente distintos, samambaias e licófitas apresentam ecologia e história de vida similares, compartilhando nichos semelhantes, normalmente associados à disponibilidade hídrica (Márquez et al. 2001; Guo et al. 2003; Watkins et al. 2007; Hietz 2010). Estes grupos de plantas apresentam dependência direta aos fatores abióticos, tendo em vista serem independentes de vetores biológicos para sua reprodução e capazes de se dispersar por longas distâncias, características que fazem das samambaias e licófitas, especialmente as epífitas, boas indicadoras de solo, clima e topografia (Kessler 2001; Lehmann et al 2002; Ferrer-Castan e Vetaas 2005; Bickford e Laffan 2006; Arcand e Ranker 2008).

A alta representatividade de samambaias e licófitas em Florestas Serranas quando comparadas às Florestas Submontanas e de Terras Baixas é uma questão que sempre despertou curiosidade entre pesquisadores e que, do ponto de vista da biologia da conservação, compõe uma abordagem prática para avaliar e definir áreas estratégicas para proteção da biodiversidade. Além disso, é nas Florestas Serranas que ocorre a maior representatividade de licófitas na região ao norte do rio São Francisco (Santiago 2006). As licófitas constituem um grupo de origem muito antiga, cerca de mais de 350-410 milhões de anos atrás (Kenrick e Crane 1997), que atualmente representam menos de 1% de todas as plantas vasculares (Smith et al. 2006) e apresentam baixa representatividade ao norte do rio São Francisco (Centro de Endemismo Pernambuco) quando comparadas às outras regiões de Floresta Atlântica do Brasil (Santiago 2006).

Considerando as premissas da análise dos resíduos, as Florestas Serranas teriam maior diversidade que a esperada pela relação espécie-área, quando comparadas às

Terras Baixas, devido aos fatores históricos do tempo de formação e da especificidade de habitat. Para as samambaias e licófitas isso pode ser associado à longa história evolutiva e a especificidade ambiental. Nesse sentido, esse trabalho se propôs analisar: (1) as áreas de Florestas Serranas possuem maior excedente de espécies não explicado pela relação espécie-área que as áreas de Terras Baixas? (2) existe ligação entre a riqueza de espécies não explicada pela relação espécie-área e a representatividade de espécies epífitas, restritas e de licófitas? (3) as variações florísticas entre as áreas de Florestas Serranas (beta-diversidade) estão relacionadas com a distância geográfica e as mudanças físicas do ambiente?

Métodos

Área de estudo

Os locais selecionados para a pesquisa correspondem a 28 fragmentos de Florestas Serranas (a partir de 600 m altitude), localizadas no Nordeste do Brasil, nos estados do Ceará (4), Paraíba (2) e Pernambuco (22) (Figure 1). Desses fragmentos, 25 são brejos de altitude: disjunções de florestas tropicais úmidas com precipitações de até 1200 mm year⁻¹ (Tabarelli e Santos 2004) que cobrem os topos de alguns platôs isolados dentro da grande depressão da Caatinga, vegetação xerófila adaptada ao clima quente e seco (Santos et al. 2007).

Todos os fragmentos de Florestas Serranas analisados estão inseridos no chamado “Centro de Endemismo Pernambuco” que abrange todas as florestas tropicais úmidas (Floresta Atlântica) ocorrentes no Nordeste, ao norte do rio São Francisco (Sensu Prance 1982, 1987). O “Centro de Endemismo Pernambuco” é formado por Florestas de Terras Baixas (0-100), Submontanas (100-600) e Montanas (600-2000) com três tipos florestais: Ombrófila Densa, Ombrófila Aberta e Estacional Semidecidual (Velooso et al. 1991). Esta subregião já cobriu uma área composta por um bloco contínuo de floresta de 56.000 km² da costa até as escarpas do Planalto do Borborema (Silva et al. 2004) e tem sido identificada como um importante centro de endemismo para muitos grupos de plantas e outros organismos (Prance 1982; Andrade-Lima 1982; Borges-Nojosa e Caramaschi 2003; Silva et al. 2003).

Conjunto de dados

Os dados referentes à riqueza e a composição das samambaias e licófitas foram obtidos a partir de publicações da literatura; do banco de dados do Laboratório de Pteridófitas da Universidade Federal de Pernambuco; e de novos levantamentos florísticos realizados pelos autores. Adicionalmente, foram visitados os herbários dos estados de Pernambuco e Paraíba, PEUFR, UFP, IPA, EAN e JPB (Thiers 2012) com o intuito de ampliar a base de dados, registrar e identificar material. O conjunto de dados foi utilizado para a elaboração de uma matriz de presença e ausência de espécies de samambaias e licófitas por fragmento.

Para padronizar o esforço amostral, os novos levantamentos florísticos seguiram a mesma metodologia usada nos levantamentos anteriores. A metodologia consistiu de três excursões para cada área de estudo, com duração de seis dias cada uma delas. Para cada fragmento, o levantamento florístico foi realizado através de caminhadas sistematizadas, com prioridade aos habitats preferenciais de ocorrência das samambaias e licófitas (Ambrósio e Barros 1997). Em relação às epífitas, foram incluídas apenas as espécies que puderam ser coletadas e identificadas sem técnicas de arborismo, ou seja, as que foram encontradas em troncos ou árvores caídas, além daquelas que puderam ser visualizadas até uma altura de 6 m.

Os espécimes foram coletados e preparados de acordo com a metodologia padrão utilizada para as plantas vasculares (Mori et al. 1989). O material testemunho foi depositado no Herbário UFP (Thiers 2012). As espécies foram identificadas através do uso de literatura especializada para cada família ou gênero. O sistema de classificação adotado seguiu Smith *et al.* (2006, 2008), com modificações de Rothfels *et al.* (2012) para o tratamento da família Athyriaceae e de Moran *et al.* (2010) para o gênero *Mickelia* R.C. Moran et al. e as espécies do gênero *Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd. foram consideradas de acordo com Prado & Sylvestre (2012). Os nomes dos autores foram abreviados conforme o International Plant Names Index (IPNI), disponível em www.ipni.org.

Foram utilizados os seguintes dados para o conjunto dos fragmentos analisados:

- A localização geográfica (longitude, latitude e altitude), a área de cada fragmento e as distâncias entre eles. A área de cada fragmento foi calculada através do ArcView 3.2a (ESRI 2001) utilizando mapas digitalizados e imagens de satélite LANDSAT ETM+ 2000, com 30 m de resolução. As distâncias geográficas entre pares de

fragmentos foram calculadas através das coordenadas geográficas usadas para gerar matriz de distância no programa PC-ORD 6 (McCune e Mefford 2010);

- As variáveis climáticas temperatura média anual, precipitação anual, isotermalidade, média de temperatura do quartil mais seco, média de temperatura do quartil mais úmido, precipitação do quartil mais seco, precipitação do quartil mais úmido, precipitação sazonal e sazonalidade térmica. Esses dados climáticos foram obtidos através do BIOCLIM (Global Climate Date), disponível em <http://www.worldclim.org/bioclim>. BIOCLIM é uma ferramenta de modelagem correlativa que interpola até 35 parâmetros climáticos para qualquer localidade onde latitude, longitude e elevação são conhecidas (ver Nix 1986; Houlder et al. 2001). Entre os principais parâmetros climáticos oferecidos pelo BIOCLIM, foram selecionados os mais importantes para os grupos das samambaias e licófitas, segundo informações de literatura. Entre esses parâmetros, foram realizados testes estatísticos para identificar variáveis autocorrelacionadas com o intuito de evitar análises com variáveis redundantes. Assim, no modelo final de análises estatísticas utilizadas para investigar a influência de parâmetros climáticos sobre os dados biológicos, apenas as variáveis sazonalidade térmica e precipitação sazonal foram incluídas;
- Os tipos florestais e tipos de solos. Os tipos florestais considerados para cada área de estudo seguiram o “Manual técnico da vegetação brasileira” (IBGE 2012). A partir disso, foram criadas as categorias de tipos de floresta dadas a seguir: Tipo 1, Floresta Ombrófila Aberta Montana (A); tipo 2, Floresta Estacional Semidecidual Montana (F); tipo 3, Floresta Ombrófila Aberta Montana (A) + Floresta Estacional Semidecidual Montana (F); tipo 4, Floresta Estacional Semidecidual Montana (F) + Área de Tensão Ecológica (TE); e tipo 5, Área de Tensão Ecológica (TE). A “Área de Tensão Ecológica” foi considerada como uma região de ocorrência de vegetação mista de Savana e Floresta Estacional. Como a Floresta Ombrófila Aberta Montana apresenta dossel mais denso que a Floresta Estacional Semidecidual Montana, a qual, por sua vez, é mais densa que a Área de Tensão Ecológica; nesse estudo, foi adotado o seguinte gradiente de umidade para as para as categorias de tipos florestais: tipo 1 > tipo 3 > tipo 2 > tipo 4 > tipo 5. Os tipos de solo seguiram a classificação do EMBRAPA para os solos do Nordeste do Brasil, disponível em <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos>. As categorias dos tipos de solo consideradas foram: Tipo 1, Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA); tipo 2, Latossolos Amarelos

(LA); tipo 3, Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) + Latossolos Amarelos (LA); tipo 4, Neossolos Quartzarênicos (RQo) + Neossolos Litólicos (RL) + Latossolos Amarelos (LA); e tipo 5, Neossolos Litólicos (RL) + Latossolos Amarelos (LA).

Hipóteses e análise dos dados

Para testar a hipótese de que as Florestas Serranas são potenciais refúgios, possuindo maior excedente de espécies não explicado pela relação espécie-área, foram selecionados 23 fragmentos de Floresta Atlântica de Terras Baixas a Submontanas, com variação de tamanhos similar aos das Florestas Serranas. Análises de regressão foram realizadas entre as áreas e os números de espécies e, em seguida, os resíduos resultantes dessa regressão foram analisados comparativamente entre Florestas Serranas e Florestas de Terras Baixas através de um teste-t. As análises de regressão e o teste-t foram realizados no programa Statistica 8.0 (StatSoft 2007). Os dados referentes à riqueza (número de espécies por fragmento) e ao tamanho de cada fragmento foram transformados em log10 para atender aos pré-requisitos de normalidade e homogeneidade das variâncias.

Como mencionado anteriormente, samambaias e licófitas epífitas e de ocorrência restrita são apontadas como indicadoras ambientais, com muitas espécies apresentando especificidade a determinadas condições de habitats. Similarmente, a maioria das licófitas apresentam essas características e compõem um grupo antigo de plantas basais, pouco diversas, fiéis aos seus ambientes originais de ocorrência. Assim, se altos valores de resíduos positivos estão associados à parte da variação da riqueza não explicada pela área, mas sim por fatores históricos e/o de especificidade ambiental, espera-se que a representatividade de espécies de samambaias e licófitas epífitas e restritas e de espécies de licófitas seja positivamente relacionada a esse excedente de riqueza não explicado pela relação espécie-área.

Assim, as relações entre os resíduos das análises de regressão da relação espécie-área e o número de espécies epífitas, espécies restritas e a riqueza de licófitas foram verificadas através de testes de correlação de Spearman (não-paramétrico), realizados no programa Statistica 8.0 (StatSoft 2007). Foram consideradas como espécies restritas aquelas com ocorrência observada em apenas uma ou duas das áreas de Florestas Serranas estudadas.

A análise da diversidade beta foi desenvolvida através da decadência da similaridade pela distância entre as áreas (Condit et al. 2002). Para isso, foi aplicada uma análise de regressão linear simples, no programa Statistica 8.0 (StatSoft 2007), entre os índices de similaridade de Jaccard e a matriz de distância geográfica entre os fragmentos, ambos calculados no programa PC-ORD 6 (McCune e Mefford 2010). No mesmo programa, testes de Mantel foram aplicados para verificar a relação entre a distância geográfica e a variação ambiental, utilizando a matriz de distância entre os fragmentos e a matriz de dados físicos de cada fragmento.

Foram consideradas significantes as relações em que $p < 0,05$.

Resultados

Breve apresentação florística

O levantamento florístico das 28 áreas de Florestas Serranas analisadas resultou no registro de 273 espécies de plantas vasculares sem sementes, 244 delas samambaias e 29 licófitas (Apêndice 1). Ao todo, as espécies estão distribuídas entre 70 gêneros e 25 famílias, sendo mais representativas em espécies as famílias Pteridaceae (56 espécies), Polypodiaceae (48 espécies), Dryopteridaceae (26 espécies) e Thelypteridaceae (19 espécies). No total de espécies, 62% são terrestres, 34% epífitas e 4% terrestres e epífitas.

Houve grande variação entre as áreas quanto ao número de espécies, que foi de 11 a 140 (Tabela 2). O número de espécies com ocorrência restrita a apenas uma área foi 98 (36%), ocorrendo entre 2 e 10 áreas foram 138 (50%) e em mais que 10 áreas foram 37 (13%) espécies.

Relação espécie-área: evidências de refúgios

Os resultados das análises de regressão confirmaram a relação positiva existente entre a extensão da área e a riqueza de espécies ($R^2 = 0,55$; $P < 0,001$), independente do tipo de formação florestal, se de terras baixas, submontana ou montana (Figura 2). No entanto, as Florestas Serranas apresentaram resíduos com valores maiores e positivos com mais frequência que os resíduos observados para as Florestas de Terras Baixas ($t = 3,07$; $P < 0,003$) (Figura 3), indicando que Florestas Serranas apresentam maiores variações na riqueza, com números de espécies maiores que os esperados pela reta da regressão.

A riqueza específica de licófitas e os resíduos das análises de regressão para as Florestas Serranas apresentaram correlação positiva ($r = 0,52$; $P < 0,003$), quanto mais resíduos positivos com maiores valores, maior a ocorrência de espécies desse grupo (Figura 4). Similarmente, os mesmos resíduos também mostraram correlações positivas com a representatividade de espécies epífitas ($r = 0,77$; $P < 0,001$) e de espécies restritas ($r = 0,43$; $P = 0,01$) (Figura 5).

Diversidade beta

A análise da diversidade beta mostrou que a similaridade entre os fragmentos diminui com a distância geográfica ($R^2 = 0,09$; $P < 0,001$) (Figura 6), o que indica uma substituição de espécies, provavelmente, relacionada ao gradiente ambiental detectado pelos testes de Mantel, que mostrou uma significativa mudança nas condições ambientais com o aumento da distância geográfica ($r = 0,72$; $P < 0,001$).

Discussão

Breve apresentação florística

No Brasil ocorrem 1.176 espécies de samambaias e licófitas (Prado e Sylvestre 2012), das quais cerca de 350 estão presentes na região Nordeste (Barros et al. 2006). Diante disso, o número total de espécies registradas nas 28 áreas de Florestas Serranas analisadas (273) é bastante representativo, uma vez que corresponde a 78% das espécies de samambaias e licófitas da região.

As famílias mais representativas foram Pteridaceae, Polypodiaceae, Dryopteridaceae e Thelypteridaceae, abrangendo 54% do total de espécies encontradas nesse estudo. Elas são frequentemente destacadas em outros estudos na Floresta Atlântica nordestina como predominantes (Salino 1996; Melo e Salino 2002; Pietrobom e Barros 2007; Pereira et al. 2007; Pereira et al. 2011). Pteridaceae é um grupo tipicamente tropical (Smith et al. 2006) e Polypodiaceae comumente ocorre nos neotrópicos (Tryon e Tryon 1982). Thelypteridaceae tem sua riqueza de espécies relacionada com a diversidade de microhabitats disponíveis na vegetação, ocorrendo desde locais abertos ou fora da floresta até áreas sombreadas no interior da floresta (Salino 1996).

Comparando os nossos resultados a outros trabalhos que utilizaram metodologia similar para o censo das espécies epífitas, a predominância de espécies terrestres é um

padrão comumente observado em estudos com samambaias e licófitas, tanto em outras áreas do Nordeste do Brasil (Barros et al. 2006; Pietrobon e Barros 2007; Pereira et al. 2007), quanto em áreas nos Andes (Kessler 2001), no México (Williams-Linera et al. 2005) e na África tropical (Kamau 2012).

