

HERMES DE OLIVEIRA MACHADO FILHO

**Estrutura Evolutiva de Assembleias de Plantas Aquáticas:
do Semiárido Brasileiro ao Cenário Neotropical**

RECIFE

2017

Hermes de Oliveira Machado Filho

**Estrutura Evolutiva de Assembleias de Plantas Aquáticas:
do Semiárido Brasileiro ao Cenário Neotropical**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica – PPGB da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, como requisito para a obtenção do título de doutor em Botânica.

ORIENTADORA: Dr^a. Ariadne do Nascimento Moura
CO-ORIENTADORES: Dr^a. Carmen Silvia Zickel
Dr. José Iranildo Miranda de Melo

Recife

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

M149e Machado Filho, Hermes de Oliveira
Estrutura evolutiva de assembleias de plantas aquáticas:
do semiárido brasileiro ao cenário neotropical / Hermes de Oliveira
Machado Filho. – 2016.
148 f. : il.

Orientadora: Ariadne do Nascimento Moura.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Recife,
BR-PE, 2016.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Filogenia 2. Conservação 3. Macrófitas aquáticas I. Moura,
Ariadne do Nascimento, orient. II. Título

CDD 581

**Estrutura Evolutiva de Assembleias de Plantas Aquáticas:
do Semiárido Brasileiro ao Cenário Neotropical**

Hermes de Oliveira Machado Filho

Apresentada em: _____/_____/_____

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Ariadne do Nascimento Moura (Presidente)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Ana Virgínia de Lima Leite (Titular)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Elba Maria Nogueira Ferraz (Titular)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Margareth Ferreira de Sales (Titular)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dr^a. Sarah Maria Athiê de Souza (Titular)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Suzene Izídio da Silva (Suplente)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Karine Matos Magalhães (Suplente)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedicatória

“À minha mãe, Gentil Pessoa – Saudades sem fim de quando tinhas plena saúde, à minha tia, Judite Lopes – por ter cuidado de mim como uma mãe; e ao meu pai, Hermes Machado – o pouco que conheci dele, o fez torna-se inesquecível.

Agradecimentos

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), através do Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB) pela possibilidade em realização desse doutorado. A minha orientadora Prof^a. *Ariadne Moura* por ter me aceitado à sua equipe e acreditado em mim, no meu trabalho, e pelos seus valiosos conselhos, minha sincera gratidão. Aos meus co-orientadores *Carmen Zickel* e *Iranildo Melo*, e aos professores colaboradores desta tese: *Antonio Lot*, *Clístenes Nascimento*, *Enio Dantas* e *Maria Teresa Buril* por ter dedicado seu tempo ao nosso trabalho. Em especial ao Prof. *Bráulio Santos*, pois sem sua ajuda esse trabalho não teria se materializado.

Agradeço aos coordenadores do PPGB durante a realização do meu doutorado, Profs. *Carmen Zickel*, *Reginaldo Carvalho* e *Maria Teresa Buril*, pela presteza, simpatia, competência e auxílio na realização deste trabalho; à secretária *Kênia Freire*, por ser sempre prestativa, afável e acolhedora. Aos examinadores dos seminários "A" Profa. *Sonia Barreto* e "B" Prof. *Enio Dantas*, da qualificação Profs. *Maria Teresa Buril*, *Margareth Sales* e *Douglas Zepelini* e da banca Profs. *Ana Virginia Leite*, *Elba Maria Nogueira*, *Margareth Sales*, *Sara Maria Athié*, *Suzene Izidio* e *Karine Matos*. Agradecimentos especiais aos docentes das disciplinas que cursei no PPGB-UFRPE: *Roxana Barreto*, *Margareth Sales*, *Maria Teresa Buril*, *Ulysses Paulino Albuquerque* e *Reginaldo Carvalho* e do PPGBV-UFPE: *Nívia Dias*, *Maria Regina Barbosa*, *Eugênia Pereira*, *Marccus Alves*, *Rafael Louzada*, *Braulio Santos* e *Wayt Thomas*; e no PPGRN-UFCEG: *Annemarie Konig* por me fizeram amar ainda mais a Botânica.

Aos meus amigos queridos da UFRPE e da UEPB que além de me ajudarem na pesquisa foram companheiros de muitas risadas: *Juliana Severiano*, *Nísia Aragão Tavares*, *Anamaria Diniz*, *Camila Amaral*, *Cihelio Amorim*, *Tássia Pinheiro*, *Patrícia Lima*, *Liliane Lima*, *Angélica Ferreira*, *Mayara Rocha*, *Caroline Ximenes*, *Samara Rodrigues*, *Raydrich Rocha*, *Thainá Lycarião*, *Irma Carvalho e Silva*, *Davi Freire*, *Alan Delon Azevedo*, *Natan Messias*, *Renata Lima*, *Diego Nathan*, *Daniele Santos*, *Talita Merieli*, *Leidiana Santos*, *Maria Carolina Tonizza*, *Vanessa Araújo*, *Tassiane Novascosque*,

Tânia Lúcia Costa, Silmar Silva, Simone, Fernando Bruno da Silva e Marcílio Xavier (In memoriam).

A todos os funcionários, alunos e Profs que fazem os herbários PEUFR, IPA, EAN, ACAN, JPB, CSTR, MEXU e HVC por toda a ajuda.

“A CAPES por la conceción de la beca del doctorado ‘sanduíche’, la que proporcionó mi estancia en la UNAM – Campus Morelia (México). Un agradecimiento muy especial al Dr. Guillermo Maríquez, por recibirme em su laboratorio; al Dr. Victor Arroyo-Sanchez e al Dr. Antonio Lot, por sus asesoriamentos. A mis amigos que conocí allá y que me extraña sus compañías: Carol, Melina, Anel, Dayan, Juanito, Amagui, Brendaliz, Indira, ‘Karina’, Yashua, Jorge, Isa, Alejandro, Amandine, ‘Chikilla’, Daniela, Flor, Elena, Kari, Moy, Pili, Zule, Leo, Karen, Javier, Armando, Lupita, Carlos, Alejandro ‘wey’, Fa Fa, Eliane, Edyla, Marina, Regina, Otávio, Domingos, Diego.”

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba *Campus* João Pessoa, pela concessão ao afastamento, taxas de bancada e bolsas para estagiários, nos meus dois primeiros anos de doutorado, oriundos da política expansionista proporcionada pelo governo Lula e Dilma Rousseff.

Aos companheiros de trabalho que me deram apoio e motivações ao longo de meu doutorado: Cleomar, Cecília, Rosi, Valdomiro, Tânia, Ednaldo, Marta, Gilcean, Cristóvan, Alecsandro, Neilor, Nicácio, Francilda, Paloma, Thalita. Aos estagiários que também me auxiliaram direta e indiretamente: Jéssica, Dayene, Rafael, Thiago, Alex, Mateus, Elizandra, Pedro, Glauris, Karla, Graziela.

Aos amigos que também merecem destaque pelos bons momentos da vida: Cristiano, Ruy, Niko, Delano, JC, Leandra, Fábio, Antenor, Herbert, Monique, Elias, Helder, Vlamiir, Aderivan, Teddy, Cirineu, Rosalina, Paulo, Polly, Cláudio, em especial a Beto, pela amizade de vários anos, revisão gramatical e por me deixar “roubar” a internet dele quando precisei.

A toda minha família! Aos meus pais, irmãos e todos os demais familiares por suas doações de carinho, amor e compreensão. Eles estiveram comigo desde os meus primeiros passos até a construção de toda essa caminhada. Seus ensinamentos, os bons e os maus momentos são nortes na minha vida.

Agradeço a todos que contribuíram indiretamente para realização deste trabalho e que não me lembrei neste pequeno espaço de tempo. Deixo aqui meus sinceros agradecimentos!!!

Resumo

A competição interespecífica e os filtros ambientais são mecanismos da história evolutiva que regem a estrutura de assembleias de plantas aquáticas. Filtros ambientais tendem a reunir espécies próximas filogeneticamente, enquanto a competição agrega espécies distantes filogeneticamente. Portanto, o objetivo desta tese foi verificar como se dá a associação entre variáveis abióticas, riqueza de espécies e Diversidade Filogenética (DF) em assembleias de plantas aquáticas em diferentes escalas espaciais e temporais. Essa tese foi dividida em duas partes: 1) na primeira parte, foi realizada uma compilação de listas florísticas de inventários realizados com plantas aquáticas, disponíveis *on line* na região neotropical, para testar se a riqueza e a DF de agrupamentos estavam ou não correlacionadas com variáveis ambientais dentro das províncias fitogeográficas da América Latina; 2) A segunda parte, foram coletadas amostras de espécies vegetais ao longo de oito corpos aquáticos no Estado da Paraíba (Nordeste do Brasil), sendo identificadas as espermatófitas aquáticas e variáveis climáticas (pluviosidade e insolação), topográficas (continentalidade) e limnológicas do sedimento e da água (pH, condutividade, carbono orgânico, cálcio e magnésio, nitrogênio total, fósforo total, metais pesados) para associar os filtros ecológicos que estruturam a regra de montagem filogenética em plantas aquáticas em período seco e chuvoso. Do ponto de vista macroecológico, o primeiro artigo evidenciou que as variáveis ambientais, em geral, não influenciaram significativamente na regra de montagem das assembleias de plantas aquáticas. Foi verificada uma tendência na ocorrência dos mesmos clados associados nesses ecossistemas, apesar da riqueza das áreas serem bem distintas. Já no segundo artigo foi observada que as variáveis abióticas influenciaram mais a estrutura das assembleias de forma sazonal. Assim, foi possível concluir, que plantas aquáticas formaram um grupo filogeneticamente mais relacionado com os mesmos táxons do que o esperado pelo acaso, variando sua estrutura filogenética de forma mais sazonal, e que os eventos de dispersão explicam melhor a diversidade filogenética dessas assembleias.

Palavras-Chave: Conservação; Filogenia; Macrófitas Aquáticas.

Abstract

Interspecific competition and environmental filters are evolutionary history mechanisms that govern the structure of aquatic plant assemblages. Environmental filters tend to gather phylogenetically close species, while competition adds phylogenetically distant species. Therefore, the aim of this thesis was to verify the association between abiotic variables, species richness and Phylogenetic Diversity (DF) in aquatic plant communities at different spatial and temporal scales. This thesis was divided into two parts: 1) in the first one, is a compilation of floristic lists of inventories of aquatic plants, available online in the Neotropical region, to test whether the richness and the DF of clusters were correlated with environmental variables within the phytogeographic provinces from neotropics 2) The second part, samples of plant species were collected along eight aquatic bodies in the State of Paraíba (Northeast Brazil), with aquatic spermatophyta and climatic variables (rainfall and sunshine), topographic (pH, conductivity, organic carbon, calcium and magnesium, total nitrogen, total phosphorus, heavy metals) to associate the ecological filters that structure the rule of phylogenetic assembly in aquatic plants in the dry period and rainy. From the macroecological point of view, the first article showed that as environmental variables, in general, did not influence significantly the assembly rule of aquatic plant assemblages. There was a trend in the occurrence of the same clades associated to ecosystems, although the richness of the areas was quite different. Already the second article, it was observed that the abiotic variables influenced a more structure of assemblies in a seasonal way. Thus, it was possible to conclude that plants form a group phylogenetically more related to the same taxa than expected by chance, changing their phylogenetic structure in a more seasonal way, and that the dispersion events better explain the phylogenetic diversity of assemblages.