A tendência observada de apenas poucas espécies conseguirem alcançar ampla distribuição entre os fragmentos parece ser um padrão comum entre as samambaias e licófitas (Paris 1997; Kessler e Helme 1999; Kessler 2001). Kessler (2001), por exemplo, observou que a maioria das espécies registradas tinha distribuição restrita a poucas áreas, de modo que, de um total de 755 espécies distribuídas entre 65 áreas de estudo e 255 (34%) foram observadas em apenas uma localidade.

Relação espécie-área: evidências de refúgios

Os resultados mostraram que a riqueza de samambaias e licófitas responde às variações no tamanho dos fragmentos florestas. Como citado anteriormente, essa resposta era esperada e estudos têm mostrado que o número de espécies de samambaias é positivamente relacionado ao tamanho do fragmento florestal, pois fragmentos maiores são capazes de oferecer maior complexidade ambiental, com maior disponibilidade de nichos e, assim, estão aptos a abrigar maior número de espécies (Gignac e Dale 2005; Barros et al. 2006; Cagnolo et al. 2006).

Em relação às análises dos resíduos, os resultados apoiam a hipótese de que as Florestas Serranas podem ser consideradas potenciais refúgios de diversidade para samambaias e licófitas. Mesmo depois da análise da influência da área, que é um dos principais parâmetros para explicar riqueza de espécies, os fragmentos florestais apresentaram resíduos grandes e positivos, indicando que boa parte do número de espécies observado para a região é resultante de outros fatores (além do tamanho florestal), inclusive históricos. Esses resultados corroboram os estudos de Aldasoro et al. (2004) e Hobohm (2000) que verificaram que algumas ilhas que eram citadas como refúgios apresentavam valores altos e positivos dos resíduos das análises da regressão espécie-área, em detrimento de outras ilhas que apresentaram resíduos com valores negativos.

Lwanga et al. (1998) estudaram áreas de refúgios e outras localidades na África e surpreenderam-se por perceber que um dos principais fatores que influenciava a riqueza de espécies era a distância entre áreas de estudo e o refúgio mais próximo.

Similarmente, Saiz e Lobo (2008) ao estudarem a flora de samambaias e licófitas na Península Ibérica perceberam que as áreas mais ricas eram aquelas associadas às “paleoregiões”, áreas montanhosas que mantiveram estabilidade climática ao longo do tempo. A questão levantada pelos autores foi: Por que não há recolonização de novas espécies para as áreas menos ricas se as distâncias entre as localidades não formam barreira geográfica para esses grupos vegetais que apresentam elevada eficiência em dispersão?

Para Lwanga et al. (1998), as samambaias e licófitas tornaram-se adaptadas às condições do próprio refúgio, durante os períodos de contração das florestas, e possivelmente a distribuição atual dessas plantas é restringida pela incapacidade de sobreviver em diferentes ambientes e não pela dispersão. Saiz e Lobo (2008) completaram que não é só o fato de ser refúgio que proporciona a maior riqueza de espécies, mas também o fato da altitude auxiliar na preservação ambiental, uma vez que a antropização alterou drasticamente as planícies de baixas altitudes. No caso do atual estudo, esse argumento é um pouco questionável, pois a maioria das Florestas Serranas está situada em regiões semiáridas e sofrem variadas pressões antrópicas.

A área de Floresta Serrana localizada no município de Sanharó estava entre as mais alteradas. Por ser uma região onde a economia é movida pela produção de derivados animais, durante os períodos mais secos muitos criadores sobem com seus rebanhos para fazerem pastagens nas áreas de florestas úmidas, além de ser comum a alteração de áreas florestais para o desenvolvimento agrícola. Consequentemente, nessa região foram observadas apenas 12 espécies de samambaias, todas comuns e tolerantes a ambientes alterados, como *Blechnum occidentale*, *Microgramma Vacciniifolia* e *Thelypteris interrupta*, por exemplo.

Samambaias e licófitas são sensíveis aos impactos humanos (Grime 1985) e, segundo Pardini et al. (2009), dependem da disponibilidade de refúgios para dispersão. Refúgios são locais que apresentam estabilidade de longa data, e, devido a fatores históricos, climáticos, ecológicos e geográficos, apresentam particularidades intrínsecas a cada área, sendo, inclusive, diferentes entre si. Provavelmente é essa característica que diferencia os refúgios das demais localidades, pois mesmo após o retorno da estabilidade climática em suas adjacências, essas formações permanecem com distinta composição e riqueza de espécies (Lwanga et al. 1998; Saiz e Lobo 2008; Aldasoro et al. 2004).

Talvez essas informações expliquem o padrão encontrado para as licófitas e as espécies epífitas e restritas encontradas no atual estudo. As licófitas constituem um grupo de linhagem antiga (Pryer et al. 1995), sendo boa parte das suas espécies consideradas bioindicadoras ambientais, pois são muito específicas em relação aos seus habitats de ocorrência e sensíveis às alterações ambientais (Sharpe et al. 2010). Em relação às espécies epífitas e restritas, essa teoria de espécies indicadoras também se aplica.

Samambaias epífitas podem ser boas indicadoras de degradação ambiental e estrutura florestal, pois são sensíveis às condições climáticas, perturbação e mudanças nos fatores ambientais, e, em muitos casos, são mais vulneráveis que outras plantas (Hietz 1998; Krömer e Gradstein 2003; Oldekop 2012). Já o grupo das espécies restritas observadas nesse estudo é constituído por muitas espécies conhecidas por apresentarem especificidade ambiental, como as arborescentes do gênero *Cyathea*, as espécies do gênero *Trichomanes* e algumas do gênero *Diplazium* (Hietz e Briones 1998; Williams-Linera et al. 2005; Silva et al. 2011; Kamau 2012). O gênero *Trichomanes*, por exemplo, é composto por espécies que possuem frondes constituídas por apenas uma camada de célula, sendo sensíveis à dessecação e com ocorrência restrita a áreas com condições microclimáticas ideais aos seus desenvolvimentos, como sombreamento, umidade elevada e preservação ambiental, por exemplo (Santiago et al. 2004).

Diversidade beta

Em relação à análise de diversidade beta, a substituição de espécies de samambaias e licófitas ao longo de ambientes ou zonas ecológicas contrastantes é um fenômeno comum, dadas as características comportamentais que esses grupos apresentam em relação aos fatores físico-ambientais (Salovaara et al. 2004; Ferrer-Castan e Vetaas 2005; Karst et al. 2005; Sánchez-González et al. 2010; Kluge e Kessler 2011; Hernández et al. 2013; Jones et al. 2013). A baixa similaridade entre os fragmentos sugere um padrão determinístico na composição das espécies, pois o ambiente parece ter papel mais restritivo que o limite de dispersão ou qualquer flutuação aleatória (Karst et al. 2005; Hietz 2010).

Além disso, a substituição de espécies ao longo do gradiente ambiental sugere diferenças nas exigências ambientais das espécies, o que é reforçado pelo grande número de espécies restritas a apenas uma localidade (Tuomisto et al. 2003; Kluge et al.

2006). Neste estudo, isso é confirmado pela baixa observação de espécies tolerantes a todas as faixas de variação ambiental, sendo representadas por espécies poiquilohídricas e/ou com adaptações xerofíticas, *Anemia hirta*, *Blechnum occidentale*, *Lygodium venustum*, *Hemionitis tomentosa*, *Microgramma vacciniifolia*, *Pleopeltis astrolepis*, *Pteridium arachnoideum*, *Serpocaulon triseriale* (Kluge et al. 2006; Hietz 2010; Silva et al. 2011; Hernández et al. 2013).

A dissimilaridade florística observada entre as áreas sugere uma complementaridade na composição de samambaias e licófitas, e corrobora os resultados encontrados por Williams-Linera et al. (2005) e Kessler (2001). O conceito de complementaridade tem como finalidade encontrar uma combinação com o menor número de locais que inclua todas as espécies em uma região (Hunter e Gibbs 2007). Devido ao elevado número de espécies restritas, a conservação mais eficaz para a riqueza das samambaias e licófitas em Florestas Serranas abrange uma preservação a nível regional.

Conclusões

Entre as formações de Floresta Atlântica ocorrentes no Nordeste ao Norte do rio São Francisco (Florestas de Terras Baixas e Florestas Montanas), as Florestas Serranas apresentam maior riqueza de espécies de samambaias e licófitas e compõem um elemento de grande relevância para a manutenção da diversidade de samambaias e licófitas na Floresta Atlântica Nordestina, especialmente para as licófitas, que têm pouca representatividade no Nordeste.

Este estudo traz evidências de que as Florestas Serranas são potenciais refúgios de diversidade de samambaias e licófitas. Com base nas comparações feitas entre as variações de riqueza desses grupos vegetais nos fragmentos de Florestas Serranas e de Terras Baixas que não são explicadas pela relação espécie-área.

As relações existentes entre os resíduos da relação espécie-área e as representatividades de samambaias e licófitas epífitas, restritas e de espécies de licófitas sugerem que essas plantas podem explicar parte do número de espécies não explicada pelo tamanho do fragmento florestal, dadas as características de especificidade ambiental e longa história evolutiva desses grupos.

A proteção da diversidade de samambaias e licófitas nas Florestas Serranas depende de estratégias de conservação de abrangência regional, uma vez que existe

complementaridade entre as composições de espécies ocorrentes nas Florestas Serranas, evidenciada pelo fato de muitas espécies apresentarem distribuições restritas a poucas áreas.

Agradecimentos

Agradecemos a todos os órgãos e instituições que deram o suporte que possibilitou o desenvolvimento dessa pesquisa: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e Naturalis Biodiversity Center da Universidade de Leiden, Holanda.

Referências

- Aldasoro JJ, Cabezas F, Aedo C. (2004) Diversity and distribution of ferns in sub-Saharan Africa, Madagascar and some islands of the South Atlantic. *Journal of Biogeography* 31(10): 1579–1604.
- Ambrósio ST, Barros ICL (1997) Pteridófitas de uma área remanescente de Floresta Atlântica do Estado de Pernambuco, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 11(2): 105-113.
- Andrade-Lima D. (1982) Present day forest refuges in northeastern Brazil. In: Prance GT (ed) *Biological diversification in the tropics*. Columbia University Press, New York, pp 245–254.
- Andrade-Lima, D.D. (1966) *Atlas Geográfico do Brasil*. Rio de Janeiro, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Arcand NN, Ranker TA (2008) Conservation biology. In: Ranker TA and Haufler CH (eds) *Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 257-283.
- Barros ICL (1997) Pteridófitas ocorrentes em Pernambuco: ensaio biogeográfico e análise numérica. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- Barros ICL, Santiago ACP, Pereira AFN, Pietrobon MR (2006) Pteridófitas. In: Pôrto KC, Almeida-Cortez JS, Tabarelli M (eds) *Diversidade Biológica e Conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp 148-171.

- Bickford SA, Laffan SW (2006) Multi-extent analysis of the relationship between pteridophyte species richness and climate. *Global Ecology and Biogeography* 15: 588–601.
- Borges SH (2007) Análise biogeográfica da avifauna da região oeste do baixo Rio Negro, amazônia brasileira. *Revista Brasileira de Zoologia* 24(4): 919-940.
- Borges-Nojosa DM, Caramaschi U (2003) Composição e análise comparativa da diversidade e das afinidades biogeográficas dos lagartos e anfisbenídeos (Squamata) dos brejos nordestinos. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC (eds) *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora Universitária - UFPE, Recife, pp 463–512.
- Cagnolo L, Cabido M, Valladares G (2006) Plant species richness in the Chaco Serrano woodland from central Argentina: ecological traits and habitat fragmentation effects. *Biological Conservation* 132: 510–519.
- Colinvaux PA, De Oliveira PE, Bush MB (2000) Amazonian and neotropical plant communities on glacial time-scales: The failure of the aridity and refuge hypotheses. *Quaternary Science Reviews* 19: 141-169.
- Condit R, Pitman N, Leigh EG, Chave J, Terborgh J, Foster RB, Núñez PV, Aguilar S, Valencia R, Villa G, Muller-Landau H, Losos E, Hubbell SP (2002) Beta-diversity in tropical forest trees. *Science* 295: 666–669.
- ESRI (2001) ArcView 3.2. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA.
- Ferrer-Castán D, Vetaas OR (2005) Pteridophyte richness, climate and topography in the Iberian Peninsula: comparing spatial and non spatial models of richness patterns. *Global Ecology and Biogeography* 14: 155-165.
- Fjedsa J, Lovett JC (1997) Geographical patterns of old and young species in African forest biota: the significance of specific montane areas as evolutionary centres. *Biodiversity and Conservation* 6: 325–346.
- Gignac LD, Dale MRT (2005) Effects of fragment size and habitat heterogeneity on cryptogam diversity in the low-boreal forest of western Canada. *Bryologist* 108: 50–66.
- Grime JP (1985) Factors limiting the contribution of pteridophytes to a local flora. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh Serie B* 86: 403-21.

- Guo QF, Kato M, Ricklefs RE (2003) Life history, diversity and distribution: a study of Japanese pteridophytes. *Ecography* 26: 129–138.
- Haffer J (1969) Speciation in Amazonian forest birds. *Science* 165: 131-137.
- Haffer J (2001) Hypothesis to explain the origin of species in Amazonia. In: Vieira ICG, Silva JMC, Oren DC, D'Incao MA (eds.) *Diversidade biológica e cultural da Amazônia*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, pp 45-118.
- Harcourt AH (2000) Coincidence and mismatch of biodiversity hotspots: a global survey for the order, primates. *Biological Conservation* 93: 163–175.
- Hernández ALC, Sánchez-González A, Tejero-Díez JD (2013) Pteridophytes of a Semiarid Natural Protected Area in Central Mexico. *Natural Areas Journal* 33(2): 177–188.
- Hietz P (1998) Diversity and conservation of epiphytes in a changing environment. *Pure and Applied Chemistry* 70: 2114-2125.
- Hietz P (2010) Fern adaptations to xeric environments. In: Mehltreter K, Walker LR, Sharpe JM (eds) *Fern Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 141–176.
- Hietz P, Briones O (1998) Correlation between water relations and within-canopy distribution of epiphytic ferns in a Mexican cloud forest. *Oecologia* 114: 305–316.
- Hobohm C (2000) Plant species diversity and endemism on islands and archipelagos, with special reference to the Macaronesian Islands. *Flora* 195: 9–24.
- Houlder D, Hutchinson MJ, Nix HA, McMahaon J (2000). *ANUCLIM 5.1 Users Guide*. Canberra: Cres, ANU.
- Hunter ML, Gibbs J (2007) *Fundamentals of Conservation Biology*, 3rd ed. Blackwell Publishing, Malden, Mass.
- IBGE (2012) *Manual técnico da vegetação brasileira*. 2ª Ed. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Rio de Janeiro.
- Jones MM, Ferrier S, Condit R, Manion G, Aguilar S, Pérez R (2013) Strong congruence in tree and fern community turnover in response to soils and climate in central Panama. *Journal of Ecology* 101(2): 506–516.
- Kamau PW (2012) *Africa and ecology of ferns and lycophytes*. University Koblenz-Landau, Germany.

- Karger DN, Kluge J, Krömer T, Hemp A, Lehnert M, Kessler M (2011) The effect of area on local and regional elevational patterns of species richness. *Journal of Biogeography* 38: 1177–1185.
- Karst J, Gilbert B, Lechowicz MJ (2005) Fern community assembly: the roles of chance and the environment at local and intermediate scales. *Ecology* 86: 2473–2486.
- Kenrick P, Crane PR (1997) *The Origin and Early Diversification of Land Plants*. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Kessler M (2001) Pteridophyte species richness in Andean forests in Bolivia. *Biodiversity and Conservation* 10(9): 1473–1495.
- Kessler M, Helme N (1999) Floristic diversity and phytogeography of the central Tuichi Valley, an isolated dry forest locality in the Bolivian Andes. *Candollea* 54: 341–366.
- Kluge J, Kessler M (2011) Influence of niche characteristics and forest type on fern species richness, abundance and plant size along an elevational gradient in Costa Rica. *Plant Ecology* 212: 1109–1121.
- Kluge J, Kessler M, Dunn RR (2006) What drives elevational patterns of diversity? A test of geometric constraints, climate and species pool effects for pteridophytes on an elevational gradient in Costa Rica. *Global Ecology and Biogeography* 15: 358–371.
- Kromer T, Gradstein SR (2003) Species richness of vascular epiphytes in two primary forests and fallows in the Bolivian Andes. *Selbyana* 24: 190–195.
- Lehmann A, Overton JM, Leathwick JR (2002) GRASP: generalized regression analysis and spatial prediction. *Ecological Modelling* 157(2-3): 189–207.
- Linder HP (2001) Plant diversity and endemism in sub-Saharan tropical Africa. *Journal of Biogeography* 28: 169–182.
- Lwanga JS, Balmford A, Badaza R (1998) Assessing fern diversity: relative species richness and its environmental correlates in Uganda. *Biodiversity and Conservation* 7: 1387–1398.
- MacArthur RH, Wilson EO (1967) *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- Márquez AL, Real R, Vargas JM (2001) Methods for comparison of biotic regionalizations: the case of pteridophytes in the Iberian Peninsula. *Ecography* 24: 659–670.

- Mayr E, O'Hara R (1986) The biogeographic evidences supporting the pleistocene forest refuge hypothesis. *Evolution* 49: 55–67.
- McCune B, Mefford MJ (2010) PC-ORD Multivariate Analysis of Ecological Data v. 6.03, MjM Software, Gleneden Beach, OR.
- Melo LCN, Salino A (2002) Pteridófitas de duas áreas de floresta da Bacia do Rio Doce no Estado de Minas Gerais, Brasil. *Lundiana* 3(2): 129-139.
- Moran RC, Labiak PH, Sundue M (2010) Synopsis of *Mickelia*, a newly recognized genus of bolbitidoid ferns (Dryopteridaceae). *Brittonia* 63: 337-356.
- Mori SA, Silva LAM, Lisboa G, Coradin L (1989) Manual de Manejo de Herbário Fanerogâmico. 2ª ed. Ilhéus, Centro de Pesquisas do Cacau.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-845.
- Nix HA (1986) A biogeographic analysis of Australian elapid snakes. In: Atlas of Elapid Snakes of Australia. Australian Government Publications Service, Canberra, pp. 4-15.
- Oldekop AJ, Bebbington, AJ, Truelove NK, Tysklind N, Villamarín S, Preziosi RF (2012) Co-Occurrence Patterns of Common and Rare Leaf-Litter Frogs, Epiphytic Ferns and Dung Beetles across a Gradient of Human Disturbance. *PLoS ONE*, 7(6): e38922.
- Pardini R, Faria D, Accacio GM (2009). The challenge of maintaining Atlantic forest biodiversity: A multi-taxa conservation assessment of specialist and generalist species in an agro-forestry mosaic in southern Bahia. *Biological Conservation* 142(6): 1178–1190.
- Parris BS (1997) The ecology and phytogeography of Mount Kinabalu pteridophytes. *Sandakania* 9: 89–102.
- Pereira AFN, Barros ICL, Santiago ACP, Silva IAA (2011) Florística e distribuição geográfica das samambaias e licófitas da Reserva Ecológica de Gurjaú, Pernambuco, Brasil. *Rodriguésia* 62(1): 001-010.
- Pereira AFN, Barros ICL, Xavier SRS, Santiago ACP (2007) Composição florística e ecologia da pteridoflora de fragmentos de Floresta Atlântica (Reserva Ecológica de Gurjaú, Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco, Brasil). *Revista Brasileira de Biociências* 5(2): 489-491.

- Pietrobon MR, Barros ICL (2007) Pteridoflora do Engenho Água Azul, município de Timbaúba, Pernambuco, Brasil. *Rodriguésia* 58(1): 085-094.
- Prado J, Sylvestre LS (2012) Lista de Espécies da Flora do Brasil 2012. Pteridófitas. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012>. Acessado em 12 de Junho de 2013
- Prance GT (1982) Forest refuges: evidence from woody angiosperms. In: Prance GT (ed) *Biological diversification in the tropics*, Columbia University Press, New York, pp 137–158.
- Prance GT (1987) Biogeography of Neotropical plants. In: Whitmore TC, Prance GT (eds) *Biogeography and Quaternary history in tropical America* Clarendon Press, Oxford, pp 46–65.
- Pryer KM, Smith AR, Skog J (1995) Phylogenetic relationships of extant ferns based on evidence from morphology and rbcL sequences. *American Fern Journal* 85: 205–282.
- Ribeiro MC, Metzger JP, Martensen AC, Ponzoni F, Hirota MM (2009) Brazilian Atlantic forest: how much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142: 1141–1153.
- Ricklefs RE (2001) *A economia da natureza*. 5. Ed., Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- Rothfels CJ, Sundue MA, Kuo LY, Larrsen A, Kato M, Schuettpelz E, Pryer KM (2012) A revised family-level classification for euploypod II ferns (Polypodiidae: Polypodiales). *Taxon* 61: 515-533.
- Saiz JCM, Lobo JM (2007) Iberian–Balearic fern regions and their explanatory variables. *Plant Ecology* 198(2): 149–167.
- Sales MFS, Mayo SJ, Rodal MJN (1998) *Plantas vasculares das florestas serranas de Pernambuco: um checklist da flora ameaçada dos brejos de altitude, Pernambuco-Brasil*. Editora da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- Salino A (1996) Levantamento das pteridófitas da Serra do Cusuzeiro, Analândia, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 19: 173-178.
- Salovaara JK, Cárdenas GG, Tuomisto H (2004) Forest classification in an Amazonian rainforest landscape using pteridophytes as indicator species. *Ecography* 27: 689-700.
- Sánchez-González A, López-Mata L (2005) Plant species richness and diversity along an altitudinal gradient in the Sierra Nevada, Mexico. *Diversity and Distribution* 11: 567-575.

- Santiago ACP (2006) Pteridófitas da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco: Florística, Biogeografia e Conservação. Tese de Doutorado. Departamento de Botânica. Universidade Federal de Pernambuco. Recife.
- Santiago ACP, Barros ICL, Sylvestre LS (2004) Pteridófitas Ocorrentes em três Fragmentos Florestais de um Brejo de Altitude (Bonito, Pernambuco, Brasil). *Acta Botanica Brasilica* 18(4): 781-792.
- Santos AMM, Cavalcanti DR, Cardoso JM, Tabarelli M (2007) Biogeographical relationships among tropical forests in north-eastern Brazil. *Journal of Biogeography* 34: 437–446.
- Sharpe JM, Mehltreter K, Walker LR (2010) Ecological importance of ferns. In: Mehltreter K, Walker LR, Sharpe JM (eds) *Fern Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 1–18.
- Silva IAA, Pereira AFN, Barros ICL (2011) Edge effects on fern community in an Atlantic Forest remnant of Rio Formoso, PE, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 71: 420-430.
- Silva JMC, Souza MA, Bieber AGD, Carlos CJ (2003) Aves da Caatinga: status, uso do habitat e sensibilidade. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC (eds) *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora Universitária - UFPE, Recife, pp 237–273.
- Silva JMC, Souza MC, Casteletti CHM (2004) Areas of endemism for passerine birds in the Atlantic forest, South America. *Global Ecology and Biogeography* 13: 85– 92.
- Smith AR, Pryer KM, Schuettpelz E, Korall P, Schneider H, Wolf PG (2006) A classification for extant ferns. *Taxon* 55(3): 705-731.
- Smith AR, Pryer KM, Schuettpelz E, Korall P, Schneider H, Wolf PG (2008) Fern classification. In: Ranker TA, Haufler CH (eds) *Biology and evolution of ferns and lycophytes*. New York, Cambridge University Press, pp 417-467.
- StatSoft Inc (2007) *Statistica* (data analysis software system), versão 8.0.
- Tabarelli M, Lopes AVF, Peres C (2008) Edge-effects drive tropical forest fragments towards an early-successional system. *Biotropica* 4(6): 657-661.
- Tabarelli M, Santos AMM (2004) Uma breve descrição sobre a história natural dos brejos nordestinos. In: Pôrto KC, Cabral JJP, Tabarelli M (eds) *Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp 17–24.

- Thiers B (2012) [continuously updated] Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Electronic Database accessible at <http://sweetgum.nybg.org/ih/>. Acessado em 12 de Março de 2013.
- Tryon RM, Tryon AF (1982) Ferns and allied plants with special reference to tropical America. New York: Springer-Verlag.
- Tuomisto H, Ruokolainen K, Yli-Halla M (2003) Dispersal, environment and floristic variation of western Amazon forests. *Science* 299: 241–244.
- Veloso HP, Rangel Filho ALR, Lima JCA (1991) Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro, IBGE.
- Watkins JEJ, Cardelús C, Colwell RK, Moran RC (2006) Species richness and distribution of ferns along an elevational gradient in Costa Rica. *American Journal of Botany* 93: 73–83.
- Watkins JEJ, Mack MC, Sinclair TR, Mulkey SS (2007) Ecological and evolutionary consequences of desiccation tolerance in tropical fern gametophytes. *New Phytologist* 176: 708–717.
- Whittaker RJ, Willis KJ, Field R (2001) Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography*. 28, 453–470.
- Williams-Linera G, Palacios-Rios M, Hernandez-Gomez R (2005) Fern richness, tree species surrogacy, and fragment complementarity in a Mexican tropical montane cloud forest. *Biodiversity and Conservation* 14: 119–133.

Tabela 1: Atributos físico-ambientais dos 28 fragmentos florestais estudados nos três estados do Nordeste do Brasil (Ceará, Paraíba e Pernambuco): Coordenadas geográficas (sistema UTM); altitude (elevação máxima em metros); tamanho do fragmento (ha); Tipos de floresta - onde: A = Floresta Ombrófila Aberta Montana, F = Floresta Estacional Semidecidual Montana e TE = Área de Tensão Ecológica (Savana/Savana Estépica/Floresta Estacional); Tipos de solo - onde: PVA = Argissolos Vermelho-Amarelos, LA = Latossolos Amarelos, RL = Neossolos Litólicos e RQo = Neossolos Quartzarênicos. As variáveis climáticas usadas nesse estudo foram obtidas através do BIOCLIM: Média de temperatura anual (AMT), Precipitação anual (AP), Isotermalidade (IT), Temperatura média do quartil mais seco (MTD), Temperatura média do quartil mais úmido (MTW), Precipitação do quartil mais seco (PD), Precipitação do quartil mais úmido (PW), Precipitação sazonal (PS) e Sazonalidade térmica (TS). Mais detalhes disponíveis em <http://www.worldclim.org/bioclim>.

Município	Área	Latitude	Longitude	Altitude	Tamanho	Tipo Florestal	Tipo de solo	AMT	AP	IT	MTD	MTW	PD	PW	PS	TS
Jaqueira	1	-8.7038	-35.8506	713	630	A	PVA	223	1073	70	230	209	84	484	59	1324
L. Gatos	2	-8.7434	-35.8940	750	360	A	PVA; LA	223	1073	70	230	209	84	484	59	1324
S. V. Férrer	3	-7.6142	-35.4041	890	600	A	PVA; LA	240	1155	72	247	226	93	498	57	1289
Crato	4	-7.2242	-39.4745	900	50	F; TE	PVA; RL	252	1108	72	246	250	24	673	95	1108
Maranguape	5	-3.8811	-38.7070	890	>1000	A; F	PVA	258	1408	78	261	256	47	829	90	562
Aratanha	6	-3.9890	-38.6408	778	>1000	A; F	PVA	258	1408	78	261	256	47	829	90	562
Areia	7	-6.9790	-35.7508	618	300	F	PVA	222	730	72	228	227	42	332	65	1235
Bananeiras	8	-6.7389	-35.6125	550	67.5	F	LA	232	844	74	238	236	47	381	63	1241
Baturité	9	-4.2633	-38.8961	1114	>1000	A; F	PVA	235	1245	75	238	234	47	719	89	548
Bezerros	10	-8.1586	-35.7535	950	150	A	PVA; RL	229	574	71	228	235	39	256	64	1297
Bonito	11	-8.5247	-35.7029	720	50	A	LA	237	1542	70	242	226	121	717	61	1137
Bonito	12	-8.4832	-35.7269	700	30	F	PVA; LA	213	1059	70	219	200	82	481	59	1207
Bonito	13	-8.4874	-35.7179	720	30	A	PVA; LA	213	1059	70	219	200	82	481	59	1207
Bonito	14	-8.5209	-35.7131	720	150	F	LA	237	1542	70	242	226	121	717	61	1137
Bonito	15	-8.5037	-35.6946	800	70	A	LA	237	1542	70	242	226	121	717	61	1137
Bonito	16	-8.4944	-35.6860	750	50	A	LA	213	1059	70	219	200	82	481	59	1207
Bonito	17	-8.5021	-35.6877	750	50	A	LA	237	1542	70	242	226	121	717	61	1137
Caruaru	18	-8.3693	-36.0218	900	360	A	PVA	213	555	69	215	218	41	231	59	1495
Buíque	19	-8.5562	-37.1943	800	30	TE	LA; RQo; RL	216	790	67	221	219	62	336	54	1668
Floresta	20	-8.6508	-38.0384	1020	200	A; F	LA; RL	231	506	67	220	246	20	281	85	1827
B. M. Deus	21	-8.2050	-36.3937	1050	110	F	PVA	217	611	69	219	221	36	300	70	1518
T. Norte	22	-7.8693	-36.0413	800	40	F	PVA; LA	228	497	70	228	233	23	228	66	1337

Silva, I. A. A. Composição e riqueza de samambaias e licófitas de Florestas Serranas...

Gravatá	23	-8.3014	-35.5959	700	6	F	LA	213	1059	70	219	200	82	481	59	1207
Gravatá	24	-8.2659	-35.5439	700	25	F	PVA	213	1059	70	219	200	82	481	59	1207
Gravatá	25	-8.2821	-35.5503	700	20	F	PVA; LA	213	1059	70	219	200	82	481	59	1207
Gravatá	26	-8.2722	-35.5502	700	44	F	PVA; LA	213	1059	70	219	200	82	481	59	1207
Gravatá	27	-8.2994	-35.5922	700	13	F	LA	213	1059	70	219	200	82	481	59	1207
Sanharó	28	-8.2884	-36.5405	850	20	F	PVA; RL	217	639	67	220	220	47	292	61	1595

Tabela 2: Número de espécies de Samambaias e licófitas em áreas de Florestas Serranas no Nordeste do Brasil.