Keywords: Conservation; Phylogeny; Aquatic Macrophytes.

Sumário

1.	Introdução Geral	13
2.	Revisão Bibliográfica	16
2.1	Plantas Aquáticas: florística e estado da arte	16
2.2	Abordagem filogenética no estudo de assembleias de plantas aquáticas	23
3.	Referências Bibliográficas	26
4.	Capítulo I: Padrões, Dispersão e Preditores da Riqueza e Diversidade Filogenética de Plantas Aquáticas no Neotrópico	40
5.	Capítulo II: "Laços de Família" – algumas explicações para a coocorrência dos mesmos clados de plantas aquáticas em uma climosequência tropical	82
6.	Considerações Finais da Tese	130
7.	Normas do Periódico Aquatic Botany	132

Lista de Figuras e Tabelas

Capítulo I

Fig. 1. Localização de pontos de amostragem por províncias biogeográficas (<i>sensu</i> Cabrera e Willink, 1980) analisados neste artigo.....	65
Fig. 2. Percentagem de síndromes de dispersão das espécies por províncias biogeográficas.....	66
Fig. 3. Regressões lineares usando a riqueza e métricas de diversidade filogenética (MPD; NRI; MNTD, and NTI) relacionadas com as variáveis ambientais: média da temperatura, média de precipitação e média de altitude. (Nota: * = $P < 0.01$; ** = $P < 0.001$) ao longo da região Neotropical.....	67
Tab. 1. Variáveis ambientais de cada província biogeográfica analisada neste estudo, considerando temperatura média anual (Temp), precipitação (Prec.) e altitude (Alt).....	63
Tab. 2. Número de espécies (S) e métricas filogenéticas das assembleias de plantas aquáticas em 14 províncias biogeográficas na região neotropical. MPD = Diversidade Filogenética Média Par-a-Par; MNTD = Distância Filogenética Média do Táxon Mais Próximo; NRI = Índice de Relação de Parentesco; NTI = Índice de Parentesco Líquido.....	64

Capítulo II

Fig. 1. Mapa do estado da Paraíba (Nordeste do Brasil), com destaque para a localização dos oito reservatórios estudados: Araçagi, Camalaú, Capoeira, Epitácio Pessoa, Estado, Marés, São Gonçalo e São Salvador.....	109
Fig. 2. Relação sazonal com a métrica de estrutura filogenética NTI, indicando a ocorrência de famílias distintas entre os períodos chuvoso e seco.....	109
Tab. 1. Médias das variáveis abióticas e resultados da ANOVA para as dimensões espaço-temporal em reservatórios das regiões Litoral (L), Borborema (B) e Sertão (C) da Paraíba (Nordeste do Brasil) nos períodos de estiagem e chuva.....	110
Tab. 2. Riqueza, métricas filogenéticas e resultados da ANOVA, para as dimensões espaço-temporal, dos reservatórios analisadas da Paraíba (Nordeste do Brasil).....	111
Tab. 3. Riqueza e métricas filogenéticas dos reservatórios analisadas da Paraíba (Nordeste do Brasil). (Note: r = Riqueza; MPD = <i>Mean Pairwise Distance</i> ; NRI = <i>Net Relatedness Index</i> ; MNTD = <i>Mean Nearest Neighbor Distance</i> ; NTI = <i>Nearest Taxon Index</i>).....	112
Tab. 4. Modelos preditivos (GLM) que influencia a riqueza e as métricas filogenéticas Brasil). (Nota: Resultados em negrito indicam valores significativos para $p < 0,05$).....	113

1. Introdução Geral

O progresso da Botânica gerado pelos avanços pela filogenia tem sido expressivo na atualidade. Informações filogenéticas tem possibilitado estabelecer desde relações evolutivas entre características ecológico-taxonômicas das espécies até o nível de estrutura evolutiva em que uma assembleia biológica foi organizada, ou seja, inferências sobre os padrões evolutivos que regem a regra de montagem de assembleias vegetais (Nabout et al., 2009).

Como a evolução ocorre mediante pressões seletivas do ambiente, através da ação de filtros ecológicos e das interações entre espécies em assembleia (Pausa & Verdú, 2008), temos a ocorrência de assembleias agregadas, dispersas ou mais aleatórias do que esperado ao acaso. Os filtros ecológicos agem elegendo espécies com traços funcionais similares, podendo reger uma assembleia mais agregada filogeneticamente; caso traços funcionais se desenvolvam de forma convergente poderão reger uma assembleia mais dispersa filogeneticamente; e se as interações entre as espécies limitarem as similaridades ecológicas dadas às relações de competição/facilitação que os táxons podem estabelecer entre si poderão reger uma dispersão filogenética para fugir da competição por recursos (Webb et al., 2002). Por fim, quando espécies coocorrentes não apresentam uma estrutura previsível, conforme as supracitadas pode sugerir ação de processos que independem do parentesco ou de traços funcionais específicos. Eventos de dispersão eficiente ou processos neutros podem reger uma assembleia de forma mais aleatória do que esperado ao acaso ou até organizá-la igual ao *pool* regional de espécies (Pausa & Verdú, 2010).

Os avanços dessas ideias geraram o que se conhece atualmente como filogenia de comunidades e tem possibilitado inferir sobre os mecanismos de estruturação de uma assembleia biológica, buscando sinais filogenéticos de interpretação sobre quais processos regem os padrões observados na natureza. Em comunidades vegetais, os estudos de filogenia de comunidades são recentes, em sua maioria, foram realizados em florestas de terra firme (Chazdon et al., 2003; Cavender-Bares et al., 2006; Santos et al., 2010; Arroyo-Rodríguez et al., 2012) e em florestas sazonalmente alagadas (Fine & Kembel, 2011).

Porém, essa ideia de interpretação sobre uma assembleia biológica do ponto de vista de suas relações de ancestralidade ainda não tinha sido cogitada para todos os tipos de assembleias de plantas, como, por exemplo, para plantas aquáticas, apesar da importância ecológica que esse grupo vem despertando na ciência (Chambers et al., 2008; Padial et al., 2008; Machado-Filho et al., 2014). Apesar de alguns estudos sobre plantas aquáticas apresentarem uma relação de diversidade de espécies com variáveis ambientais (Rolon & Maltchik, 2005; Hauenstein et al., 2008; Ramírez et al., 2010; Durán-Suárez et al., 2011; Pereira et al., 2012; Schmidt-Mumm & Ríos, 2012), ainda não são comuns estudos que visem quantificar o quão influentes são as variáveis abióticas sobre a estrutura filogenética desse grupo.

Diante do exposto, a presente tese teve dois principais objetivos, os quais foram divididos em dois capítulos:

Capítulo I: realizar uma revisão de artigos florístico-taxonômicos de plantas aquáticas ao longo do Neotrópico para caracterizar a regra de montagem dessa flora aquática dentro das províncias biogeográficas propostas por

Cabrera & Willink (1980), com o objetivo de verificar quais os fatores ambientais (climático-geográficos) e históricos (dispersão) regem a estrutura de assembleias de plantas aquáticas do ponto de vista macroecológico.

Capítulo II: caracterizar a flora aquática em diferentes reservatórios do Estado da Paraíba (NE – Brasil) quanto aos aspectos florístico, filogenético e de caracteres abióticos (climáticos, geográficos, físico-químicos e elementos-traço). Com o intuito de verificar quais variáveis ambientais preditoras influenciam na estrutura filogenética dessas plantas e como se comporta essa estrutura em períodos sazonais distintos (seca e chuva).

2. Revisão Bibliográfica

2.1 *Plantas Aquáticas: aspectos evolutivos e florísticos*

Durante a história evolutiva das plantas, várias modificações ecológicas ocorreram no ambiente, e isso direcionou novas qualidades de habitat, suprimindo vegetais que não acompanhavam as novas condições ambientais e que não possuíam traços funcionais específicos (Judd et al., 2009). A seleção natural de espécies direcionou conjuntos de novos caracteres que, quando fixados sobre o genótipo, modificando sua expressão em vários sentidos, estabeleceu traços fenotípicos que expressam a ação do tempo-espaço na evolução. Esse tema nos leva a refletir sobre a história natural do grupo conhecido por plantas aquáticas.

Esteves (2011) afirma que uma das primeiras menções taxonômicas a esse grupo fora publicada em 1938 por Weaver e Clements, os quais designavam plantas herbáceas encontradas na água ou em solos encharcados. No entanto, atualmente, esse grupo inclui todos os vegetais que vão desde macroalgas até angiospermas de porte arbóreo (Esteves, 2011).

Para Irgang & Gastal-Jr. (1996), as plantas aquáticas (macrófitas aquáticas, limnófitas, euhidrófilas, dentre outras) compreendem organismos visíveis a olho nu com partes fotossinteticamente ativas, permanentes, total ou parcialmente submersas ou ainda flutuantes, habitando água doce ou salobra e comportando-se como sazonais ou não.

Esses organismos habitam desde brejos, lagos, rios, quedas d'água, ambientes salobros, desenvolvendo formas de vida flutuantes, emergentes ou submersão em profundidade. Podem ser encontradas, mormente, às margens

de reservatórios (construções antrópicas) e até em fitotelmos, ou seja, alojadas na bainha de bromélias (Pompêo & Moschini-Carlos, 2003). Estas plantas apresentam também uma grande capacidade de adaptação a diferentes ambientes, o que torna sua ocorrência muito ampla em termos territorialistas, suportando submergências ocasionais até a forma de vida aquática (Pompêo & Moschini-Carlos, 2003).

Plantas aquáticas compreendem evolutivamente desde algas macroscópicas a vegetais ocorrentes em terra firme; estes últimos como sendo um grupo que, ao longo de sua história natural, se readaptaram ao meio aquático (Barrett et al., 1993), no caso dos vegetais traqueófitos. No caso das angiospermas, Du et al. (2016) sugeriram uma origem aquática para esse grupo, com posterior adaptação ao ambiente terrestre devido a evidências fósseis, com a forma de vida submersa para o estado progenitorial das angiospermas, discordando da teoria generalizada de Barrett et al. (1993). Outras evidências fósseis sugerem que a origem do clado monocotiledôneas também está relacionado a forma de vida tipicamente aquática (Les & Schneider, 1995).

Independente das controvérsias sobre a origem, o retorno ao ambiente aquático ocorreu 252 vezes (Cook, 1999) ao longo da evolução das plantas, com ênfase nas eudicotiledôneas (Du et al., 2016). Nos casos de ordens inteiras ou famílias de eudicotiledôneas, exclusivamente aquáticas, o retorno à água provavelmente se deu no início da divergência da linhagem (Chambers et al., 2008), como em Ceratophyllales (Dilcher & Wang, 2009), ou em menor grau, em Menyanthaceae, onde nesta família, sua forma de vida original

emergente deu origem posteriormente à forma de vida flutuante de folhas (Du et al., 2016).