Município	Área	Tamanho do fragmento	Número de espécies	Espécies terrestres	Espécies epítitas	Espécies restritas a uma ou duas áreas
Jaqueira	1	630	140	87	51	40
L. Gatos	2	360	88	59	26	6
S. V. Férrer	3	600	92	65	23	10
Crato	4	50	24	21	1	4
Maranguape	5	>1000	88	58	28	28
Aratanha	6	>1000	67	39	24	14
Areia	7	300	28	21	6	3
Bananeiras	8	67.5	19	13	5	1
Baturité	9	>1000	85	60	19	17
Bezerros	10	150	31	10	19	1
Bonito	11	50	44	21	21	2
Bonito	12	30	28	16	10	0
Bonito	13	30	37	23	13	1
Bonito	14	150	53	34	17	3
Bonito	15	70	68	35	31	5
Bonito	16	50	43	24	18	0
Bonito	17	50	52	30	19	2
Caruaru	18	360	72	50	20	11
Buíque	19	30	27	17	7	3
Floresta	20	200	11	2	9	4
B. M. Deus	21	110	45	31	14	6
T. Norte	22	40	32	11	19	10
Gravatá	23	6	22	10	12	3
Gravatá	24	25	21	11	8	0
Gravatá	25	20	12	7	5	0
Gravatá	26	44	13	7	5	0
Gravatá	27	13	13	8	4	0
Sanharó	28	20	12	8	4	0

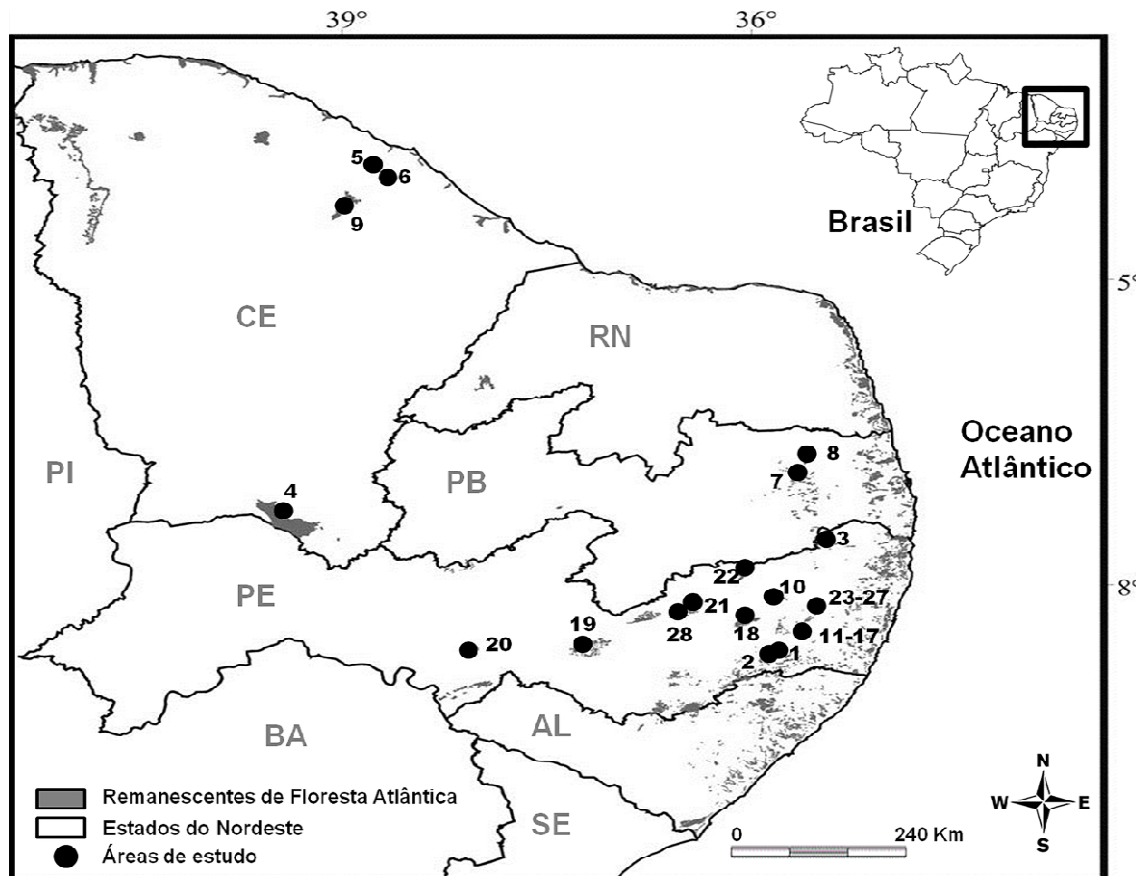


Figura 1: Localização da área de estudo. Os 28 fragmentos de Florestas Serranas estudados estão distribuídos em três Estados do Nordeste do Brasil: Ceará (CE), nos municípios de Aratanha (área 6), Baturité (área 9), Crato (área 4) e Maranguape (área 5); Paraíba (PB), nos municípios de Areia (área 7) e Bananeiras (área 8); e Pernambuco (PE), Nos municípios de Jaqueira (área 1), Lagoa dos Gatos (área 2), São Vicente Férrer (área 3), Bezerros (área 10), Bonito (áreas de 11 a 17), Buíque (área 19), Caruaru (área 18), Floresta (área 20), Gravatá (áreas de 23 a 27), Madre de Deus (área 21), Sanharó (área 28) e Taquaritingua do Norte (área 22).

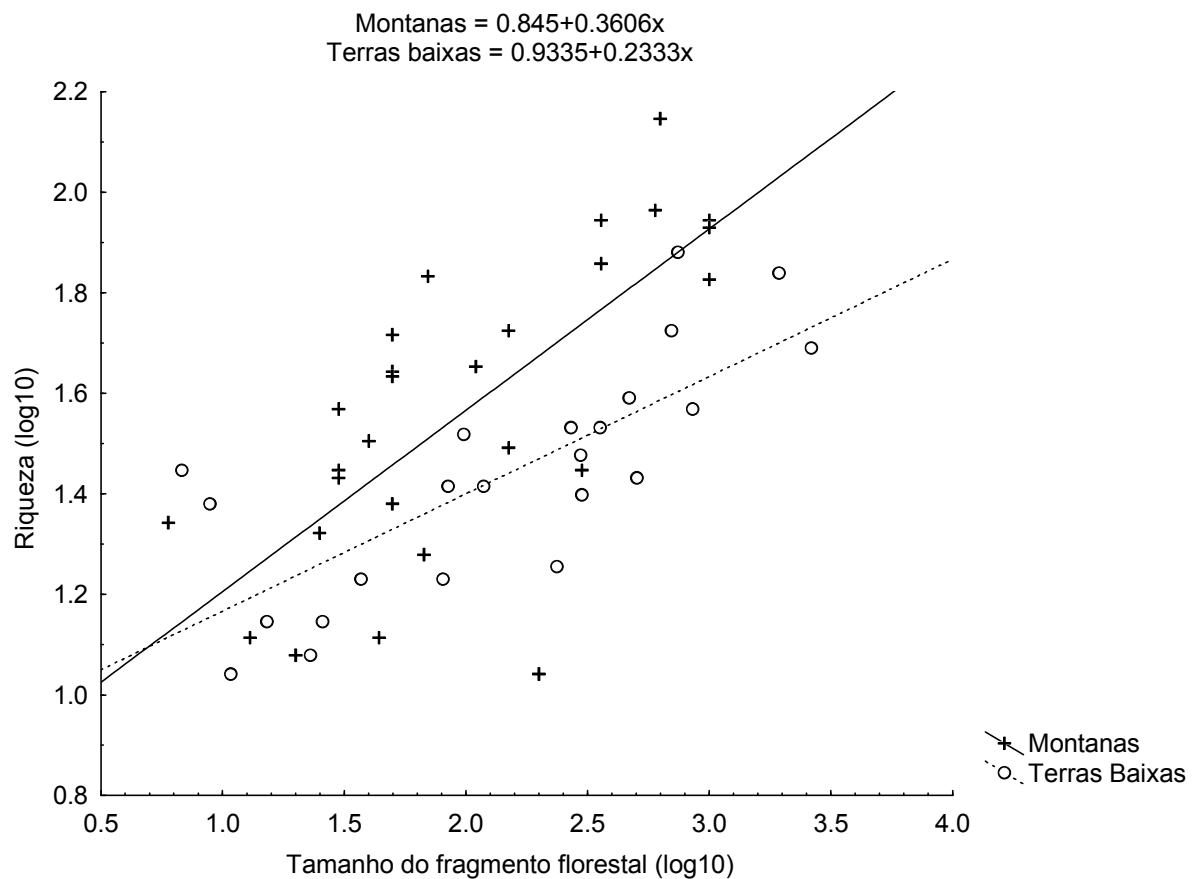


Figura 2: Relação entre riqueza de espécies de samambaias e licófitas e tamanho dos fragmentos ($R^2 = 0,55$; $P < 0,001$) estudados no Nordeste do Brasil. O gráfico mostra a relação para as duas formações florestais (Montana e Terras Baixas).

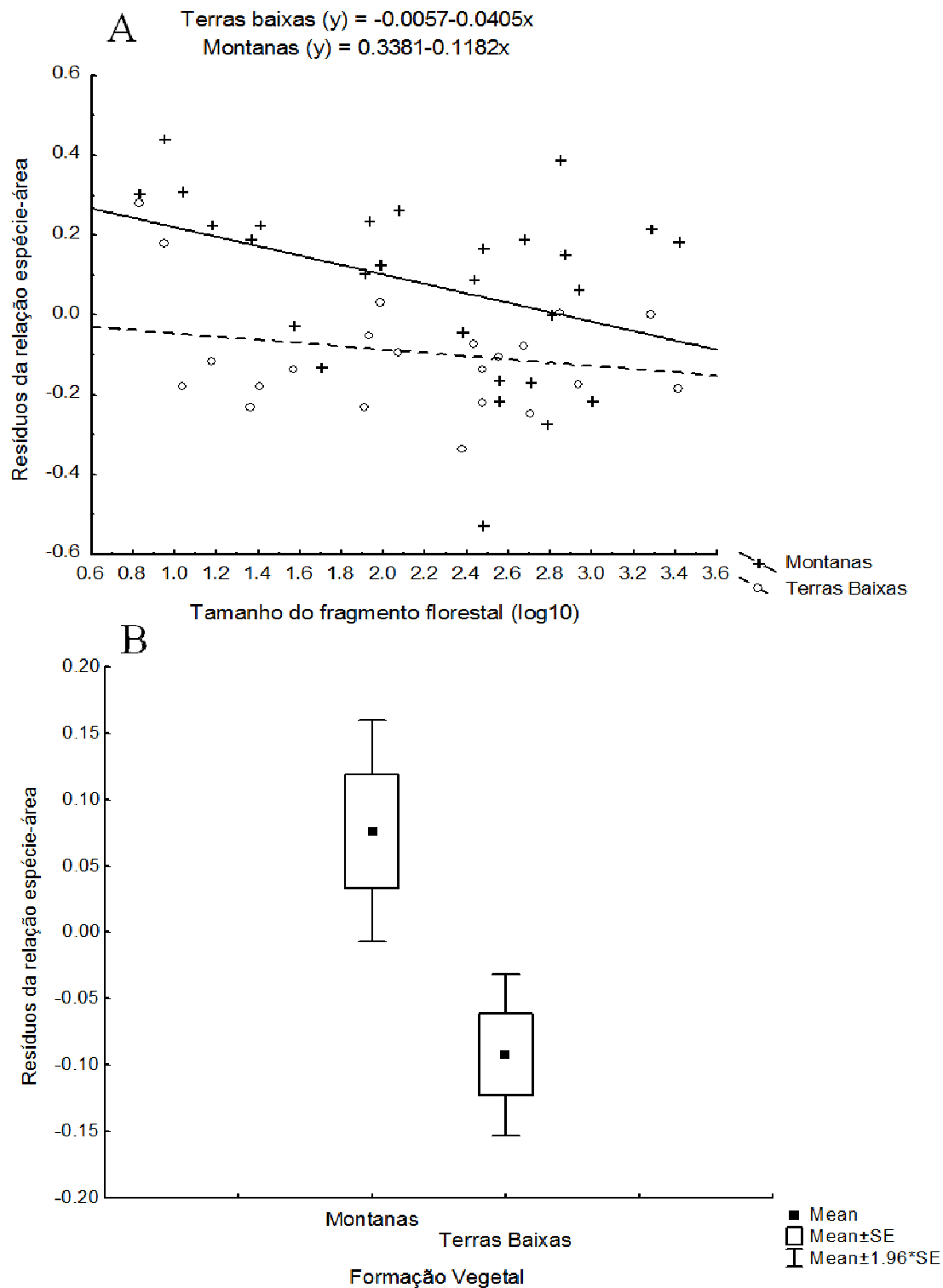


Figura 3: (A) Comparação entre os resíduos resultantes da análise de regressão da relação entre o número de espécies de samambaias e licófitas e o tamanho dos fragmentos florestais de Florestas Montanas e de Terras Baixas no Nordeste do Brasil. (B) Diferenças entre os resíduos da observadas através do test-t ($t = 3,07$; $P < 0,003$).

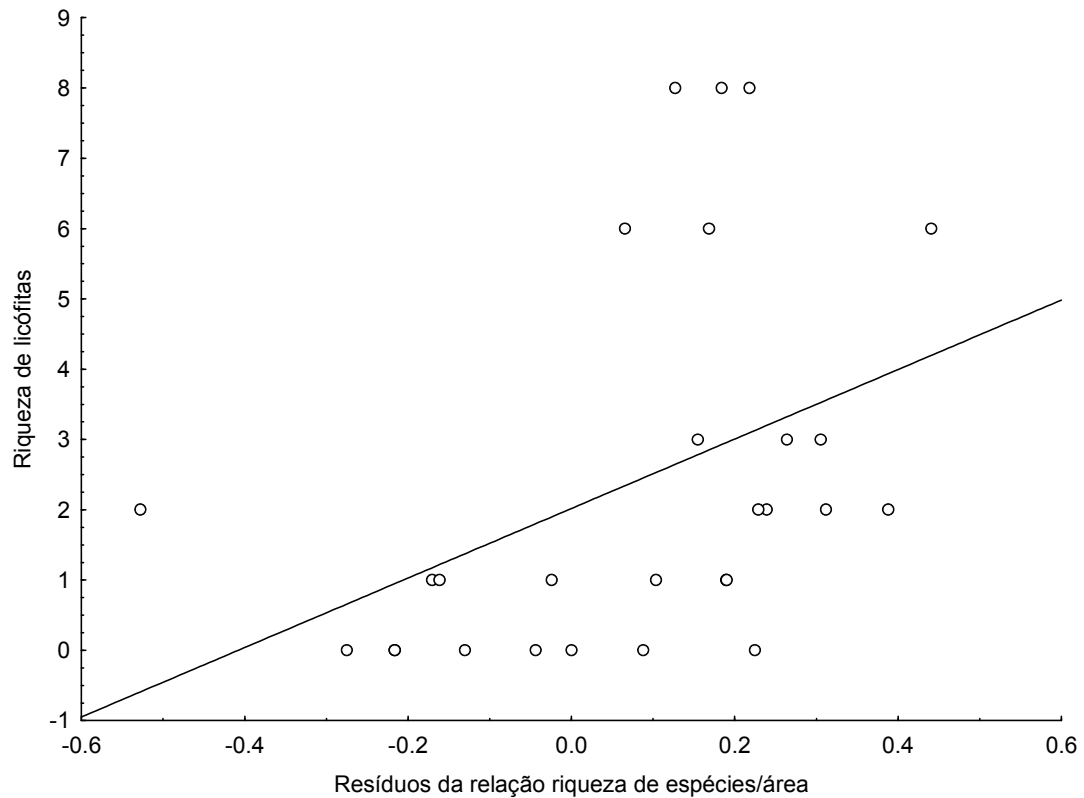


Figura 4: Correlação entre o número de espécies de licófitas e os resíduos das Florestas Montanas ($r = 0,52$; $P < 0,003$). Os resíduos são resultantes da análise de regressão da relação entre o número de espécies de samambaias e licófitas e tamanho dos fragmentos de Florestas Montanas analisadas no Nordeste do Brasil.

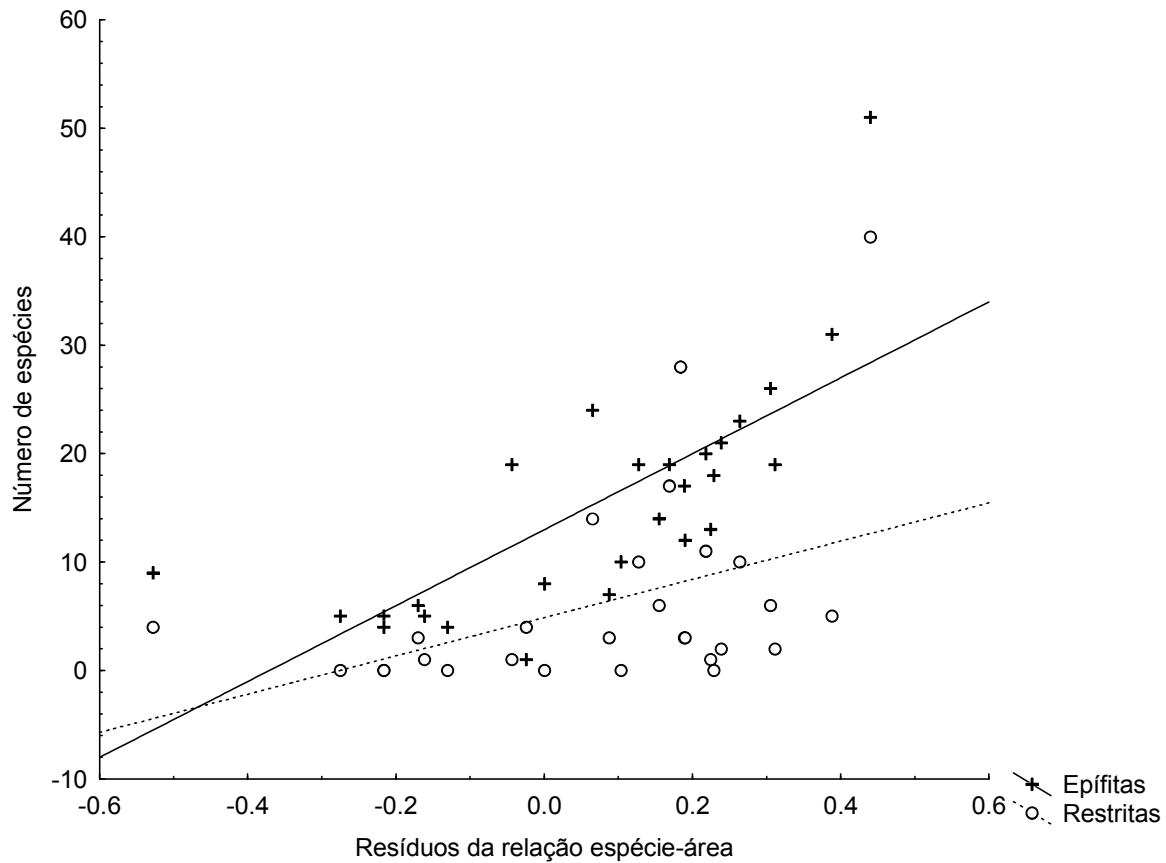


Figura 5: Correlação entre os resíduos das Florestas Montanas e o número de espécies epífitas ($r = 0,77$; $P < 0,001$) e de espécies restritas ($r = 0,43$; $P = 0,01$) de samambaias e licófitas. Os resíduos são resultantes da análise de regressão da relação entre o número de espécies e tamanho dos fragmentos de Florestas Montanas analisadas no Nordeste do Brasil.

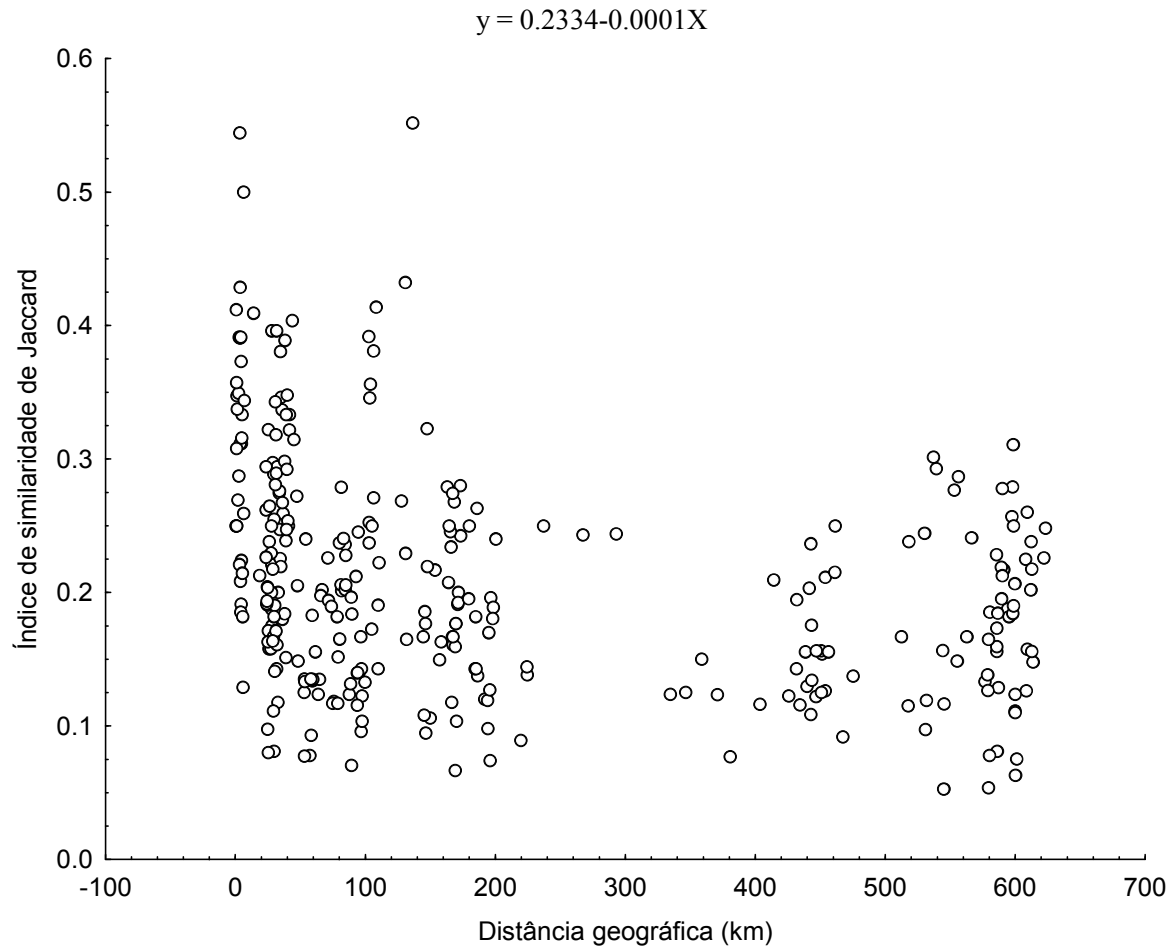


Figura 6: Relação entre a distância geográfica (km) e a similaridade florística da composição de samambaias e licófitas ocorrentes em 28 fragmentos de Florestas Serranas no Nordeste do Brasil ($R^2 = 0.09$, $P < 0.001$).

Apêndice 1. Samambaias e licófitas nas 28 áreas de Florestas Serranas no Nordeste do Brasil de acordo com seus aspectos ecológicos.

Grupos/Taxons	Aspectos ecológicos	
	Forma de vida	Habitat de crescimento
LICOPHYTES		
LYCOPODIACEAE		
<i>Phlegmariurus christii</i> (Silveira) B. Øllg.	Herbácea	Epífita
<i>Phlegmariurus erythrocaulon</i> (Fée) B.Øllg.	Herbácea	Epífita
<i>Phlegmariurusheterocarpon</i> (Fée) B.Øllg.	Herbácea	Epífita
<i>Phlegmariuruslinifolius</i> (L.) B.Øllg.	Herbácea	Epífita
<i>Phlegmariurus mandiocanus</i> (Raddi) B.Øllg.	Herbácea	Epífita
<i>Phlegmariurus martii</i> (Wawra) B.Øllg.	Herbácea	Epífita
<i>Phlegmariurus mollicomus</i> B.Øllg.	Herbácea	Epífita
<i>Phlegmariurusregnellii</i> (Maxon) B.Øllg.	Herbácea	Epífita
<i>Phlegmariurus taxifolius</i> A. Love & D. Love	Herbácea	Epífita
<i>Phlegmariurustreitubensis</i> (Silveira) B.Øllg.	Herbácea	Epífita
<i>Lycopodiella alopecuroides</i> (L.) Cranfill	Herbácea	Terrícola
<i>Palhinhaea cernua</i> (L.) Franco & Vasc.	Herbácea	Terrícola
SELAGINELLACEAE		
<i>Selaginella amazonica</i> Spring	Herbácea	Terrícola
<i>Selaginella arenaria</i> Baker	Herbácea	Terrícola
<i>Selaginella bahiensis</i> Spring	Herbácea	Terrícola
<i>Selaginella conduplicata</i> Spring	Herbácea	Terrícola
<i>Selaginella decomposita</i> Spring	Herbácea	Terrícola
<i>Selaginella erythropus</i> (Mart.) Spring	Herbácea	Terrícola
<i>Selaginella flagellata</i> Spring	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Selaginella flexuosa</i> Spring	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Selaginella marginata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Spring	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Selaginella microphylla</i> (Kunth) Spring	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Selaginella muscosa</i> Spring	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Selaginella producta</i> Baker	Herbácea	Terrícola
<i>Selaginella simplex</i> Baker	Herbácea	Terrícola
<i>Selaginella stellata</i> Spring	Herbácea	Terrícola
<i>Selaginella sulcata</i> (Desv. ex Poir.) Spring	Herbácea	Terrícola
<i>Selaginella tenuissima</i> Fée	Herbácea	Terrícola
<i>Selaginella valida</i> Alston	Herbácea	Terrícola
FERNS		
ANEMIACEAE		
<i>Anemia flexuosa</i> Sw.	Herbácea	Terrícola
<i>Anemia hirta</i> (L.) Sw.	Herbácea	Terrícola
<i>Anemia mandiocana</i> Raddi	Herbácea	Terrícola
<i>Anemia nervosa</i> Pohl	Herbácea	Terrícola
<i>Anemia oblongifolia</i> (Cav.) Sw.	Herbácea	Terrícola
<i>Anemia pastinacaria</i> Moritz ex Prantl	Herbácea	Terrícola
<i>Anemia phyllitidis</i> (L.) Sw.	Herbácea	Terrícola
<i>Anemia villosa</i> Humb. & Bonpl. ex Kunth	Herbácea	Terrícola
ASPLENIACEAE		
<i>Asplenium abscissum</i> Willd.	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Asplenium auriculatum</i> Sw.	Herbácea	Rupícola
<i>Asplenium auritum</i> Sw.	Herbácea	Rupícola
<i>Asplenium claussenii</i> Hieron.	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Asplenium cristatum</i> Lam.	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Asplenium feei</i> Kunze ex Fée	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Asplenium formosum</i> Willd.	Herbácea	Rupícola
<i>Asplenium inaequilaterale</i> Willd.	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Asplenium juglandifolium</i> Lam.	Herbácea	Epífita
<i>Asplenium laetum</i> Sw.	Herbácea	Epífita
<i>Asplenium martianum</i> C.Chr.	Herbácea	Terrícola
<i>Asplenium otites</i> Link	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Asplenium praemorsum</i> Sw.	Herbácea	Epífita/ Rupícola
<i>Asplenium pumilum</i> Sw.	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Asplenium raddianum</i> Gaudich.	Herbácea	Epífita
<i>Asplenium salicifolium</i> L.	Herbácea	Epífita
<i>Asplenium serra</i> Langsd. & Fisch.	Herbácea	Terrícola/ Rupícola/ Epífita

<i>Asplenium serratum</i> L.	Herbácea	Epífita/ Rupícola
ATHYRIACEAE		
<i>Diplazium celtidifolium</i> Kunze	Herbácea	Terrícola
<i>Diplazium cristatum</i> (Desv.) Aslton	Herbácea	Terrícola
<i>Diplazium expansum</i> Willd.	Herbácea	Terrícola
<i>Diplazium plantaginifolium</i> (L.) Urb.	Herbácea	Terrícola
<i>Diplazium</i> sp.	Herbácea	Terrícola
BLECHNACEAE		
<i>Blechnum brasiliense</i> Desv.	Herbácea	Terrícola
<i>Blechnum gracile</i> Kaulf.	Herbácea	Terrícola
<i>Blechnum fraxineum</i> Willd.	Herbácea	Terrícola
<i>Blechnum occidentale</i> L.	Herbácea	Terrícola
<i>Blechnum serrulatum</i> Rich.	Herbácea	Terrícola
<i>Salpichlaena volubilis</i> (Kaulf.) J. Sm.	Trepadeira	Hemiepífita
CYATHEACEAE		
<i>Alsophila setosa</i> Kaulf.	Arborecente	Terrícola
<i>Alsophila sternbergii</i> (Sternb.) D.S.Conant	Arborecente	Terrícola
<i>Cyathea abbreviata</i> I.Fern.	Arborecente	Terrícola
<i>Cyathea atrovirens</i> (Langsd. & Fisch.) Domin	Arborecente	Terrícola
<i>Cyathea corcovadensis</i> (Raddi) Domin	Arborecente	Terrícola
<i>Cyathea delgadii</i> Sternb.	Arborecente	Terrícola
<i>Cyathea glaziovii</i> (Fée) Domin	Arborecente	Terrícola
<i>Cyathea microdonta</i> (Desv.) Domin	Arborecente	Terrícola
<i>Cyathea phalerata</i> Mart.	Arborecente	Terrícola
<i>Cyathea praecincta</i> (Kunze) Domin	Arborecente	Terrícola
<i>Cyathea pungens</i> (Willd.) Domin	Arborecente	Terrícola
DENNSTAEDTIACEAE		
<i>Dennstaedtia cicutaria</i> (Sw.) T.Moore	Herbácea	Terrícola
<i>Dennstaedtia globulifera</i> (Poir.) Hieron.	Herbácea	Terrícola
<i>Hypolepis repens</i> (L.) C.Presl	Trepadeira	Terrícola
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	Herbácea	Terrícola
DRYOPTERIDACEAE		
<i>Bolbitis serratifolia</i> Schott	Herbácea	Terrícola
<i>Ctenitis distans</i> (Brack.) Ching	Herbácea	Terrícola
<i>Ctenitis falciculata</i> (Raddi) Ching	Herbácea	Terrícola
<i>Ctenitis sloanei</i> (Poepp. ex Spreng.) C.V.Morton	Herbácea	Terrícola
<i>Ctenitis submarginalis</i> (Langsd. & Fisch.) Ching	Herbácea	Terrícola
<i>Cyclodium heterodon</i> (Schr.) Moore	Herbácea	Terrícola
<i>Cyclodium meniscioides</i> (Willd.) C. Presl var. <i>meniscioides</i>	Herbácea	Terrícola
<i>Didymochlaena truncatula</i> (Sw.) J.Sm.	Herbácea	Terrícola
<i>Elaphoglossum discolor</i> (Kuhn) C.Chr.	Herbácea	Terrícola
<i>Elaphoglossum glabellum</i> J.Sm.	Herbácea	Epífita/ Terrícola
<i>Elaphoglossum herminieri</i> (Bory & Fée) T.Moore	Herbácea	Epífita
<i>Elaphoglossum iguapense</i> Brade	Herbácea	Epífita/ Terrícola
<i>Elaphoglossum lingua</i> (C.Presl) Brack.	Herbácea	Epífita
<i>Elaphoglossum macrophyllum</i> (Mett. ex Kuhn) Christ	Herbácea	Epífita/ Terrícola
<i>Elaphoglossum nigrescens</i> (Hook.) T.Moore ex Diels	Herbácea	Epífita/ Terrícola
<i>Elaphoglossum tamandarei</i> Brade	Herbácea	Epífita/ Terrícola
<i>Lastreopsis amplissima</i> (C.Presl) Tindale	Herbácea	Terrícola
<i>Lastreopsis effuse</i> (Sw.) Tindale	Herbácea	Terrícola
<i>Megalastrum eugenii</i> (Brade) A.R.Sm. & R.C.Moran	Herbácea	Terrícola
<i>Mickelia guianensis</i> (Aubl.) R.C. Moran et al.	Trepadeira	Hemiepífita
<i>Olfersia cervina</i> (L.) Kunze	Herbácea	Terrícola
<i>Polybotrya cylindrica</i> Kaulf.	Trepadeira	Hemiepífita
<i>Polybotrya sorbifolia</i> Mett. ex Kuhn	Trepadeira	Hemiepífita
<i>Rumohra adiantiformis</i> (G.Forst.) Ching	Herbácea	Terrícola
<i>Stigmatopteris brevinervis</i> (Fée) R.C.Moran	Herbácea	Terrícola
<i>Stigmatopteris heterocarpa</i> (Fée) Rosenst.	Herbácea	Terrícola
GLEICHENIACEAE		
<i>Dicranopteris flexuosa</i> (Schr.) Underw.	Herbácea	Terrícola
<i>Dicranopteris linearis</i> (Burm.f.) Underw.	Herbácea	Terrícola
<i>Gleichenella pectinata</i> (Willd.) Ching	Herbácea	Terrícola
<i>Sticherus bifidus</i> (Willd.) Ching	Herbácea	Terrícola
HYMENOPHYLLACEAE		
<i>Didymoglossum angustifrons</i> Fée	Herbácea	Rupícola
<i>Didymoglossum hymenoides</i> Hedw.	Herbácea	Epífita/ Rupícola