Como resultado desse esforço evolutivo, a forma de vida aquática em vegetais exigiu diversas adaptações anátomo-fisiológicas. Entre essas se destacam: a perda das funções estomáticas; a redução da quantidade de tecidos estruturais, um maior desenvolvimento de aerênquimas, (Davy et al., 1990; Ernst, 1990; Les et al., 1991; Madsen & Sand-Jensen, 1991); bem como a utilização de íons de bicarbonato dissolvidos na água como fonte de carbono inorgânico em alguns casos (Pierini & Thomaz, 2004); a preservação das vias de carboxilação bioquímica do tipo CAM para as espécies do tipo suculentas (Chambers et al., 2008); ou o alongamento acelerado, como observado em plantas de sombra (Kirk, 1996)

Segundo Esteves (2011), existe dificuldade em descrever os vários grupos taxonômicos que abrangem a vegetação aquática. O autor comentou que, nas diversas famílias botânicas que possuem representantes limnófitos, o que mais se destaca é a ocorrência do número restrito de táxons, ou seja, há uma frequência na ocorrência natural das mesmas famílias nesses ambientes. Na tabela 1 é apresentada uma síntese dos grupos de plantas aquáticas ocorrentes na América.

Tabela 1 – Listas dos agrupamentos de plantas associadas aos ecossistemas límnicos, com base em artigos de cunho florístico-taxonômico para o Neotrópico. Nota: os nomes de famílias entre parênteses representam famílias atualmente circunscritas dentro das que precedem.

CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA
"Algas Verdes"	Charales	Characeae
"Briófitas"	Bryales	Bryaceae, Racopilaceae
	Dicranales	Fissidentaceae
	Hypnalis	Amblystegiaceae, Brachytheciaceae, Fontinalaceae, Hypnaceae
	Jungermanniales	Lophocoleaceae
	Marchantiales	Monosoleniaceae, Ricciaceae
Licófitas	Isoetales	Isoetaceae
	Equisetales	Equisetaceae
"Monilófitas"	Polypodiales	Blechnaceae, Polypodiaceae, Pteridaceae, Thelypteridaceae
	Salviniales	Azollaceae, Marsileaceae, Salviniaceae
Gimnospermas	Araucariales	Araucariaceae
	Pinales	Cupressaceae, Pinaceae, Taxodiaceae
Monocotiledôneas	Alismatales	Alismataceae (Limnocharitaceae), Aponogetonaceae, Araceae, Butomaceae, Hydrocharitaceae, Juncaginaceae, Potamogetonaceae
	Asparagales	Amaryllidaceae, Hypoxidaceae, Iridaceae
	Commelinales	Commelinaceae, Hanguanaceae, Philydraceae, Pontederiaceae
	Poales	Cyperaceae, Eriocaulaceae, Gramineae, Juncaceae, Mayacaceae, Rapateaceae, Thurniaceae, Typhaceae (Sparganiaceae), Xyridaceae
Zingiberales	Cannaceae, Marantaceae	
Angiospermas Basais	Nymphaeales	Cabombaceae, Hydatellaceae, Nymphaeaceae
Magnoliídeas	Piperales	Saururaceae
Eudicotiledôneas	Acorales	Acoraceae
	Apiales	Araliaceae, Apiaceae
	Asterales	Asteraceae, Campanulaceae, Menyanthaceae
	Brassicales	Brassicaceae
	Boraginales	Boraginaceae, Codonaceae, Cordiaceae, Ehretiaceae, Heliotropiaceae, Hydrophyllaceae, Wellstediaceae
	Caryophyllales	Amaranthaceae, Caryophyllaceae, Droseraceae, Plumbaginaceae, Polygonaceae, Portulacaceae, Talinaceae
	Cornales	Hydrostachyaceae
	Dioscoreales	Burmanniaceae
	Ericales	Balsaminaceae, Myrsinaceae, Polemoniaceae, Primulaceae, Theophrastaceae
	Fabales	Leguminosae
	Gentianiales	Apocynaceae, Rubiaceae
	Lamiales	Acanthaceae, Lamiaceae, Lentibulariaceae, Linderniaceae, Orobanchaceae, Pedaliaceae, Phrymaceae, Plantaginaceae, Scrophulariaceae, Verbenaceae
	Malpighiales	Elatinaceae, Euphorbiaceae, Hypericaceae, Phyllanthaceae, Podostemaceae, Rhizophoraceae
	Malvales	Malvaceae
	Myrtales	Combretaceae, Lythraceae, Melastomataceae, Onagraceae
	Oxalidales	Oxalidaceae
	Proteales	Nelumbonaceae
	Saxifragales	Crassulaceae, Haloragaceae
	Solanales	Convolvulaceae, Hydroleaceae, Solanaceae, Sphenocleaceae
	Ranunculales	Ranunculaceae

OBS.: "Briófitas" encontra-se sub-representado, provavelmente devido à carência de levantamentos florísticos que contemplem esse grupo.

Gramineae, Cyperaceae, Asteraceae, Leguminosae, Nymphaeaceae, Pontederiaceae, Alismataceae, Hydrocharitaceae, Juncaginaceae, Potamogetonaceae, Pontederiaceae, Juncaceae, Typhaceae, Onagraceae, Cabombaceae, Menyanthaceae, Lentibulariaceae e Rhizophoraceae compõem as famílias mais representativas para o grupo no Neotropico, em termos de peso taxonômico.

Com relação à distribuição geográfica em escala global, pode-se considerar que boa parte das macrófitas aquáticas apresenta distribuição cosmopolita. De Candolle (1855) foi o pioneiro a perceber que a distribuição geográfica de plantas aquáticas tende a ser generalizada apesar do número restrito de espécies. De acordo com Darwin (1859), a necessidade em se desenvolver meios favoráveis à dispersão pode ser uma explicação para esse fenômeno.

Mais recentemente, outros pesquisadores destacaram outros aspectos associados a essa ampla distribuição geográfica dessas plantas, tais como traços fenotípicos baseados em caracteres favoráveis a essa dispersão à longa distância (Jardan, 2001), reprodução (clonal), ciclo de vida “r” estrategista (Capers, 2003) e diásporos leves ou com fácil aderência em pelos de animais (Santamaría, 2002). Santamaría (2002) especulou a possibilidade das mudanças climáticas globais favorecerem uma maior amplitude de distribuição geográfica desses táxons aquáticos, dado principalmente a plasticidade fenotípica e ampla valência ecológica já relatadas para esse grupo (Rocha et al., 2007), facilitadas pela maior homogeneidade térmica potencial dos ambientes aquáticos em relação aos terrestres (Esteves, 2011).

A distribuição geográfica das angiospermas basais aquáticas é sustentada pela deriva continental (Raven & Axelrod, 1974). Porém, para as espécies submersas cosmopolitas, Les et al. (2003), através de exames de filogeografia de espécies de ocorrência disjunta, comprovaram que a dispersão foi muito recente, aproximadamente 30ma e em alguns casos 2,5ma. Esses pesquisadores não descartam que as plantas aquáticas, por apresentarem propágulos desalojáveis, podem ter sido dispersas por uma via transoceânica no último período glacial. Além de desenvolver diversas relações ecológicas com a biota aquática (Jeppensen et al., 1998), principalmente com aves migratórias (Sculthorpe, 1967) e outros animais terrestres (Santamaría & Klaassen, 2002).

Desta forma, para se refletir sobre esse “comportamento cosmopolita”, são pesquisadas floras associadas aos ecossistemas aquáticos e esses estudos subsidiam bases para as análises de espacialização das macrófitas aquáticas.

A realização de levantamentos florísticos periódicos de plantas aquáticas permite ponderar sobre a evolução das assembleias e respaldar informações, com dados de qualidade de água (e solos), por exemplo, sobre causas de eventuais alterações das populações e possibilita perceber as tendências nas populações e comunidades (Thomaz & Bini, 2003).

Considerando a classificação de Takhtajan (1986), proposta para o neotrópico, o número de inventários florísticos de plantas aquáticas é historicamente recente, quando se compara com plantas terrestres. Contudo com um aumento das pesquisas nesse campo, sob diversos ecótipos climáticos do Neotrópico possibilitem um melhor conhecimento sobre essa

flora; [região equatorial (Costa-Neto et al., 2007; Terneus, 2007; Albertino et al., 2009); nas regiões tropicais úmidas (Bove et al., 2003; Kita e Souza, 2003; Neves et al., 2006; Moura-Júnior et al., 2009; Xavier et al., 2012); nas regiões subtropicais (Ramirez et al., 1979; Alves et al., 2011; Cervi et al., 2009; Spellmeier et al., 2009; Trindade et al., 2010; Mormul et al., 2010; Rolon et al., 2010; Kafer et al., 2011); nas regiões tropicais subúmidas (Reis e Barbosa, 1993; Pott e Pott, 2000; Tanaka et al., 2002; Martins et al., 2003; Fortney et al., 2004; Bini et al., 2005; Rocha et al., 2007; Martins et al., 2008; Más e Barrella, 2008; Pivari et al., 2008; Martins et al., 2009; Araujo et al., 2010; França et al., 2010; Ferreira et al., 2010; Galindo e Almeida, 2010; Martins et al., 2011; Meyer e Franceschinelli, 2011; Santos-Júnior e Costacurta, 2011; Magalhães e Maimoni-Rodella, 2012; Pivari et al., 2013) e nas regiões tropicais secas, quentes ou frias (Pascual, 1986; Hauenstein et al., 1996; Hauenstein et al., 2002; Matias et al., 2003; Díaz et al., 2008; Hauenstein et al., 2008; Peralta-Peláez e Moreno-Casasola, 2009; Henry-Silva et al., 2010; Durán-Suárez et al., 2011; Lima et al., 2011; Moura Júnior et al., 2011; Araújo et al., 2012)].

Apesar dos trabalhos supracitados, o conhecimento sobre as relações entre variáveis ambientais e composição de espécies ainda é insipiente e não permite o estabelecimento de padrões florísticos, como existem para as plantas estritamente terrestres, tais como gradientes vegetacionais latitudinal ou altitudinal.

Neste cenário existem alguns desafios para se entender a diversidade das plantas aquáticas neotropicais: 1) explorar diversos ecossistemas aquáticos que abrigam potencialmente uma diversidade específica de plantas aquáticas (Les et al. 2003), como é o caso da Amazônia ou da região Nordeste

do Brasil, que ainda é carente de um esforço amostral nos seus territórios (Lewinshohn & Prado, 2004), além de vários outros países na América Latina, como observado por Machado-Filho et al. (2014); 2) disponibilizar de forma acessível as informações geradas nesses países, pois muitas das informações que se somariam a esse conhecimento estão em material bibliográfico do tipo literatura cinzenta; 3) capacitar profissionais para trabalhar com macrófitas aquáticas; e 4) investir em pesquisas financiadas pelo governo e empresas para preencher essa lacuna do conhecimento da biodiversidade.