<i>Didymoglossum kraussii</i> Hook. & Grev	Herbácea	Epífita/ Rupícola
<i>Didymoglossum ovale</i> E.Fourn.	Herbácea	Epífita/ Rupícola
<i>Hymenophyllum abruptum</i> Hook.	Herbácea	Epífita
<i>Hymenophyllum hirsutum</i> (L.) Sw.	Herbácea	Epífita
<i>Hymenophyllum polyanthos</i> (Sw.) Sw.	Herbácea	Epífita
<i>Trichomanes arbuscula</i> Desv.	Herbácea	Terrícola/ Epífita
<i>Trichomanes crispum</i> L.	Herbácea	Terrícola
<i>Trichomanes pellucens</i> Kunze	Herbácea	Epífita/ Rupícola
<i>Trichomanes pilosum</i> Raddi	Herbácea	Terrícola
<i>Trichomanes pedicellatum</i> Desv.	Herbácea	Epífita
<i>Trichomanes pinnatum</i> Hedw.	Herbácea	Terrícola
<i>Trichomanes plumosum</i> Kunze	Herbácea	Terrícola/ Epífita
<i>Trichomanes polypodioides</i> Raddi	Herbácea	Epífita/ Rupícola
<i>Trichomanes punctatum</i> Poir.	Herbácea	Epífita
<i>Trichomanes robustum</i> E.Fourn.	Herbácea	Terrícola/ Epífita
LINDSAEACEAE		
<i>Lindsaea guianensis</i> (Aubl.) Dryand.	Herbácea	Terrícola
<i>Lindsaea lancea</i> (L.) Bedd. var. <i>Lancea</i>	Herbácea	Terrícola
<i>Lindsaea lancea</i> var. <i>falcata</i> (Dryand.) Rosenst.	Herbácea	Terrícola
<i>Lindsaea ovoidea</i> Fée	Herbácea	Terrícola
<i>Lindsaea pallida</i> Klotzsch	Herbácea	Terrícola
<i>Lindsaea quadrangularis</i> Raddi	Herbácea	Terrícola
<i>Lindsaea stricta</i> (Sw.) Dryand.	Herbácea	Terrícola
LOMARIOPSIDACEAE		
<i>Lomariopsis japurensis</i> (Mart.) J. Sm.	Trepadeira	Hemiepífita
<i>Nephrolepis biserrata</i> (Sw.) Schott	Herbácea	Terrícola
<i>Nephrolepis cordifolia</i> (L.) C.Presl	Herbácea	Terrícola
<i>Nephrolepis exaltata</i> (L.) Schott	Herbácea	Terrícola
<i>Nephrolepis rivularis</i> (Vahl) Mett. ex Krug	Herbácea	Terrícola
LYGODIACEAE		
<i>Lygodium venustum</i> Sw.	Trepadeira	Terrícola
<i>Lygodium volubile</i> Sw.	Trepadeira	Terrícola
MARATTIACEAE		
<i>Danaea leprieurii</i> Kunze	Herbácea	Terrícola
OLEANDRACEAE		
<i>Oleandra articulata</i> (Sw.) C.Presl	Herbácea	Epífita/ Rupícola
POLYPODIACEAE		
<i>Campyloneurum angustifolium</i> (Sw.) Fée	Herbácea	Epífita/ Rupícola
<i>Campyloneurum phyllitidis</i> (L.) C. Presl	Herbácea	Epífita/ Rupícola
<i>Campyloneurum repens</i> (Aubl.) C. Presl	Herbácea	Epífita/ Rupícola
<i>Cochlidium linearifolium</i> (Desv.) Maxon ex C.Ch.	Herbácea	Epífita
<i>Cochlidium serrulatum</i> (Sw.) L.E. Bishop	Herbácea	Epífita
<i>Dicranoglossum desvauxii</i> (Klotzsch) Proctor	Herbácea	Epífita
<i>Dicranoglossum furcatum</i> (L.) J. Sm.	Herbácea	Epífita
<i>Dicranoglossum polypodioides</i> (Hooker) Lellinger	Herbácea	Epífita
<i>Lellingeria apiculata</i> (Kunze ex Klotzsch) A.R.Sm. & R.C.Moran	Herbácea	Epífita
<i>Lellingeria limula</i> (Christ) A.R.Sm. & R.C.Moran	Herbácea	Epífita
<i>Lellingeria suspensa</i> (L.) A.R.Sm. & R.C.Moran	Herbácea	Epífita
<i>Microgramma crispata</i> (Fée) R.M.Tryon & A.F.Tryon	Herbácea	Epífita
<i>Microgramma geminata</i> (Schrad.) R.M.Tryon & A.F.Tryon	Herbácea	Epífita
<i>Microgramma lycopodioides</i> (L.) Copel.	Herbácea	Epífita
<i>Microgramma persicariifolia</i> (Schrad.) C.Presl	Herbácea	Epífita
<i>Microgramma squamulosa</i> (Kaulf.) de la Sota	Herbácea	Epífita
<i>Microgramma tecta</i> (Kaulf.) Alston	Herbácea	Epífita
<i>Microgramma vacciniifolia</i> (Langsd. & Fisch.) Copel.	Herbácea	Epífita
<i>Micropolypodium nanum</i> (Fée) A.R.Sm.	Herbácea	Epífita
<i>Niphidium crassifolium</i> (L.) Lellinger	Herbácea	Epífita
<i>Pecluma camptophyllaria</i> (Fée) M.G. Price	Herbácea	Epífita
<i>Pecluma hygrometrica</i> (Splitg.) M.G.Price	Herbácea	Epífita
<i>Pecluma paradiseae</i> (Langsd. & Fisch.) M.G.Price	Herbácea	Epífita
<i>Pecluma pectinata</i> (L.) M.G.Price	Herbácea	Epífita
<i>Pecluma pectinatiformis</i> (Lindm.) M.G.Price	Herbácea	Epífita
<i>Pecluma pilosa</i> (A.M.Evans) M.Kessler & A.R.Sm.	Herbácea	Epífita
<i>Pecluma plumula</i> (Willd.) M.G.Price	Herbácea	Epífita
<i>Pecluma ptilodon</i> (Kunze) M.G.Price	Herbácea	Epífita
<i>Pecluma ptilodon</i> var. <i>robusta</i> (Fée) Lellinger	Herbácea	Terrícola

<i>Phlebodium areolatum</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) J.Sm.	Herbácea	Epífita
<i>Phlebodium aureum</i> (L.) J.Sm.	Herbácea	Epífita
<i>Phlebodium decumanum</i> (Willd.) J.Sm.	Herbácea	Epífita
<i>Phlebodium pseudoaureum</i> (Cav.) Lellinger	Herbácea	Epífita
<i>Pleopeltis angusta</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Herbácea	Epífita
<i>Pleopeltis astrolepis</i> (Liebm.) E. Fourn.	Herbácea	Epífita
<i>Pleopeltis hirsutissima</i> (Raddi) de la Sota	Herbácea	Epífita
<i>Pleopeltis macrocarpa</i> (Bory ex Willd.) Kaulf.	Herbácea	Epífita
<i>Pleopeltis polypodioides</i> (L.) Andrews & Windham	Herbácea	Epífita
<i>Polypodium brasiliense</i> Poir.	Herbácea	Epífita
<i>Polypodium dissimile</i> L.	Herbácea	Epífita
<i>Polypodium dulce</i> Poir.	Herbácea	Epífita
<i>Polypodium loriceum</i> L.	Herbácea	Epífita
<i>Polypodium pectinatum</i> L.	Herbácea	Epífita
<i>Serpocaulon catharinae</i> (Langsd. & Fisch.) A.R.Sm.	Herbácea	Epífita
<i>Serpocaulon fraxinifolium</i> (Jacq.) A.R.Sm.	Herbácea	Epífita
<i>Serpocaulon meniscifolium</i> (Langsd. & Fisch.) A.R.Sm.	Herbácea	Epífita
<i>Serpocaulon triseriale</i> (Sw.) A.R.Sm.	Herbácea	Epífita
PSILOACEAE		
<i>Psilotum nudum</i> (L.) P.Beauv.	Herbácea	Epífita
PTERIDACEAE		
<i>Acrostichum danaeifolium</i> Langsd. & Fisch.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantopsis radiata</i> (L.) Fée	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum abscissum</i> Schrad.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum argutum</i> Splitg.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum cajennense</i> Willd. ex Klotzsch	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum concinnum</i> Willd.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum cuneatum</i> Langsd. & Fisch.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum curvatum</i> Kaulf.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum deflectens</i> Mart.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum diogoanum</i> Glaz. ex Baker	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum dolosum</i> Kunze	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum giganteum</i> J.Prado	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum glareosum</i> Lindm.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum glaucescens</i> Klotzsch	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum humile</i> Kunze	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum intermedium</i> Sw.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum latifolium</i> Lam.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum lucidum</i> (Cav.) Sw.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum macrophyllum</i> Sw.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum obliquum</i> Willd.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum petiolatum</i> Desv.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum pulverulentum</i> L.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum raddianum</i> C.Presl	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum serratodentatum</i> Willd.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum tenerum</i> Sw.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum terminatum</i> Kunze ex Miq.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum tetraphyllum</i> (Humb. & Bonpl.) Willd.	Herbácea	Terrícola
<i>Adiantum villosum</i> L.	Herbácea	Terrícola
<i>Ceratopteris thalictroides</i> (L.) Brong	Herbácea	Terrícola
<i>Cheilanthes eriophora</i> (Fée) Mett.	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Doryopteris collina</i> (Raddi) J.Sm.	Herbácea	Terrícola
<i>Doryopteris concolor</i> (Langsd. & Fisch.) J.Sm.	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Doryopteris ornithopus</i> (Hook. & Baker) J.Sm.	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Doryopteris pedata</i> (L.) Fée	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Doryopteris pedata</i> var. <i>multipartita</i> (Fée)	Herbácea	Terrícola/ Rupícola
<i>Doryopteris pentagona</i> Pic.Serm	Herbácea	Rupícola
<i>Doryopteris sagittifolia</i> (Raddi) J.Sm.	Herbácea	Rupícola
<i>Doryopteris varians</i> (Raddi) J.Sm.	Herbácea	Rupícola
<i>Doryopteris</i> sp.	Herbácea	Rupícola
<i>Hecistopteris pumila</i> (Spreng.) J.Sm.	Herbácea	Epífita
<i>Hemionitis palmata</i> L.	Herbácea	Rupícola
<i>Hemionitis tomentosa</i> (Lam.) Raddi	Herbácea	Terrícola
<i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.) Link var. <i>calomelanos</i>	Herbácea	Terrícola
<i>Polytaenium cajenense</i> (Desv.) Benedict	Herbácea	Epífita
<i>Polytaenium guayanense</i> (Hieron.) Alston	Herbácea	Epífita

<i>Pteris biaurita</i> L.	Herbácea	Terrícola
<i>Pteris brasiliensis</i> Raddi	Herbácea	Terrícola
<i>Pteris decurrens</i> C.Presl	Herbácea	Terrícola
<i>Pteris denticulata</i> Sw. var. <i>denticulata</i>	Herbácea	Terrícola
<i>Pteris leptophylla</i> Sw.	Herbácea	Terrícola
<i>Pteris schwackeana</i> Christ	Herbácea	Terrícola
<i>Pteris splendens</i> Kaulf.	Herbácea	Terrícola
<i>Pteris vittata</i> L.	Herbácea	Terrícola
<i>Vittaria costata</i> Kunze	Herbácea	Epífita
<i>Vittaria graminifolia</i> Kaulf.	Herbácea	Epífita
<i>Vittaria lineata</i> (L.) J.E. Smith	Herbácea	Epífita
SACCOLOMATACEAE		
<i>Saccoloma elegans</i> Kaulf.	Herbácea	Terrícola
<i>Saccoloma inaequale</i> (Kunze) Mett.	Herbácea	Terrícola
SCHIZAEACEAE		
<i>Schizaea elegans</i> (Vahl.) Sw.	Herbácea	Terrícola
TECTARIACEAE		
<i>Tectaria heracleifolia</i> (Willd.) Underw.	Herbácea	Terrícola
<i>Tectaria incisa</i> Cav.	Herbácea	Terrícola
<i>Triplophyllum boliviensis</i> J. Prado & R.C. Moran	Herbácea	Terrícola
<i>Triplophyllum dicksonioides</i> (Fée) Holttum	Herbácea	Terrícola
<i>Triplophyllum funestum</i> (Kunze) Holttum	Herbácea	Terrícola
THELYPTERIDACEAE		
<i>Macrothelypteris torresiana</i> (Gaudich.) Ching	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris abrupta</i> (Desv.) Proctor	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris biolleyi</i> (Christ) Proctor	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris conspersa</i> (Schrad.) A.R.Sm.	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris crysodioides</i> (Fée) C.V.Morton	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris decussata</i> (L.) Proctor	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris dentata</i> (Forssk.) E.P.St.John	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris hispidula</i> (Decne.) C.F. Reed	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris interrupta</i> (Willd.) K. Iwats	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris jamesonii</i> (Hook.) R.M.Tryon	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris kunthii</i> (Desv.) Morton	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris leprieurii</i> (Hook.) R.M.Tryon var. <i>leprieurii</i>	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris longifolia</i> (Desv.) R.M.Tryon	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris macrophylla</i> (Kunze) C.V. Morton	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris mexiae</i> (C.Chr. ex Copel.) Ching	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris patens</i> (Sw.) Small	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris poiteana</i> (Bory) Proctor	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris polypodioides</i> (Raddi) C.F. Reed	Herbácea	Terrícola
<i>Thelypteris serrata</i> (Cav.) Alston	Herbácea	Terrícola

CONCLUSÕES

Entre as formações de Floresta Atlântica ocorrentes no Nordeste ao Norte do rio São Francisco (Florestas de Terras Baixas e Florestas Montanas), as Florestas Serranas apresentam maior riqueza de espécies de samambaias e licófitas e compõem um elemento de grande relevância para a manutenção da diversidade de samambaias e licófitas na Floresta Atlântica Nordestina, especialmente para as licófitas, que têm pouca representatividade no Nordeste.

A flora de samambaias e licófitas das áreas de Florestas Serranas analisadas é fortemente influenciada pelo tamanho do fragmento florestal, com maior número de espécies ocorrendo em fragmentos maiores. Além disso, o tamanho florestal também influencia na flora em termos de composição das espécies, de modo que fragmentos pequenos apresentam floras distintas dos fragmentos grandes, existindo uma relação de complementaridade florística.