2.2 Abordagem filogenética no estudo de assembleias de plantas aquáticas

A diversidade biológica de plantas aquáticas vem sendo medida nos levantamentos florísticos, indicando a riqueza específica como parâmetro de medição (Gaston, 2000), ou empregando índices de diversidade que avaliam a riqueza e abundância específica em estudos fitossociológicos.

Entretanto, tal abordagem não leva em conta que plantas aquáticas são componentes de uma hierárquica biológica, vinculadas por uma relação de parentesco. Com os avanços observados na Botânica, alguns pesquisadores estão investindo em estudos de cunho filogenético para comunidades (Cianciaruso et al., 2009), o que ainda não foi explorado para plantas aquáticas.

Nessa perspectiva, há alguns anos, foi criada uma medida de diversidade denominada de diversidade filogenética (PD, do inglês *Phylogenetical Diversity*), que é uma medida de diversidade biológica (Crozier,

1992), ainda pouco explorada, para estudos que envolvem plantas, sobretudo, plantas aquáticas.

Os estudos de ecologia de comunidades, em geral, vêm incorporando a filogenética para entender a dinâmica da biodiversidade em determinada dimensão geográfica, como os traços associados à história evolutiva de indivíduos coocorrentes e as relações com as variáveis abióticas associadas (Faith & Walker, 1996; Webb, 2000; Webb et al., 2002; Vasconcelos, 2007).

A primeira métrica, que se propunha a estabelecer as relações biológicas entre organismos, foi proposta por Vane-Wright et al. (1991), chamada de distinguibilidade taxonômica (do inglês, *taxonomic distinctiveness*), usada muito tempo depois em um estudo sobre plantas aquáticas (Mouillot et al., 2005). Porém, essa métrica estabelecia apenas uma relação topológica e não uma relação filogenética real, pois os nós da filogenia ainda não eram calibrados. Com as reflexões sobre essas ideias e os avanços computacionais, surgiram novas métricas filogenéticas (Webb, 2000; Webb et al., 2002), as quais interpretam as relações de ancestralidade a partir da inserção de dados de relógio molecular ou datação fóssil na filogenia gerada (Webb & Donoghue, 2005; Webb et al., 2008).

As novas métricas filogenéticas desenvolvidas foram: distância filogenética média par-a-par - MPD (do inglês *mean pairwise distance*), distância filogenética média do vizinho mais próximo - MNTD (do inglês *mean nearest neighbor distance*), índice do parentesco líquido - NRI (do inglês *net relatedness index*) e o índice do táxon mais próximo - NTI (do inglês *nearest taxon index*) (Webb, 2000).

Desta forma, a MPD permitiria uma visão geral da distância filogenética média entre todas as combinações de pares de espécies e a MNTD o equivalente à taxa de espécies por gênero (Cianciaruso, et al., 2009). Para entender os dois índices restantes, Webb et al. (2002) e Donoghue (2008) explicaram que quando existe um filtro ecológico (clima, qualidade de habitat, dentre outros) atuando sobre uma assembleia, traços fenotípicos são mantidos e espécies com alto grau de parentesco tendem a coocorrer na assembleia e formam um agrupamento filogenético (NRI é positivo). No entanto, quando espécies mais distantemente aparentadas são coocorrentes, pode-se constatar uma dispersão filogenética pela convergência biológica dos mesmos traços fenotípicos (NRI é negativo). Caso essas assembleias sejam mais organizadas por espécies são mais cogenéricas, obtem-se valores positivos para a métrica NTI ou se pertencem a gêneros diferentes valores negativos de NTI.

Nesta sequência de entendimento, quando os traços ecológicos são mantidos, espera-se que espécies filogeneticamente afastadas sejam capazes de fornecer padrões de sobrevivência e coexistência mais equilibrados, por não competirem pelo mesmo nicho ecológico (Castillo et al., 2010), haja vista que Darwin (1859) já tinha percebido que espécies que ocupam uma relação mais estreita de ancestralidade, por exemplo, pertencentes a um mesmo gênero, competem por recursos similares.

A abordagem filogenética também oportuniza ponderar prejuízos sobre a perda de espécies em comunidades e se essa problemática corresponde ou não às perdas proporcionais em termos de diversidade filogenética (Cianciaruso et al., 2009). Segundo Faith (1992), onde existe redundância evolutiva (espécies proximamente relacionadas) os impactos sobre uma

determinada flora podem ser potencialmente menos danosos do que em áreas com espécies evolutivamente mais distantes.

Essas premissas expostas até agora serviriam para analisar filogeneticamente floras aquáticas, principalmente por que esses grupos sofrem a ação dos efeitos da sazonalidade que gera condições desfavoráveis para a priorização da expansão de nichos por espécies mais tolerantes a estresse, perda e degradação de habitat, poluição antropogênica, superexploração humana, introdução de espécies exóticas e até mudanças climáticas.

A flora aquática Neotropical está entre as mais ricas e diversificadas do mundo (Padial et al., 2008), gerando também boas oportunidades de investigação sobre os efeitos de variáveis preditoras e sobre a diversidade filogenética. Como as informações sobre a diversidade florística neotropical ainda estão incompletas (Padial et al., 2008), principalmente por causa do esforço amostral insuficiente ou pelas identificações errôneas, tratar sobre as relações de parentesco entre as linhagens de plantas aquáticas pode preencher uma lacuna fundamental do ponto de vista da conservação de espécies e sobre a integração dos estudos limnológico-evolutivos.

3. Referências Bibliográficas

ALBERTINO, S. M. F.; MILÉO, L. J.; SILVA, J. F.; SILVA, C. A. Composição florística de plantas daninhas em um lago do rio Solimões, Amazonas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 1-5, 2009.

ALVES, J. A. A.; TAVARES, A. S. T.; TREVISAN, R. Composição e distribuição de macrófitas aquáticas na lagoa da Restinga do Massiambu, Área de Proteção Ambiental Entorno Costeiro, SC. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 4, p. 785-801, 2011.

- ARAÚJO, E. S.; SABINO, J. H. F.; COTARELLI, V. M.; FILHO, J. A. S.; CAMPELO, M. J. A. Riqueza e diversidade de macrófitas aquáticas em mananciais da Caatinga. **Diálogos & Ciência**, Salvador, v. 32, n. 1, p. 229-234, 2012.
- ARAUJO, R. B.; LANGEANI, F.; RANGA, N. T. Vascular plants of oxbow lakes of Turvo River, Upper Paraná River basin, São Paulo State, Brazil. **Check List**, Viçosa, v. 6, n. 1, 2010.
- ARROYO-RODRÍGUES, V.; CAVENDER-BARES, J.; ESCOBAR, F.; MELO, F. P. L.; TABARELLI, M.; SANTOS, B. A. Maintenance of tree phylogenetic diversity in a highly fragmented rain forest. **Journal of Ecology**, London, 100, 702–711, 2012.
- BARBOSA, M.R.V.; MAYO, S.J.; CASTRO, A.A.J.F.; FREITAS, G.L.; GADELHA NETO, P.C.; MOREIRA, H.M. 1996. Checklist preliminar das angiospermas. In: SAMPAIO, E.V.S.B.; MAYO, S.J. & BARBOSA, M.R.V. (Eds). **Pesquisa Botânica Nordestina: Progresso e Perspectivas**. Sociedade Botânica do Brasil, Recife, 1996. p. 253-415
- BAPTISTA, L. R. M.; LORSCHETTER, M. L.; SCHERER, C. Floristic composition of a Subtropical bog, Eastern Plateau from southern Brazil. **Check List**, Viçosa, v. 8, n. 2, p. 224-236, 2012.
- BARRETT, S.C. H.; ECKERT, C.G.; HUSBAND, B.C. Evolutionary processes in aquatic plant populations. **Aquatic Botany**, Philadelphia, v. 44, n. 1, p. 105-145, 1993.
- BENTO, L.; MAROTTA, H.; ENRICH-PRAST, A. O papel das macrófitas aquáticas emersas no ciclo do fósforo em lagos rasos. **Oecologia brasileira**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 582-589, 2007.
- BINI, L.M.; OLIVEIRA, D. C.; CARVALHO P.; PINTO, M.P. Patters of the aquatic macrophyte cover in Cachoeira Dourada reservoir (GO-MG). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 65, n. 1, p. 19-24, 2005.
- BLOM, C. W. P. M.; VOESENEK, L. A. C. J. Flooding: the survival strategies of plants. **Trees**, Vancouver, v. 11, n. 7, p. 290-295, 1996.
- BOSCHILLA, S.M.; OLIVEIRA, E.F.; THOMAZ, S.M. Do aquatic macrophytes co-occur randomly? Na analysis of null models in a tropical floodplain. **Oecologia brasileira**, Rio de Janeiro, v. 156, n. 1, p. 203-214, 2008.

BOVE, C. P.; GIL, A. S. B.; MOREIRA, C. B.; ANJOS, R. F. B. A. Hidrófitas fanerogâmicas de ecossistemas aquáticos temporários da planície costeira do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 119-135, 2003.

BRASIL. 2011. Caatinga. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=203>. Acesso em: 17/10/2011.

CAMARGO, A.F.M.; PEZZATO, M.M.; HENRY-SILVA, G.G. Fatores limitantes a produção primária de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. (eds.). *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. Maringá: EDUEM, 2003. p. 59-84.

CARVALHO, F. T.; GALO, M. L. B. T.; VELINI, E. D.; MARTINS, D. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Barra Bonita, no rio Tietê. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, p. 15-19, 2003. Edição especial.

CASTILLO, J.P.; VERDÚ, M.; VALIENTE-BANUET, A. Neighborhood phylodiversity affects plant performance. **Ecology**, Washington, v. 91, n 1, p. 3656-3663, 2010.

CAVENDER-BARES, J.; KEEN, A.; MILES, B. Phylogenetic structure of Floridian plant communities depends on taxonomic and spatial scale. **Ecology**, Washington, v. 87, n. 1, p. 109–S122, 2006.

CERVI, A. C.; BONA, C.; MOÇO, M. C. C.; LINSINGEN, L. Macrófitas aquáticas do Município de General Carneiro, Paraná, Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas-SP, v. 9, n. 3, p. 215-222, 2009.

CHAZDON, R. L.; CAREAGA, S.; WEBB, C.; VARGAS, O. Community and phylogenetic structure of reproductive traits of woody species in wet tropical forests. **Ecological Monographs**, Washington, v. 73, n. 1, 331–348, 2003.

CIANCIARUSO, M.V.; SILVA, I. A.; BATALHA, M. A. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. **Biota Neotropica**, Campinas, v.9, n.3, p. 93-103, 2009.

CLEMENTS, F.E. *Plant Physiology and Ecology*. Henry Holt, New York, 1907. 315p.

COOK, C. D. K. The number and kinds of embryo-bearing plants which have become aquatic: a survey. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Marburg, v. 2, n. 1, p. 79–102, 1999.

COSTA NETO, S. V.; SENNA, C. S. F.; TOSTES, L. C. L. T.; SILVA, S. R. M. Macrófitas acuáticas das Regiões dos Lagos do Amapá, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 618-620, 2007.

DARWIN, C.R. **On the origin of species by means of natural selection**. J Murray, London, 1859. p. 502.

DAVY, A. J.; NOBLE, S. M.; OLIVER, R. P. Genetic variation and adaptation to flooding in plants. **Aquatic Botany**, Phyladelphia, v. 38, n. 1, p. 91-108, 1990.

de CANDOLLE, A. Géographie botanique raisonnée: ou exposition des faits principaux et des lois concernant la distribution géographique des plantes de l'époque actuelle. (2 vols). Paris, Victor Masson, 1855. 1365 pp.

DÍAZ, M. F.; LARRAÍN, J.; ZEGERS, G.; TAPIA, C. Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. **Revista Chilena de Historia Natural**, Santiago, v. 81, n. 1, p. 455-468, 2008.

DONOGHUE, M. J. A phylogenetic perspective on the distribution of plant diversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Boston, v. 105, n.1, p. 11549-11555, 2008.

DU, Z.Y.; WANG, Q.F. Correlations of life form, pollination mode and sexual system in aquatic angiosperms. **PLoS ONE**, California, v, 9, n. 1, p.1-15, 2014.

DU, Z.Y.; WANG, Q.F. and China Phylogeny Consortium. Phylogenetic tree of vascular plants reveals the origins of aquatic angiosperms. **Journal of Systematics and Evolution**, Beijing, v. 54, n. 4, 342–348, 2016.

DURÁN-SUÁREZ, L. R.; TERNEUS-JÁCOME, H. E.; GAVILÁN-DÍAZ, R. A.; POSADA-GARCÍA, J. A. Composición y estructura de un ensamble de plantas acuáticas vasculares de una represa alto andina (Santander), Colombia. **Actualidades Biológicas**, Medellín, v. 33, n. 94, p. 51-68, 2011.

DURÁN-SUÁREZ, L. R.; TERNEUS-JÁCOME, H. E.; GAVILÁN-DÍAZ, R. A.; POSADA-GARCÍA, J. A. Composición y estructura de un ensamble de plantas acuáticas vasculares de una represa alto andina (Santander), Colombia. **Actualidades Biológicas**, Medellín, v. 33, n. 94, p. 51-68, 2011.

ERNST, W.H.O. Ecophysiology of plants in waterlogged and flooded environments. **Aquatic Botany**, Philadelphia, v.38, n. 1, p. 73-90, 1990.

ESTEVEZ, F.A. Fundamentos de limnologia. (3. ed.) Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826p.

FAITH, D.P.; WALKER, P. A. Environmental diversity: On the best-possible use of surrogate data for assessing the relative biodiversity of sets of areas. **Biodiversity and Conservation**, Madrid, v. 5, n. 1, p. 399-415, 1996.

FERREIRA, F. A.; MORMUL, R. P.; PEDRALLI, G.; DIVAN JÚNIOR, A. M. Acumulação de fluoreto por macrófitas aquáticas. **Revista de Saúde e Biologia**, Campo Mourão, v. 6, n. 3, p. 38-45, 2011.

FERREIRA, F. A.; MORMUL, R. P.; PEDRALLI, G.; POTT, V. J.; POTT, A. Estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas em três lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 43-52, 2010.

FERREIRA, F. A.; MORMUL, R. P.; THOMAZ, S. M.; POTT, A.; POTT, V. J. Macrophytes in the upper Paraná river floodplain: checklist and comparison with other large South American wetlands. **Revista de Biología Tropical**, San José, Costa Rica, v. 59, n. 2, p. 541-556, 2011.

FINE, P. V. A.; KEMBEL, S. W. Phylogenetic community structure and phylogenetic turnover across space and edaphic gradients in western Amazonian tree communities. **Ecography**, Sweden, 34, 552-565, 2011.

FORTNEY, R.H.; BENEDICT, M.; GOTTGENS, J.F.; WATERS, T.L.; LEADY, B.S.; RENTCH, J. Aquatic plant community composition and distribution along an inundation gradient at two ecologically-distinct sites in the Pantanal region of Brazil. **Wetlands Ecology and Management**, Berlin, v. 12, n. 1, p. 575-585, 2004.

FRANÇA, F.; MELO, E.; GÓES NETO, A.; ARAÚJO, D.; BEZERRA, M.G.; RAMOS, H.M.; CASTRO, I.; GOMES, D. Flora vascular de açudes de uma região do semi-árido da Bahia, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 549-559, 2003.

FRANÇA, F.; MELO, E.; OLIVEIRA, I. B.; REIS, A. T. C. C.; ALVES, G. L.; COSTA, M. F. Plantas vasculares das áreas alagadas dos Marimbus, Chapada Diamantina, BA, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 719-730, 2010.

GALINDO, M. T.; ALMEIDA, V. P. Levantamento da Flora de Macrófitas de duas represas na Floresta Nacional de Ipanema em Iperó, SP. **Revista Eletrônica de Biologia**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 19-30, 2010.

GASTAL JÚNIOR, C. V. S.; IRGANG, B. E.; MOREIRA, C. Problemas com infestação de macrófitas aquáticas na área de influência da usina hidrelétrica de Itá. **Acta Scientiae**, Canoas-RS, v. 5, n. 1, p. 87-92, 2003.

GASTON, K. J. Biodiversity: higher táxons richness. **Progress in Physical Geography**, Loughborough, v. 24, n. 1, p. 117-127, 2000.

HAUENSTEIN, E.; GONZÁLEZ, M.; PEÑA-CORTÉS, F.; MUÑOZ-PEDREROS, A. Clasificación y caracterización de la flora y vegetación de los humedales de la costa de Tolten (IX Región, Chile). **Gayana Botánica**, Concepción, Chile, v. 59, n. 2, p. 87-100, 2002.

HAUENSTEIN, E.; PEÑA-CORTÉS, F.; BERTRÁN, C.; TAPIA, J.; SCHLATTER, R. Comparación florística y estado trófico basado en plantas indicadoras de lagunas costeras de la región de La Araucanía, Chile. **Ecología Austral**, Buenos Aires, v. 18, n. 1, p. 43-53, 2008.

HAUENSTEIN, E.; RAMÍREZ, C.; GONZÁLEZ, M. A.; LEIVA, L. F.; MARTÍN, C. S. Flora hidrófila del lago Villarrica (IX Region, Chile) y su importancia como elemento indicador de contaminación. **Medio Ambiente**, Casilla, Chile, v. 13, n. 1, p. 88-96, 1996.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. Tratamento de efluentes de carcinocultura por macrófitas aquáticas flutuantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 181-188, 2008.

HENRY-SILVA, G. G.; MOURA, R. S. T.; DANTAS, L. L. O. D. Richness and distribution of aquatic macrophytes in Brazilian semi-arid aquatic ecosystems. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro-SP, v, 22, n. 2, p. 147-156, 2010.

HERNÁNDEZ-R. , J.; RANGEL-CH., J. O. La vegetación del humedal de Jaboque (Bogotá, D.C.). **Caldasia**, Bogotá, v. 31, n. 2, p. 355-379, 2009.

IRGANG, B. E.; GASTAL, J. R. S. Macrófitas aquáticas da planície costeira do RS. Porto Alegre: UFRGS, 1996. 290p.

JEPPESEN, E.; SØNDERGAARD, M. A.; SØNDERGAARD, M. O.; CRISTOFFERSEN, K. The structuring role of submerged macrophytes in lakes. New York: Springer, 1998. 423 p.

JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E.A.; STEVENS, P. Plant systematics: a phylogenetic approach. Sunderland, Sinauer Associates, 1999.

KAFER, D. S.; COLARES, I. G.; HEFLER, S. M. Composição florística e fitossociologia de macrófitas aquáticas em um banhado continental em Rio Grande, RS, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 4, p. 835-846, 2011.

KAMAL, H.; GHALY, A.E.; MAHMOUD, N.; CÔTÉ, R. Phytoaccumulation of heavy metals by aquatic plants. **Environment International**, Lancaster, v. 29, n. 1, p. 1029-1039, 2004.

KIRK, J. T. O. Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems. Cambridge University Press, Cambridge, 1996.

KITA, K. K.; SOUZA, M. C. Levantamento florístico e fitofisionomia da lagoa Figueira e seu entorno, planície alagável do alto rio Paraná, Porto Rico, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, Maringá-PR, v. 25, n. 1, p. 145-155, 2003.

KUFNER, D. C. L.; SCREMIN-DIAS, E.; GUGLIERI-CAPORAL, A. Composição florística e variação sazonal da biomassa de macrófitas aquáticas em lagoa de meandro do Pantanal. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 4, p. 803-812, 2011.

LEAL, I. R.; VIVENTE, A.; TABARELLI, M. Herbivoria por caprinos na Caatinga da região de Xingó: uma análise preliminar. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; e SILVA, J. M. C. Ecologia e Conservação da Caatinga. 3ª Ed. Recife: Ed. Univ. UFPE, 2008.

LES, D. H.; GARVIN, D. K.; WIMPEE, C. F. Molecular evolutionary history of ancient aquatic angiosperms. **Journal Proceedings National Academy Sciences**, Washington, v. 88, n. 1, p. 10119-10123, 1991.

LES, D. H., SCHNEIDER, E.L. Molecular phylogenetics and historical biogeography of basal angiosperms: A case study in Nymphaeales. In: Rudall, P.J., Cribb, P.J., Cutler, D.F., Humphries, C.J. eds. *Monocotyledons: systematics and evolution*. Richmond: Royal Botanic Gardens, Kew. 23 – 42, 1995.

LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. Biodiversidade brasileira – síntese do estado atual do conhecimento. 2ª Ed. São Paulo: Contexto Acadêmica, 2004.176p.

LIMA, L.F.; LIMA, P.B.; SOARES-JÚNIOR, R.C.; PIMENTEL, R.M.M.; ZICKEL, C.S. Diversidade de macrófitas aquáticas no estado de Pernambuco: levantamento em herbário. **Revista de Geografia**, Recife,v. 26, n. 1, p. 307-319, 2009.

LIMA, L. F.; SILVA, S. S. L.; MOURA JÚNIOR, E. G.; ZICKEL, C. S. Composição florística e chave de identificação das macrófitas aquáticas ocorrentes em reservatórios do estado de Pernambuco. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, n. 62, v. 4, p. 771-783, 2011.

MACHADO-FILHO, H. O.; CABRAL, L. L.; MELO, J. I. M.; ZICKEL, C. S.; MOURA, A. N. Macrófitas aquáticas da região neotropical: uma abordagem cientométrica. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 20, n. 2, p. 90-106, 2014.

MADSEN, T.V.; SAND-JENSEN, K. Photosynthetic carbon assimilation in aquatic macrophytes. **Aquatic Botany**, Philadelphia,v. 41, n. 1, p.5-40, 1991.