A disponibilidade hídrica foi outro fator determinante para a riqueza e composição de samambaias e licófitas nas Florestas Serranas. A interação entre fatores climáticos (sazonalidade da precipitação, sazonalidade térmica, média anual de temperatura) e o tipo florestal refletem a importância da umidade para esses grupos de plantas que apresentam maiores riquezas em fragmentos mais úmidos, sendo esta condição capaz de explicar, também, as variações nas composições de espécies entre as Florestas Serranas.

Existe relação entre a similaridade da composição florística e a distância geográfica, sendo áreas mais distantes com menor afinidade florística. Isso se deve, provavelmente, à relação positiva observada entre as mudanças físicas nos fragmentos florestais e as distâncias entre eles. No entanto, a variação na composição de espécies responde mais fortemente aos fatores físicos do ambiente que à distância geográfica, evidenciando que o papel do ambiente é provavelmente mais restritivo que qualquer processo de dispersão ou flutuações aleatórias, indicando o determinismo ambiental como atuante na distribuição das samambaias e licófitas nas Florestas Serranas.

Este estudo traz evidências de que as Florestas Serranas são potenciais refúgios de diversidade de samambaias e licófitas. Com base nas comparações feitas entre as variações de riqueza desses grupos vegetais nos fragmentos de Florestas Serranas e de Terras Baixas que não são explicadas pela relação espécie-área.

As relações existentes entre os resíduos da relação espécie-área e as representatividades de samambaias e licófitas epífitas, restritas e de espécies de licófitas sugerem que essas plantas podem explicar parte do número de espécies não explicada pelo tamanho do fragmento florestal, dadas as características de especificidade ambiental e longa história evolutiva desses grupos.

A proteção da diversidade de samambaias e licófitas nas Florestas Serranas depende de estratégias de conservação de abrangência regional, uma vez que existe complementaridade entre as composições de espécies ocorrentes nas Florestas Serranas, evidenciada pelo fato de muitas espécies apresentarem distribuições restritas a poucas áreas.

ANEXOS

ANEXO 1

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NO JOURNAL OF BIOGEOGRAPHY

Journal of Biogeography



Edited By: Robert J. Whittaker

Impact Factor: 4.863

ISI Journal Citation Reports © Ranking: 2012: 2/45

(Geography Physical); 18/136 (Ecology)

Online ISSN: 1365-2699

Associated Title(s): Diversity and Distributions, Global

Ecology and Biogeography

Instructions for Authors

Papers dealing with all aspects of spatial, ecological and historical biogeography are considered for publication in the *Journal of Biogeography*. The mission of the Journal is to contribute to the growth and societal relevance of the discipline of biogeography through its role in the dissemination of biogeographical research. To that end, the editorial policy is that the Journal seeks to be representative of the discipline of biogeography, to be global in scope, and to be inclusive of major traditions and viewpoints in the discipline. Authors are particularly encouraged to submit concise, clearly written papers focused on precisely framed questions or hypotheses of broad interest to the wide international readership of the Journal. The Journal was established in 1974 and is published in 12 issues a year.

Review policy. To avoid unnecessary delay for authors, papers submitted to the Journal are first assessed editorially, and either are rejected outright at this stage or are entered into a full peer review process. We aim to reach an editorial decision on each manuscript in a timely fashion and to do so for first submissions in all cases within three months of receipt. As of January 2013, the mean time to first decision for the previous 12-month period was 34 days.

Requirements for submission

1. Manuscripts submitted to Journal of Biogeography must not be under consideration for publication elsewhere.
2. The corresponding author must ensure that for each round of submission each author named on the manuscript has approved the final version and consented to being named as an author on the manuscript, exactly as submitted to the journal.
3. All manuscripts submitted to the journal will be scanned using software designed to detect plagiarism. Where plagiarism is found, the submission may be rejected and/or authors' institutions may be notified.
4. Authors must disclose any conflict of interest that might be perceived as affecting the objectivity of conclusions, even if the conflict is only apparent.
5. Manuscripts must have been read and edited by someone whose first language is English.

Article types and guidelines for layout The Journal publishes articles under the following main headers: 1) **Guest Editorials**, 2) **Commentaries**, 3) **Original Articles**, 4) **Syntheses** and 5) **Correspondence**. All submissions are subject to peer review. All submissions must be concisely and clearly written in grammatically correct English.

1) Guest Editorials

The Guest Editorial section is intended for stimulating and reflective essays providing personal perspectives on key research fields and issues within biogeography.

Contributions are by the invitation of the editors, and authors wishing to contribute to this section should therefore contact the editorial office in advance. When published, guest editorials should be of no more than eight printed pages (main text maximum 5000 words), and they should include a short, single-paragraph abstract, and a set of 6–10 keywords.

Manuscripts should be presented in the following order: title page, giving the article type: Guest Editorial, article title, author names, author research addresses, correspondence author's name, address and e-mail, and short running head (maximum of 8 words); a single-paragraph abstract of up to 250 words; 6–10 keywords; main text;

references (using the standard referencing system of the journal); tables with their legends above; list of figure legends; and embedded figures. A biosketch (see below) may be included after the references providing the overall paper length limit is not exceeded. **The word count, inclusive of abstract, main text and references, should be stated on p1 of the manuscript.**

2) Commentaries

Commentary submissions should provide readily intelligible comment on the latest original research in biogeography. The prose style should be light, and the article should be written with the minimum of technical language and jargon, so as to be understandable to a general audience or an undergraduate taking an introductory course in biogeography. Contributions will be subject to rapid peer review. Commentaries should occupy a maximum of two pages of the journal, and should have a maximum of 10 references. No biosketch is included for commentaries. Manuscripts should be presented in the following order: article type header: Commentary; article title (maximum of 10 words); main text (if headers are used within the text, keep them to a minimum); author names; author research addresses; correspondence author's name, address and e-mail; and the references (using the standard referencing system of the journal). The overall word count, inclusive of all of the above (i.e. text, title, author details, references), should be stated on p1 of the manuscript and should not exceed 1600 words. Should you wish to include a small figure or other illustration, this can be accommodated by a reduction in the number of words on a pro rata basis.

3) Original Articles

Standard research papers are classed as Original Articles. Authors should prepare their manuscript so that, when published, the article will comprise not more than 10 to 12 published pages. A single page of the journal can carry one of the following: (1) the article title, author list, abstract, and keywords; (2) about 1000 words of text (including subheadings); (3) about 30 references. For a typical Original Article, in which illustrative material (Tables and Figures) occupies about 3 pages of the journal when printed at final journal sizing, the text, inclusive of abstract and reference list, should not exceed 7000 words. **The word count, inclusive of abstract, main text and references, should be stated on p1 of the manuscript.**

Manuscripts should be presented in the following order: title page, giving the article type: Original Article, the article title, author names, author research addresses, correspondence author's name, address and e-mail, and short running head (maximum of 8 words); a structured abstract (as detailed below); 6–10 keywords (in alphabetical order); main text; references (using the standard referencing system of the journal); biosketch (see below); tables with their legends above; list of figure legends; and embedded figures. The main headers for Original Articles should normally be Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, References.

Structured abstracts. Abstracts should be of no more than 300 words, presented as a series of factual statements under the following headings: Aim, Location, Methods, Results, and Main conclusions. The Aim should give a clear statement of the principal research question(s) or hypotheses, the Methods should give details of materials/sampling/methods of analysis, and the Main conclusions should give the main take-home message.

Biosketch/Biosketches. A short Biosketch/Biosketches entry (30-100 words for one author/150 words for the first three authors, respectively) describing the research interests of the author(s) should be provided. For papers with four or more authors, biosketch details should be supplied for the first author only and/or a general statement of the focus of the research team (which may include a link to a group web page) plus, in all cases, a statement of author contributions, e.g. Author contributions: A.S. and K.J. conceived the ideas; K.J. and R.L.M. collected the data; R.L.M. and P.A.K. analysed the data; and A.S. and K.J. led the writing.

4) Syntheses Papers that have the character of a theoretical synthesis/review, even if incorporating an element of original analysis within them, should use the strapline Synthesis. Guidelines are as for Original Articles but submissions to the Synthesis section may be of up to 10,000 words providing such length is fully justified. **In all cases, the word count, inclusive of abstract, main text and references, should be stated on p1 of the manuscript.**

5) Correspondence The Journal welcomes short items of correspondence prompted by papers previously published in this or occasionally in other journals. The text should not normally exceed 2500 words, inclusive of a short one-paragraph abstract (up to 150 words), and a list of 6–10 keywords. No biosketch is necessary for Correspondence papers. **The word count, inclusive of abstract, main text and references, should be stated on p1 of the manuscript.**

Pre-submission English language editing Authors for whom English is a second language may choose to have their manuscript professionally edited before submission to improve the English. A list of independent suppliers of editing services can be found at http://authorservices.wiley.com/bauthor/english_language.asp Japanese authors can also find a list of local English improvement services at <http://www.wiley.co.jp/journals/editcontribute.html>.

Submission

Submission to the *Journal of Biogeography* is via an online submission process at <http://mc.manuscriptcentral.com/jbi>. It is strongly recommended that before submission authors download and then complete our Author Checklist, which is intended to assist authors in preparing a potentially successful submission. It is available from the ScholarOne Manuscripts site, where it can be found in the tab 'Instructions and Forms' at the top right hand corner of the main screen.

When submitting, authors should upload a single word file (.doc, .docx or .rtf) containing in sequence the text, tables with legends above, list of figure legends, and embedded figures. If the paper has Supporting Information (for online publication only), this material should be uploaded as separate editable files or, preferably, as one combined file, with embedded figures if applicable. Any explanatory notes, companion papers etc. for the attention of reviewers should be uploaded under 'Comments to reviewers'. Once the files have been uploaded, the system automatically creates a single PDF file for review purposes, combining the files designated as being for review. An optional cover letter for the editor may be uploaded separately.

Full instructions and support for authors can be found on the ScholarOne Manuscripts site. To use the site you will need a user ID and password. Go to the Journal's submission homepage (<http://mc.manuscriptcentral.com/jbi>) and click 'New user' if you have not registered as an author before. If you require technical assistance with ScholarOne Manuscripts, you will find details of how to contact ScholarOne Support directly by clicking the GET HELP NOW link that appears at the top of every ScholarOne Manuscripts page. Alternatively, please contact the Editorial Office by e-mail.

The text

Manuscripts should bear the title of the contribution, names of the authors and complete addresses of the place(s) where the work was carried out. The full postal and e-mail address of the author who will receive correspondence and check the proofs should also be included, as well as the present address of any author if different from the place where the work was carried out. The title page should state the word count for the abstract and also for the main body of the text (inclusive of the abstract and references).

Manuscripts must be written in English (*we use UK spellings following the Oxford English Dictionary*); where this is not the author's first language they should be carefully checked by a scientifically competent English speaker before submission.

Manuscripts should be formatted as A4 with ample margins and double line spacing with continuous line numbers. All pages should be numbered in the top right hand corner. A range of three different headings levels may be used and authors should indicate the level of each heading by formatting them as bold–capital, bold–lower case or italics–lower case for main, second and third level heading, respectively.

The correct nomenclatural authorities for the main study species must be given on their first mention in the main body of text, or reference must be made to an appropriate nomenclatural source reference covering the taxa mentioned in the paper. Where specific equipment or software is mentioned, please give the manufacturer/company's name, town and country.

Conflict of Interest

Journal of Biogeography requires that all authors disclose any potential sources of conflict of interest. Any interest or relationship, financial or otherwise, that might be

perceived as influencing an author's objectivity is considered a potential source of conflict of interest. These must be disclosed when directly relevant or indirectly related to the work that the authors describe in their manuscript. Potential sources of conflict of interest include but are not limited to patent or stock ownership, membership of a company board of directors, membership of an advisory board or committee for a company, and consultancy for or receipt of speaker's fees from a company. The existence of a conflict of interest does not preclude publication in this journal.

It is the responsibility of the corresponding author to review this policy with all authors and to collectively list in the manuscript (under the Acknowledgment section) and in the online submission system ALL pertinent commercial and other relationships.

Corresponding authors will be asked to confirm whether or not a conflict of interest exists as part of the submission process.

Journal of Biogeography is a member of and subscribes to the principles of the Committee on Publication Ethics.

Abbreviations and units

SI units (m, km², kg, etc.) are preferred. Statistics and measurements should always be given in figures, i.e. 10 km, except where the number begins the paragraph. When the number does not refer to a unit of measurement, it is spelt out (e.g. three samples), except where the number is greater than or equal to 10 (e.g. 25 samples). Use: negative exponents (e.g. t year⁻¹, not t/year); L for litres; 24 hour clock format (e.g. 10.00 h); and format dates as 31 March 1999. The word 'Figure' should be abbreviated in the text, e.g. Fig. 1, Figs 2 & 3. All acronyms/abbreviations should be given in full at first mention.

Tables

Tables should be cited consecutively in the text and included in the file at the end of the paper with the legends above. They should be editable and constructed using 'tabs' (not spaces or software options). Legends should be explicit and informative and should 'stand alone' from the main text, giving the study organism and study location and 'n' values where applicable. Column headings should be brief, with units of measurement

in parentheses. All abbreviations should be defined.

Figures

Prepare figures such that, after reduction to print size, all lettering and symbols will be clear and easily read, and such that each figure makes effective use of space. If using colour please see the section on **Colour figures**, below.

For review purposes, figures should be embedded at the end of the text file. All illustrations (including photographs and maps) are classified as figures and they should be numbered consecutively as first cited in the text. Panels should be labelled (a), (b), (c), etc. rather than (A), (B), (C) etc. and referred to in the text as, for example, Fig. 1a. Figure legends should be listed at the end of the paper before the embedded figures. Legends should be explicit and informative and should ‘stand alone’ from the main text, giving the study organism and study location where applicable. All abbreviations should be defined.

Bar scales for maps and photographs are preferred to numerical scales and must be given on all such items. Maps that display area data and organism distribution at a continental, hemispheric, or world scale must always use an **equal-area map projection** (e.g. Mollweide or Aitoff's). Note especially that Mercator's projection is not acceptable for such data. Please indicate the precise projection employed in the caption. On these maps, the equatorial scale should be indicated, while **scale information should be provided**, preferably as a scale bar within the figure, for all maps of whatever size and area; use ‘km’ or ‘kilometres’, not ‘kilometers’. Maps should include adequate geo-referencing information.

If and when your paper is accepted for publication, the editorial office will request you to upload your figures as separate files in the format(s) specified below. When supplying these files, use the following naming convention: manuscript number, figure number and then the appropriate file extension e.g. 'JBI-08-0500_Fig1.tif'.

Photographic figures should be saved in .tif format at 300 d.p.i. (or failing that in .jpg format with low compression). Line figures should be saved as vector graphics (i.e.

composed of lines, curves, points and fonts) in .eps or .pdf format, as this enhances their display when published online. Combination figures (those composed of vector and pixel/raster elements) should also be saved in .eps or .pdf format where possible. If line figures and combination figures cannot be saved in vector graphics format, they should be saved in .tif format at high resolution (i.e. 600–800 d.p.i.) (do not save them in .jpg format). If you are unsure about the resolution of your .tif files, please zoom in and check that fonts, curves and diagonal lines are smooth-edged and do not appear blocky.

Note that .tif files are downsampled for online publication and so authors should preferentially opt for vector graphic formats for line and combination figures (full resolution .tif files are used for print publication). Colour figures should be saved in CYMK rather than RGB.

Cover images

Authors are encouraged to submit potential cover illustrations. These should be scanned to be 300 d.p.i. when enlarged/reduced to reproduction size (typically 11 x 16 cm).

References

Authors must use the system illustrated below. Unpublished data, works in preparation and papers submitted but not yet accepted may be cited in the text, giving the author's initials and surname, but should not be included in the reference list. It is the author's responsibility to obtain permission from colleagues to include their work as a personal communication. Please add the person's initials, surname and institute for personal communications.