MAGALHÃES, J. H. R.; MAIMONI-RODELLA, R. C. S. Floristic composition of a freshwater swamp forest remnant in southeastern Brazil. **Check List**, Viçosa, v. 8, n. 4, p. 832-838, 2012.

MARCONDES, D. A. S.; MUSTAFA, A. L.; TANAKA, R. H. Estudos para manejo integrado de plantas aquáticas no reservatório de Jupuíá. In: THOMAS, S. M.; BINI, L. M. (Eds.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 299-317.

MARTINS, D.; COSTA, N. V.; TERRA, M. A.; MARCHI, S. R. Caracterização da comunidade de plantas aquáticas de dezoito reservatórios pertencentes a cinco bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 1, p. 17-32, 2008.

MARTINS, D.; MARCHI, S. R.; COSTA, N. V.; CARDOSO, L. A.; RODRIGUES-COSTA, A. C. Levantamento de plantas aquáticas no reservatório de Salto Grande, Americana-SP. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 231-236, 2011.

MARTINS, D.; PITELLI, R. A.; TOMAZELLA, M. S.; TANAKA, R. H.; RODRIGUES, A. C. P. Levantamento da infestação de plantas aquáticas em

Porto Primavera antes do enchimento final do reservatório. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, Número especial, p. 879-886, 2009.

MARTINS, D.; VELINI, E. D.; PITELI, R. A.; TOMAZELLA, M. S.; NEGRISOLI, E. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Light-RJ. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, Edição especial, p.105-108, 2003.

MÁS, B. A.; BARRELLA, W. Ocorrência de Macrófitas na Estação de Tratamento do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), Sorocaba-SP. **Revista Eletrônica de Biologia**, São Paulo, v. 1, n. 4, p. 1-16, 2008.

MATIAS, L. Q.; AMADO, E. R.; NUNES, E. P. Macrófitas aquáticas da Lagoa de Jijoca de Jericoacoara, Ceará, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 623-631, 2003.

MATIAS, L. Q. A Synopsis of Alismataceae from the Semi-Arid Region of Northeastern Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 46-53, 2010.

MEYER, S. T.; FRANCESCHINELLI, E. V. Influência de variáveis limnológicas sobre a comunidade das macrófitas aquáticas em rios e lagoas da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 4, p. 743-758, 2011.

MORMUL, R. P.; FERREIRA, F. A.; MICHELAN, T. S.; CARVALHO, P.; SILVEIRA, M. J.; THOMAZ, S. M. Aquatic macrophytes in the large, sub-tropical Itaipu Reservoir, Brazil. **Revista de Biología Tropical**, San José, Costa Rica, v. 58, n. 4, p. 1437-1452, 2010.

MOUILLOT, D.; GAILLARD, S.; ALIAUMEA, C.; VERLAQUE, M.; BELSHER, T.; TROUSSELLIER, M.; CHI, T. D. Ability of taxonomic diversity indices to discriminate coastal lagoon environments based on macrophyte communities. **Ecological Indicators**, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2005.

MOURA JÚNIOR, E. G.; ABREU, M. C.; SEVERI, W.; LIRA, G. A. S. T. O gradiente rio-barragem do reservatório de Sobradinho afeta a composição florística, riqueza e formas biológicas das macrófitas aquáticas? **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 4, p. 731-742, 2011.

MOURA-JÚNIOR, E. G.; LIMA, L. F.; SILVA, S. S. L.; PAIVA, R. M. S.; FERREIRA, F. A.; ZICKEL, C. S.; POTT, A. Aquatic macrophytes of Northeastern Brazil: Checklist, richness, distribution and life forms. **Check List**, Viçosa-MG, v. 9, n. 2, p. 298-312, 2013.

- MOURA-JÚNIOR, E. G.; SILVA, S. S. L.; LIMA, L. F.; LIMA, P. B.; ALMEIDA JÚNIOR, E. B.; PESSOA, L. M.; SANTOS-FILHO, F. S.; MEDEIROS, D. P. W.; PIMENTEL, R. M. M.; ZICKEL, C. S. Diversidade de plantas aquáticas vasculares em açudes do Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), Recife-PE. **Revista de Geografia**, Recife, v. 26, n. 3, p. 278-293, 2009.
- MURPHY, K. J. Aquatic weed problems and their management: a review. The world wide scale of the aquatic weed problem. **Crop Protection**, Philadelphia v. 7, n. 4, p. 232-244, 1988.
- NABOUT, J.C.; TERRIBILE, L.C.; BINI, L.M.; DINIZ-FILHO, J.A.F. 2009. Phylogenetic autocorrelation and heritability of geographical range size, shape and position of the fiddler crabs (genus *Uca*). **Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research**, Malden, v. 48, n. 2, p. 102-108, 2010.
- NEVES, E. L.; LEITE, K. R. B.; FRANÇA, F.; MELO, E. Plantas aquáticas vasculares em uma lagoa de Planície costeira no município de Candeias, Bahia, Brasil. **Sitientibus, Série Ciências Biológicas**, Feira de Santana-BA, v. 6, n. 1, p. 24-29, 2006.
- PADIAL, A. A.; BINI, I. M.; THOMAZ, S. M. The study of aquatic macrophytes in Neotropics: a scientometrical view of the main trends and gaps. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 68, n. 4 (Suppl.), p. 1051-1059, 2008.
- PASCUAL, P. Datos para el estudio de la flora higrófila de la provincia de Guadalajara. *Trabajos del Departamento de Botánica de Madrid*, Madrid, v. 13, p. 73-75, 1986.
- PAUSAS J. G.; VERDÚ, M. Fire reduces morphospace occupation in plant communities. **Ecology**, Washington, v. 89, n. 1, p. 2181-2186, 2008.
- PAUSAS, J. G.; VERDÚ, M. The jungle of methods for evaluating phenotypic and phylogenetic structure of communities. **BioScience**, Washington, v. 60, n. 8, p. 614-625, 2010.
- PERALTA-PELÁEZ, L. A.; MORENO-CASASOLA, P. Composición florística y diversidad de la vegetación de humedales en los lagos interdunarios de Veracruz. **Boletín de la Sociedad Botánica de México**, México-DF, v. 85, n. 1, p. 89-101, 2009.

PEREIRA, S. A.; TRINDADE, C. R. T.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. Aquatic macrophytes of six subtropical shallow lakes, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brazil. **Check List**, Viçosa, v. 8, n. 2, p. 187-191, 2012.

PEREIRA, S. A.; TRINDADE, C. R. T.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. Aquatic macrophytes as indicators of water quality in subtropical shallow lakes, Southern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v. 24, n. 1, p. 52-63, 2012.

PHILBRICK, C.T.; LES, D.H. Evolution of aquatic angiosperm reproductive systems. **Bioscience**, Uberlândia, v. 46, n. 1, p. 813-826, 1996.

PIERINI, S. A.; THOMAZ, S. M. Adaptações de plantas submersas à absorção do carbono inorgânico. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 629-641, 2004.

PINDER, L.; ROSSO, S. Classification and ordination of plant formations in the Pantanal of Brazil. **Plant Ecology**, Henan, v. 136, n. 1, p. 151-165, 1998.

PIVARI, M. O. D.; SALIMENA, F. R. G.; POTT, V. J.; POTT, A. Macrófitas Aquáticas da Lagoa Silvana, Vale do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 63, n. 2, p. 321-327, 2008.

PIVARI, M.O.; POTT, V.J.; POTT, A. Macrófitas aquáticas de ilhas flutuantes (baceiros) nas sub-regiões do Abobral e Miranda, Pantanal, MS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 563-571, 2008.

PIVARI, M. O. D.; VIANA, P. L.; LEITE, F. S. F. The Aquatic Macrophyte Flora of the Pandeiros River Wildlife Sanctuary, Minas Gerais, Brazil. **Check List**, Viçosa, v. 9, n. 2, p. 415-424, 2013.

POMPÊO, M.L.M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Macrófitas aquáticas e perifíton: aspectos ecológicos e metodológicos. Ed. RiMA. São Carlos, 2003. 130p.

POTT, V. J.; POTT, A. Plantas aquáticas do Pantanal. EMBRAPA, Brasília, 2000. 256p.

RAMÍREZ, C.; ROMERO, M.; RIVEROS, M. Habit, habitat, origin and geographical distribution of Chilean vascular hydrophytes. **Aquatic Botany**, Philadelphia, v. 7, n. 1, p. 241-253, 1979.

RAMÍREZ, D. W.; APONTE, H.; CANO, ASUNCION, C. Flora vascular y vegetación del humedal de Santa Rosa (Chancay, Lima). **Revista Peruana de Biología**, v. 17, n.1, p. 105-110, 2010.

- RAVEN, P. H.; AXELROD, D. I. Angiosperm biogeography and past continental movements. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Washington, v. 61, n. 1, p. 539–673, 1974.
- REIS, S. P. W.; BARBOSA, F. A. R. Estudo da composição de macrófitas aquáticas da Lagoa dos Mares, municípios de Lagoa Santa, com ênfase em aspectos ecológicos de *Salvinia herzogii* (AUBL.). **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro-SP, v. 6, p. 196-208, 1993.
- RICKLEFS, R.E. The economy of nature. 5th ed. New York, Freeman and Company, 2001.
- ROCHA, C. G.; RESENDE, U. M.; LUGNANI, J. S. Diversidade de macrófitas em Ambientes aquáticos do IPPAN na Fazenda Santa Emília, Aquidauana, MS. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. supl. 2, p. 456-458, 2007.
- ROCHA, D. C.; MARTINS, D. Levantamento de plantas daninhas aquáticas no reservatório de Alagados, Ponta Grossa-PR. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 2, p. 237-246, 2011.
- ROLON, A. S.; HOMEH, H. F.; MALTCHIK, L. Aquatic macrophytes in natural and managed wetlands of Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro-SP, vol. 22, n. 2, p. 133-146, 2010.
- ROLON, A. S.; MALTCHIK, L. Environmental factors as predictors of aquatic macrophyte richness and composition in wetlands of southern Brazil. **Hydrobiologia**, Dordrecht, vol. 556, no. 1, p. 221-231, 2005.
- SANCHEZ-BOTERO, J.I.; ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M. As macrofitas aquáticas como berçário para a ictiofauna da várzea do rio Amazonas. **Acta Amazonica**, Manaus, v.31, n.3, p. 437-447, 2001.
- SANTAMARÍA, L. Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment. **Acta Oecologia**, Paris, v. 23, n. 1, p. 137-154, 2002.
- SANTAMARÍA, L., KLAASSEN, M. Waterbird-mediated dispersal of aquatic organisms: An introduction. **Acta Oecologica**, Misiones, v. 23, n. 1, p. 115–119, 2002.

SANTOS, B. A.; ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; MORENO, C.; TABARELLI, M. Edgerelated loss of tree phylogenetic diversity in the severely fragmented Brazilian Atlantic forest. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 5, n. 1, p. 1-7, 2010.

SANTOS-JÚNIOR, A. S.; COSTACURTA, M. B. Dinâmica da composição e cobertura de espécies de macrófitas aquáticas e a escolha de indicadores de impacto ambiental em um rio com ecoturismo. **Ambiência**, Guarapuava-PR, v. 7, n. 3. p. 535-550, 2011.

SCULTHORPE, C.D. The biology of aquatic vascular plants. London:Edward Arnold, 1967. 610 p.

SCHMIDT-MUMM, U.; RÍOS, O. V. Comunidades vegetales de las transiciones terrestre-acuáticas del páramo de Chingaza, Colombia. **Revista de Biología Tropical**, San José-CR, v. 60, n. 1, p. 35-64, 2012.

SPELLMEIER, J.; PÉRICO, E.; FREITAS, E. M. Composição florística de um banhado no município de Estrela/Rio Grande do Sul. **Pesquisas, Botânica**, São Leopoldo-RS, v. 60, n. 1, p. 367-381, 2009.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG III. 1.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2012. 640p.

TAKHTAJAN, A. **Floristic Regions of the World**. University of California Press, Berkeley, 1986.

TANAKA, R. H.; CARDOSO, L. R.; MARTINS, D.; MARCONDES, D. A. S.; MUSTAFÁ, A. L. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Companhia Energética de São Paulo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 101-111, 2002.

TERNEUS, E. Las plantas acuáticas en el sistema lacustre-riberino Lagartococha, Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Ecuador. **Actualidades Biológicas**, Medellín, v. 29, n. 86, p. 97-106, 2007.

THOMAZ, S.M.; BINI, L. M. A expansão das macrófitas aquáticas e implicações para manejo de reservatórios: um estudo na represa de Itaipu. IN: THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. Análise crítica sobre os estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil. In. THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. (Ed.) Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Maringá: EDUEM, p.19-35, 2003.

- TRINDADE, C. R. T.; PEREIRA, S. A.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. Caracterização e importância das macrófitas aquáticas com ênfase nos ambientes límnicos do Campus Carreiros - FURG, Rio Grande, RS. **Cadernos de Ecologia Aquática**, Rio Grande-RS, v. 5, n. 2, p. 1-22, 2010.
- VANE-WRIGHT, R.I.; HUMPHRIES, C. J.; WILLIAMS, P.H. What to protect? Systematics and the agony of choice. **Biological Conservation**, v. 55, n. 1, p. 235-254, 1991.
- VASCONCELOS, A. C. 2007. Sistemática Biológica: sua influência na conservação e manejo de flora e fauna. **Revista da Fapese**, Aracaju, v.3, n. 2, p. 77-80, 2007.
- WEBB, C. O. Exploring the phylogenetic structure of ecological communities: an example for rain forest trees. **The American Naturalist**, Chicago, v. 156, n. 1., p. 145-155, 2000.
- WEBB, C. O.; ACKERLY, D.D.; PEEK, M. A.; DONOGHUE, M. J. Phylogenies and community ecology. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, Palo Alto, v. 33, n. 1, p. 475-505, 2002.
- WEBB, C. O.; DONOGHUE, M.J., Phylomatic: tree assembly for applied phylogenetics. **Molecular Ecology**, v. 5, n. 1, p. 181-183, 2005..
- XAVIER, L. R. C.; ARAÚJO, T. O.; NASCIMENTO, P. R. F.; PEREIRA, S. M. B. Floristic surveys of aquatic macrophytes in reservoirs in the Agreste zone of Pernambuco State, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 313-318, 2012.

Capítulo I:
Submetido ao Periódico: Aquatic Botany (*Qualis* B1)

Riqueza, diversidade e estrutura filogenética de assembleias de plantas aquáticas neotropicais: padrões e síndromes de dispersão

Hermes de O. Machado-Filho^{a,e}, Antonio Lot^b, José Iranildo M. de Melo^c, Carmen S. Zickel^d, Ariadne do N. Moura^{d,*}

^a*Área de Ciências da Natureza, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, 58015-430, João Pessoa, Paraíba, Brasil*

^b*Herbario Nacional, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Distrito Federal, México*

^c*Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Biologia, Universidade Estadual da Paraíba, 58429-500, Campina Grande, Paraíba, Brasil*

^d*Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil*

^e*Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil*

* Autor para Correspondência. E-mail: ariadne_moura@hotmail.com

RESUMO

As regras de montagem filogenéticas têm recebido atenção especial na sua aplicação em comunidades biológicas e, para isso, o presente estudo visa aplicar o uso desses conceitos em estudos de plantas aquáticas neotropicais. Assim, foi compilado em diferentes bases de dados científicos publicados em artigos, disponíveis 'on line', identificando 76 assembleias distribuídas entre as diferentes províncias biogeográficas neotropicais, contabilizando 2813 espécies de plantas aquáticas, e seus respectivos tipos de síndromes de dispersão. Árvores filogenéticas foram construídas para a região Neotropical e para cada província separadamente, para definir a estrutura das relações de ancestralidade através do cálculo das métricas filogenéticas e de regressões múltiplas de cada métrica filogenética contra as variáveis ambientais que representam a hipótese de processos contemporâneos determinantes. A estrutura filogenética foi mantida dentro do contexto das composições de espécies observadas nas províncias biogeográficas. As regressões múltiplas não indicaram relação entre variáveis ambientais e riqueza e diversidade filogenética. Verificou-se que a maioria das espécies é dispersa por anemocoria e endozoocoria, estes podem ser indicadores importantes sobre os processos históricos que explicam o padrão filogenético evidenciado. Dispersão filogenética ocorreu mais frequentemente associada a regiões áridas ou semiáridas, em oposição à maioria das assembleias apresentarem espécies agregadas filogeneticamente em zonas tropicais úmidas. Conclui-se que as floras aquáticas neotropicais são regidas por uma regra de montagem não-aleatória, com tendência a ser composta pelos mesmos clados, independente das distâncias geográficas e que há uma tendência a se organizarem em assembleias mais congênicas ou co-familiares, em relação ao acaso, e que este fenômeno está relacionado (pelo menos parcialmente) aos tipos de síndromes de dispersão de linhagens ancestrais.

Palavras-Chave: Ecossistemas Límnicos; Índices Filogenéticos; Macrófitas Aquáticas; Províncias Biogeográficas; Síndromes de Dispersão.

1. Introdução

Províncias biogeográficas são definidas pelas fitofisionomias das espécies de plantas dominantes e pelas características ambientais tais como temperatura, precipitação e, em alguns casos, altitude (Posadas et al., 2006). Estas regionalizações ocorrem porque suas diversidades mostram padrões de distribuição interna não aleatória (Chazdon et al., 2003) e com o desenvolvimento de ferramentas computacionais e avanços científicos é possível analisar esses padrões em escalas macro-ecológicas (Nagalingum et al., 2015).

As províncias biogeográficas são *hotspots* de diversidade, dada a riqueza de espécies encontradas nesses locais (Marchese, 2015). De acordo com Maestre et al. (2009), a distribuição da riqueza responde ao gradiente de estresse associado às variações em condições ambientais (clima, por exemplo), à escassez de recursos como a água (zonas semiáridas, por exemplo), ou à localização (latitude ou a altitude de serras, por exemplo) e isto explicar por que a riqueza não é distribuída uniformemente em diferentes províncias biogeográficas, para plantas terrestres (Vamosi *et al.*, 2009).

A riqueza de espécies considera apenas um parâmetro taxonômico (Willig et al., 2003; Wiens, 2011), no entanto, com o desenvolvimento de estudos de filogenia, outras medidas estão sendo consideradas, como por exemplo, as métricas filogenéticas, que analisam conjuntos de espécies tidos como componentes hierárquicos vinculados por relações de ancestralidade (Webb et al., 2002). Essas métricas filogenéticas fornecem estimativas da história evolutiva de um grupo local/regional (Donoghue, 2008). Esta análise pode resultar em uma melhor compreensão dos padrões de biodiversidade, através da aplicação de princípios evolutivos para entender melhor as regras de montagem em assembleias (Vamosi et al., 2009) é útil para a correção de falhas nos paradigmas Lineano e Wallaceano a partir de uma perspectiva Darwiniana (Bini et al., 2006).

Estudos em filogenia de comunidades vegetais são relativamente recentes e estão concentrados em pesquisas desenvolvidas em florestas de terra firme (Chazdon et al., 2003; Cavender-Bares et al., 2006; Santos et al., 2010; Arroyo-Rodríguez et al., 2012) e sobre florestas sazonalmente inundadas (Fine e Kembel, 2011). Outras comunidades como epífitas, rupícolas, sinantrópicas e plantas aquáticas ainda não foram exploradas.

Em plantas aquáticas, apesar dessas assembleias serem consideradas importantes para ecossistemas de água doce, com centro de diversidade pertencente à região neotropical (Chambers et al., 2008; Padial et al., 2008), não há consenso sobre quais fatores estruturam essas assembleias vegetais. Alguns pesquisadores estudaram grupos funcionais sazonais ou grupos funcionais dominantes (Sarr et al., 2001; Gandullo e Faggi, 2005) e outros observaram padrões de diversidade sob determinadas condições de qualidade da água (Penning et al., 2008; Goswami et al., 2010) e os padrões genômicos de espécies disjuntas para entender a história de dispersão (Les et al., 2003), mas definições objetivas das regras de montagem ou "gradientes de estresse ecológico", que podem determinar a diversidade de plantas aquáticas ou nas relações de parentesco, ainda não foram exploradas quanto à filogenia de comunidades.

O presente estudo analisou a riqueza, síndromes de dispersão, diversidade e estrutura filogenética das espécies de espermatófitas aquáticas, inseridas em províncias biogeográficas neotropicais, buscando testar a hipótese da existência de um gradiente de estresse filogenético de plantas aquáticas com base em províncias biogeográficas neotropicais *sensu* Cabrera e Willink (1980). Teoricamente, as assembleias de plantas aquáticas inseridas nas províncias devem responder a fatores ambientais, tais como temperatura (atuando em escalas regionais), precipitação e/ou gradientes altitudinal (agindo na heterogeneidade local), aspectos que a ecologia tem mostrado atuarem na vegetação terrestre (Gentry, 1988).

A partir deste contexto, é esperado que: 1) haja diminuição da alfa diversidade filogenética com o aumento de latitude; 2) ocorram assembleias filogeneticamente mais agregadas, do que seria esperado pelo acaso, entre as províncias menos favoráveis, e.g.: as que apresentam escassez hídrica ou elevada altitude; e 3) seja evidenciada influências de processos biogeográficos históricos na explicação da distribuição da diversidade de espermatófitas aquáticas.

2. Métodos

2.1. Área de Estudo

A região Neotropical se estende do México desde a península da Baixa Califórnia e sul da Flórida, através da América Central (incluindo todas as ilhas do Caribe), chegando à América do Sul e esta região inclui tanto províncias tropicais, quanto temperadas e de altitude (Cabrera e Willink, 1980). Cabrera e Willink (1980) propuseram zonas de biodiversidade dentro do neotrópico definindo 28 províncias fitogeográficas distintas. Neste estudo, foram analisadas 14 destas províncias com base em artigos científicos de levantamentos florísticos disponíveis on-line (Fig. 1).