In the text, references should be made by giving the author's name with the year of publication, as follows: (Bush & Rivera, 1998). When reference is made to a work by three or more authors the first name followed by *et al.*, is used on all occasions. If several papers by the same author and from the same year are cited, a, b, c, etc. should be put after the year of publication, as follows (Schoener & Schoener, 1983a,b). When citing a list of papers, place them in date order (alphabetically when within a year) and separate them with semi-colons as follows (Schoener & Schoener, 1983a,b; Bush & Rivera, 1998, 2003; Collins, 1998, 2002; Whittaker *et al.*, 2007).

In the list, references should be sorted alphabetically by first author, then by number of authors (one, two, three or more), then chronologically within the one-author group, alphabetically within the two-author group, and chronologically within the $\geq$ three-author group. For multi-authored works with more than 20 authors, list only the first three authors followed by *et al.* Page extents of single-volume works are not required. **Titles of journals should be given in full.** Check the Journal for reference style. Some examples are given below:

Prentice, I.C., Guiot, J., Huntley, B., Jolly, D. & Cheddadi, R. (1996) Reconstructing biomes from palaeoecological data; a general method and its application to European pollen data at 0 and 6 ka. *Climate Dynamics*, **12**, 185-194.

Cox, C. B. & Moore, P. D. (1999) *Biogeography: an ecological and evolutionary approach*, 6th edn. Blackwell Science Ltd, Oxford.

Guo, Q. (1994) *Dynamic desert Puccinellia maritima plant community ecology: changes in space and time*. PhD Thesis, University of New Mexico, Albuquerque.

May, R.M. (1994) The effects of spatial scale on ecological questions and answers. *Large-scale ecology and conservation biology* (ed. by P.J. Edwards, R.M. May and N.R. Webb), pp. 1-17. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

StatSoft Inc. (2003) *STATISTICA (data analysis software system), version 6.1*. StatSoft, Inc., Tulsa, OK.

Appendices and Supporting Information

Additional materials and results (including supporting tables and figures) that are necessary but do not need to be included in the main paper must be compiled into Appendices, which will be provided to readers as online Supporting Information. No more than three supplementary appendices are permitted (labelled Appendix S1 to Appendix S3). Such supporting information should be referred to in the text as, for example, 'see Appendix S1 in Supporting Information'; subsequent mention should be in

the form 'see Appendix S2'. Authors should then include a 'Supporting Information' section immediately after their References section (i.e. before the Biosketch entry), which should be in the following form:

Supporting Information

Additional Supporting Information may be found in the online version of this article:

Appendix S1 Short title here.

Appendix S2 Short title here.

For reasons of space, only short titles to Supporting Information should be given in this section; full titles should be given with the Supporting Information itself and should include a fuller description of content, definition of abbreviations, etc.

Supporting Information files are hosted by the Publisher in the format supplied by the author and are not copy-edited by the Publisher. **It is the responsibility of the author to supply Supporting Information in an appropriate file format and to ensure that it is accurate and correct. Authors should therefore prepare Supporting Information with the same rigour as their main paper, including adherence to journal style (e.g. formatting of references).** Sources cited only in the Supporting Information should be listed in a reference section within the supplementary files and not with the main paper. Supporting Information can be provided as separate editable files or, preferably, as one combined file. Authors are discouraged from supplying very large files or files in non-standard file formats, both of which may reduce their use to the readership. At the point a paper is accepted, these files should be prepared without line numbers or wide line spacing, and with all track-change edits accepted.

At proof correction stage authors will be given access to their Supporting Information (via the web) and should check it for accuracy and updates. If changes are required, corrected versions of the files that were received with the proof must be emailed to the Production Editor, with a brief description of the changes made. Supporting Information **must be checked alongside the main proof** and corrections for both returned to the Production Editor at the same time.

Data Accessibility

Authors who wish to provide a consolidated statement of how other readers can access the data used in their paper may wish to refer to outside data repositories where they have deposited their data, e.g. Dryad, Pangaea, or others. If so, this statement should be included after the Supporting Information section and before the Biosketch entry. A typical entry might read as follows:

DATA ACCESSIBILITY

All topographic and environmental GIS layers, the habitat suitability model and BTM results generated for this study are available as raster grids from the Pangaea database: <http://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.808540>.

Policy on the use of RAPD markers

The appropriateness of RAPD markers for population genetic inference is increasingly questioned by our reviewers and editors because of concerns about reproducibility, dominance, and homology. Given these worries, and the ready availability of other kinds of markers that do not suffer from all of these problems, studies based primarily on RAPDs only rarely pass the scrutiny of peer review in the Journal of Biogeography. There may be situations in which RAPDs are appropriate, such as in genetic mapping studies or in searches for diagnostic markers for a given species or trait. These latter kinds of studies will continue to be reviewed by the journal.

Policy on data publication, molecular sequences and vouchers

Consistent with widely adopted conventions in the field, it is a condition of publication that papers using new molecular sequences must place the sequences in an appropriate database (e.g. GenBank). Relevant accession numbers should be provided in the final manuscript. Accession numbers are required for all sequences used in analyses, including existing sequences in databases. Museum voucher numbers should also be provided where doing so constitutes the appropriate best practice and/or where this information could be of real value to future researchers. More generally, the journal recognizes that what is considered appropriate best practice regarding data publication/deposition may vary depending on factors such as the nature of the data, the

funding sources involved, complexities of prior intellectual ownership issues, etc. We therefore strongly encourage (where appropriate) but do not require (where it may not be) authors to publish/deposit data sets in conjunction with papers being published in this journal.

Copyright, OnlineOpen and colour figure charges

Journal of Biogeography operates two publication models: (1) our standard model for which no page charges apply; and (2) a pay-to-publish OnlineOpen model. Publication is conditional on authors completing and returning an Copyright Transfer Agreement Form or the online Open Access form (see links above), respectively. In addition, all papers including colour artwork are subject to charges (see 'Colour figures' below). The relevant forms must be completed and returned to the Production Editor on acceptance: papers will not be sent for typesetting until then.

Copyright Transfer Agreement Form

If your paper is accepted, the author identified as the formal corresponding author for the paper will receive an email prompting them to login into Author Services; where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) they will be able to complete the license agreement on behalf of all authors on the paper.

For authors signing the copyright transfer agreement

If the OnlineOpen option is not selected the corresponding author will be presented with the copyright transfer agreement (CTA) to sign. The terms and conditions of the CTA can be previewed in the samples associated with the Copyright FAQs below:

CTA Terms and Conditions http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs_copyright.asp

For authors choosing OnlineOpen

If the OnlineOpen option is selected the corresponding author will have a choice of the following Creative Commons License Open Access Agreements (OAA): Creative Commons Attribution License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial-NoDerivs License OAA

To preview the terms and conditions of these open access agreements please visit the Copyright FAQs hosted on Wiley Author

Services http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs_copyright.asp and visit <http://www.wileyopenaccess.com/details/content/12f25db4c87/Copyright--License.html>. If you select the OnlineOpen option and your research is funded by The Wellcome Trust and members of the Research Councils UK (RCUK) you will be given the opportunity to publish your article under a CC-BY license supporting you in complying with Wellcome Trust and Research Councils UK requirements. For more information on this policy and the Journal's compliant self-archiving policy please visit: <http://www.wiley.com/go/funderstatement>.

Colour figures

Charges apply for the reproduction of colour figures in the hard copy of the journal. So, if your paper contains colour figures, the Colour Work Agreement form (available [here](#)), which outlines the charges, must be completed by the corresponding author and sent to Wiley Blackwell at acceptance. If using a limited colour palette we ask that authors avoid using red with green as this is a common colour-blindness combination. If you are not prepared to pay for colour in print, figures will be produced in colour in electronic versions of the paper, but black and white in the print copy. For the convenience of readers, we ask that you design your colour artwork so that it can be understood as best as possible in greyscale. Note that the same figure file must be used for both the print and online versions (we do not accept differing colour and black-and-white versions of the same figure). Authors must complete the Colour Work Agreement form even if they opt for colour online/black and white in print. Articles received by Wiley Blackwell with colour work will not be published until the form has been received. Please send a scanned copy of the form to our production editor (jbi@wiley.com) for information and, if paying for colour, post the hard copy of the form to: Customer Services (OPI), John Wiley & Sons Ltd, European Distribution Centre, New Era Estate, Oldlands Way, Bognor Regis, West Sussex, PO22 9NQ.

Referrals to the Open Access Journal "Ecology and Evolution"

This journal works together with Wiley's Open Access journal, Ecology and Evolution, to enable rapid publication of good quality research that we are unable to accept for

publication. Authors may be offered the option of having their paper, along with any related reviews, automatically transferred for consideration by the Editor of *Ecology and Evolution*. Authors will not need to reformat or rewrite their manuscript at this stage, and publication decisions will be made a short time after the transfer takes place. The Editor of *Ecology and Evolution* will accept submissions that report well-conducted research and which reach the standard acceptable for publication. Accepted papers can be published rapidly, typically within 15 days of acceptance. *Ecology and Evolution* is a Wiley Open Access journal and article publication fees apply.

Archive policy

Please note that unless specifically requested, the Publisher will dispose of all hardcopy or electronic material submitted 2 months after publication.

Proofs

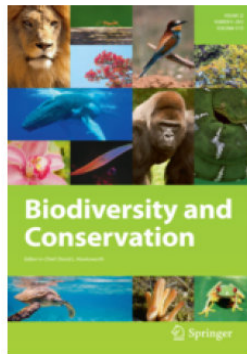
PDF proofs will be sent to the corresponding author by e-mail and they should be **returned to the Production Editor within two weeks of receipt**. Where this is not possible authors should e-mail the Production Editor (jbi@wiley.com) to advise of the delay. We strongly encourage corresponding authors to circulate their proof (including supporting information) for checking to all co-authors. Major alterations to the text and illustrations are only accepted when absolutely necessary; the additional costs may be charged to the author.

Offprints

Free access to the final PDF offprint of your article will be available via Author Services only. Please therefore sign up for Author Services if you would like to access your article PDF offprint and enjoy the many other benefits the service offers.

ANEXO 2

**NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA BIODIVERSITY AND
CONSERVATION**



Biodiversity and conservation

Editor-in-Chief: David Haw ksw orth
ISSN: 0960-3115 (print version)
ISSN: 1572-9710 (electronic version)
Journal no. 10531

Instructions for Authors

GENERAL

Language

The journal's language is English. British English or American English spelling and terminology may be used, but either one should be followed consistently throughout the article. Authors are responsible for ensuring the language quality prior to submission. Is there an existing module for this? It should probably be made clear on submission to all journals.

Spacing

Please double-space all material, including notes and references.

Nomenclature

This is not a taxonomic journal and does not publish new scientific names of species or other ranks except in exceptional circumstances. The correct names of organisms conforming with the international rules of nomenclature must be used. Descriptions of new taxa should not be submitted unless a specimen has been deposited in a recognized collection and it is designated as a type strain in the paper. Biodiversity and Conservation uses the same conventions for the genetics nomenclature of bacteria, viruses, transposable elements, plasmids and restriction enzymes as the American Society for Microbiology journals.

MANUSCRIPT SUBMISSION

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

PERMISSIONS

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

ONLINE SUBMISSION

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink "Submit online" on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

ARTICLE TYPES

Original Research (9,000):

Manuscripts which are based on newly generated data which has not previously been published or new analyses of existing data sets. Topics which are likely to be of interest to a wide range of biodiversity scientists and conservationists are given priority, although local studies or ones restricted to one or a few species may be considered if they serve as case studies or include some novel approach. Articles dealing with several groups of organisms and wide geographical areas are generally welcome. Ecological or genetic papers will be considered only where they contribute to the core themes of the journal. Also, this is not a taxonomic journal, and papers which describe new species or propose new systematic arrangements will not normally be considered. In addition, author citations of scientific names are not to be included. The title page should be organized as in the section "Title page". This should be followed by an Abstract (300-500 words) and Key words (ones not in the title). The Introduction should place the work in a broader context and make the objectives clear. Methods and Results sections normally follow, and articles close with a Discussion of the results. Subheadings and alternative headings may be used where appropriate. References must follow the style given in "References", and be followed by Figure captions, Figures, and Tables (in that order).

Review Article (12,000):

Unsolicited reviews are encouraged, generally should have a global or regional perspective, and may concern particular groups of organisms or methodologies. They are generally prepared by experienced researchers with special in-depth knowledge of the topic. Extensive lists of references are expected. The general guidance given for Original Research submissions should be followed, but the system of headings and subheadings generally varies depending on the topic. Reviews generally include indications of outstanding issues to be addressed, and directions future work could take to elucidate those issues. If in doubt whether a review topic might be suitable, please contact the Editor-in-Chief prior to preparation and submission.

Invited Reviews (12,000):

Invited Reviews are ones which the Review Editor has invited, and are generally on subjects of wide or topical interest, or which may be controversial. The Reviews Editor makes invitations on the basis of her own experience with inputs from the journal's Associate Editors. Otherwise, the guidance given under "Review Article" above applies.

Book Review (12,000):

The journal no longer publishes individual book reviews as separate items, but combines book reviews and notices into batches which are issued one or two times each year. Authors wishing to submit reviews of books they have received should first check with the Editor-in-Chief whether the titles are already being covered. Publishers wishing to have titles considered for inclusion should send them to the Editor-in-Chief.

Commentary (2,000):

Remarks on particular topical issues or criticisms of published work in this or other journals, often controversial and bringing attention to matters of concern. They should follow the general guidance under "Original Articles", and require an Abstract, but the internal structure

will depend on the topic. Commentaries do not generally include original previously unpublished data.

Letter to the Editor (1,000):

Opinions or criticisms drawing attention to issues of concern, or pointing out errors or inadequacies in Original Research articles published either in this journal or in other journals, are now welcome. They can be controversial, but need to cite supporting evidence for views expressed. No Abstract is required, no headings or subheadings are generally necessary, and References should normally not exceed 10-15.

TITLE PAGE

The title page should include:

The name(s) of the author(s)

A concise and informative title

The affiliation(s) and address(es) of the author(s)

The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

ABSTRACT

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

KEYWORDS

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

TEXT

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.

Use italics for emphasis.

Use the automatic page numbering function to number the pages.

Do not use field functions.

Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.

Use the table function, not spreadsheets, to make tables.

Use the equation editor or MathType for equations.

Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

HEADINGS

Please use no more than three levels of displayed headings.

ABBREVIATIONS

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

FOONOTES

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data).

Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

ACKNOWLEDGMENTS

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

REFERENCES

CITATION

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:
Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999).

REFERENCE LIST

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med.* doi:10.1007/s001090000086

Book

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

Dissertation

Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure*. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php

TABLES

All tables are to be numbered using Arabic numerals.

Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.

For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.

Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.

Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

ARTWORK AND ILLUSTRATIONS GUIDELINES

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

FIGURE LETTERING

To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).

Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).

Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.

Avoid effects such as shading, outline letters, etc.

Do not include titles or captions within your illustrations.

FIGURE NUMBERING

All figures are to be numbered using Arabic numerals.

Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.

Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).

If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc."

Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

FIGURE CAPTIONS

Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.

Figure captions begin with the term **Fig.** in bold type, followed by the figure number, also in bold type.

No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.

Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.

Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

FIGURE PLACEMENT AND SIZE

When preparing your figures, size figures to fit in the column width.

For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.

For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

PERMISSIONS

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

ACCESSIBILITY

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that:

All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)

Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements)

Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

DOES SPRINGER PROVIDE ENGLISH LANGUAGE SUPPORT?

Manuscripts that are accepted for publication will be checked by our copyeditors for spelling and formal style. This may not be sufficient if English is not your native language and substantial editing would be required. In that case, you may want to have your manuscript edited by a native speaker prior to submission. A clear and concise language will help editors and reviewers concentrate on the scientific content of your paper and thus smooth the peer review process.

The following editing service provides language editing for scientific articles in all areas Springer publishes in.

Use of an editing service is neither a requirement nor a guarantee of acceptance for publication. Please contact the editing service directly to make arrangements for editing and payment.