2.2. Coleta e organização de dados

Este estudo foi baseado em artigos de cunho florístico e fitossociológico de espermatófitos aquáticos neotropicais disponíveis on-line. Foi feita uma pesquisa no *Scopus* (© Elsevier, Holanda), banco de dados para documentos digitais, com as seguintes palavras de busca: "flora aquática", "macrófitas aquáticas", "plantas aquáticas", "levantamentos florísticos", "check list de espécies vegetais" em inglês, espanhol, português e francês. Esta pesquisa resultou num total de 76 trabalhos (Apêndice I), extraíndo-se as seguintes informações: (1) fatores ambientais preditores

disponibilizados pelos autores dos artigos consultados (média de precipitação anual, temperatura média anual e altitude); (2) nomes de espécies de plantas aquáticas e suas respectivas formas de vida. Foram identificadas as síndromes de dispersão das espécies compiladas, com base em seus diásporos, observados em materiais de herbários (MEXU, HVC, BCMEX, EAN e PEUFR) ou nas descrições dessas espécies na literatura taxonômica. Também foi pesquisada a altitude média acima do nível do mar de cada assembléia, que foi considerada tomando as cotas altimétricas de município através de pesquisa em diversas fontes na literatura.

Foram registradas a localização dessas floras aquáticas em material cartográfico dentro de províncias biogeográficas delimitadas por Cabrera e Willink (1980). Estas assembleias foram consideradas "ilhas isoladas de habitats" (Bosiacka et al., 2012) ou seja, ecossistemas resultantes do sucesso gradual de espécies, através de dispersão bem sucedida, à natureza da matriz circundante, contemplando desde áreas naturais até lagos antropizados.

Os nomes das famílias botânicas foram atualizados através do Angiosperm Phylogeny Group (APG III, 2009), e os gêneros/nomes de espécies foram verificados com base no The Plant List (2015), a fim de padronizar o *pool* de espécies, evitar sinonímias, adotar as designações nomenclaturais mais atuais para cada táxon.

2.3. Análise da Filogenia de Comunidades

A diversidade filogenética para cada província foi analisada com base na filogenia regional de espécies. A árvore filogenética regional foi elaborada através da aplicação Phylomatic v.3 (Webb e Donoghue, 2005). Foi utilizada a versão mais recente disponível da árvore filogenética de *Metaphyta* (R20120829) no formato Newick. Os comprimentos dos ramos da árvore filogenética foram ajustados através da ferramenta

Bladj com o uso do software Phylocom (Webb et al., 2008), para coincidir com a idade estimada das espermatófitas, como descrito por Renner (2009) e Bell et al. (2010). As métricas de diversidade filogenética (PD) das assembleias foram randomizadas 999 vezes com o software Phylocom e esse processo gerou um modelo nulo teórico automático (Webb et al., 2008).

Foram calculadas as distâncias de diversidade filogenética (Distância Filogenética Média Par-a-Par, MPD; e Distância Média do Táxon mais Próximo, MNTD) e as métricas das estruturas filogenéticas (Índice de Parentesco Líquido, NRI; e Índice do Táxon Mais Próximo, NTI) (Webb et al., 2008) das 76 assembleias identificadas nos estudos analisados. Foram compilados os valores de riqueza de cada assembleia, além de examinar, na árvore filogenética construída, o período de surgimento de cada gênero/espécies identificada. Na tentativa de se obter uma explicação sobre a riqueza de espécies e os índices de diversidade filogenética alfa, com os dados gerados foram realizadas regressões múltiplas normalizadas para avaliar os efeitos das variáveis ambientais nas assembleias.

3. Resultados

Foram registrados 2813 espécies de plantas aquáticas, distribuídas em 1006 gêneros, 171 famílias e 44 ordens. A maioria das espécies foram Eudicotiledôneas (1766 spp.), seguido de Monocotiledôneas (988 spp.), Angiospermas Basais (57 spp.) e raramente identificadas gimnospermas (02 spp.).

As ordens mais abundantes de plantas aquáticas foram: Asterales, Myrtales, Santalales e Fabales, as quais contribuíram com aproximadamente 50% das eudicotiledôneas; Poales contribuiu com mais de 60% dentro das monocotiledôneas; e Nymphaeales com aproximadamente 50% das angiospermas basais. Dentre as

gimnospermas, apenas duas ordens e duas famílias foram registradas (Araucaliales – Araucariaceae e Cupressales – Cupressaceae).

A maioria das espécies examinadas pertence à Poaceae (330 spp.), seguida de Asteraceae (288 spp.), Cyperaceae (260 spp.) e Leguminosae (163 spp.). Estas famílias também foram as mais representativas em número de gêneros e espécies. Estes grupos não são exclusivamente aquáticos, e as espécies consideradas foram tratadas como organismo anfíbio aquático. As plantas consideradas aquáticas *sensu stricto* foram menos expressivas numericamente (10% do número total de famílias observadas) em comparação com as espécies anfíbias (90%). Os gêneros mais representativos foram: *Cyperus* (212 spp), *Eleocharis* (186 spp), *Ludwigia* (158 spp), *Persicaria* (109 spp), *Utricularia* (85 spp), *Paspalum* (85 spp), *Juncus* (74 spp.), *Eichhornia* (69 spp.), *Panicum* (67 spp.), *Hydrocotyle* (65 spp.), *Rhynchospora* (59 spp.) e *Ipomoea* (51 spp.), totalizando 43,2%. Aproximadamente 7% das famílias estiveram representadas por um gênero com uma única espécie relatada para ambientes aquáticos.

As espécies mais comumente registradas nas assembleias foram: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Pistia stratiotes* L., *Persicaria hydropiperoides* (Michx.) Small, *Hydrocotyle ranunculoides* L.f., *Typha domingensis* Pers. e *Eclipta prostrata* (L.) L.

Anemocoria foi a síndrome de dispersão predominante na maioria das espécies das províncias, seguido por endozoocoria, autocoria, hidrocoria e ectozoocoria (Fig. 2). Apenas as províncias *Yungas* e *Subantártica* apresentaram endozoocoria como síndrome de dispersão mais representativa.

Os modelos lineares (Fig. 3) indicaram que a riqueza não foi explicada pelas variáveis ambientais e as métricas filogenéticas foram, em alguns casos, apenas fracamente explicadas pelas variáveis preditoras analisadas. As regressões mostraram

relações mais associadas entre temperatura média com MPD, NRI, MNTD ($p < 0,01$) e NTI ($p < 0,001$), mas com baixo valor de R^2 ajustado. Enquanto que a altitude média acima do nível do mar esteve mais relacionada com NRI, MNTD e NTI.

Foi observado um maior valor de MPD (Tab. 2) para a província do *Caribe* (263,55), enquanto o menor valor foi registrado para a província *Altoandina* (237,75). A província *Altoandina*, comparada à vizinha *Yungas* (251,17), apresentou diminuição da diversidade filogenética com o aumento da altitude. A riqueza de espécies foi distinta entre as províncias biogeográficas, 51 spp. (*Yungas*) e 151 spp. (*Pacífica*). Apesar de valores discrepantes de riqueza entre as províncias, foi verificado valores de MPD muito aproximados, isto provavelmente pela coocorrência de famílias de plantas.

A Tabela 2 mostra NRI positivo para as províncias *Altoandina*, *Yungas*, *Pampeana*, *Pacífica*, *Subantártica* (províncias com climas tropical de altitude ou subtropical), *Amazonia*, *Atlântica* (climas tropical úmido), o que indicou uma tendência de agrupamento filogenético em relação ao conjunto de províncias de clima frio de altitude e elevada umidade, com excessão das províncias *Desierto Sul* e *Sabana* (clima tropical seco), que também apresentaram essa tendência. Diferentemente do observado para as províncias *Caatinga*, *Cerrado*, *Xerófila Mexicana* (clima tropical seco) e *Paranaense* (clima subtropical), que apresentaram assembleias de plantas aquáticas mais dispersas filogeneticamente do que em relação ao acaso.

MNTD indicou que a província *Subantártica* e as assembleias associadas com a costa leste da América do Sul, que agrupa a flora aquática do Brasil (*Amazonia*, *Atlântica*, *Caatinga*, *Cerrado*, *Paranaense* e *Pampeana*), demonstraram valores baixos da taxa de espécies por gênero. Este resultado indicou uma grande diversidade florística para as regiões supracitadas, pois essa métrica é interpretada de forma inversamente proporcional, ou seja, quanto menor o valor numérico, maior a diversidade.

As províncias localizadas na América do Norte (*Xerófila Mexicana*), América Central (*Caribe*) e sob a influência da Cordilheira dos Andes (*Altoandina*, *Desierto Sul*, *Pacífico* e *Yungas*) mostraram MNTD entre 52–122,1 milhões de anos, indicando floras com maiores distâncias entre os seus parentes mais próximos, ou seja, um menor número de espécies associadas a cada um dos seus gêneros.

Todos os valores de NTI foram positivos. Isto mostrou que as assembleias inseridas nas províncias analisadas, demonstraram em suas regras de montagem, uma maior tendência na coocorrência cogenérica entre táxons pesquisados, maior do que o esperado pelo acaso.

4. Discussão

As variáveis ambientais apresentaram pouca (temperatura e altitude) ou nenhuma influência (chuva) sobre a riqueza de espécies e métricas filogenéticas das assembleias de plantas aquáticas inseridas em províncias biogeográficas neotropicais, ou seja, num ponto de vista macroecológico, sem considerar aspectos como sazonalidade, qualidade da água e sedimento.

MPD mostrou ligeira associação com a temperatura, embora não tenha definido o gradiente de diversidade equador-pólo proposto por Willig et al. (2003) e Maestre et al. (2009). A diversidade filogenética pouco variou em escala espacial, principalmente porque as composições florísticas destes conjuntos tenderam, em sua maioria, a ser mais próximas filogeneticamente do que o esperado ao acaso.

Os resultados mostraram que as assembleias inseridas dentro de regiões de elevada altitude, tropicais úmidas ou zonas climáticas subúmidas apresentaram diversidades de plantas que tendem a serem filogeneticamente mais agregadas do que o esperado ao acaso. As floras de ambientes tropicais quente e seco, por outro lado, exibiram regra de

montagem filogeneticamente mais dispersa do que o esperado ao acaso. Esses resultados indicaram que províncias mais restritivas, por apresentarem ambientes não tão favoráveis à agregação de espécies mais aparentadas se comportam diferente de províncias com restrições ecológicas de clima frio ou excessiva umidade, que associam espécies com traços mais conservados por parentesco próximo.

Este aspecto observado no nosso estudo leva a criação de um interessante paradoxo: “como pode um conjunto de assembleias que demonstraram proximidades filogenéticas consideráveis, em termos de MPD, ser composto ao mesmo tempo de regiões mais agregadas e outras mais dispersas filogeneticamente?” A resposta está nos resultados de NTI, que indicaram a coocorrência dos mesmos gêneros nessas assembleias, onde apenas os números de espécies variaram, dentro desses gêneros. As distâncias entre os ramos das árvores filogenéticas das assembleias mais agregadas são menores do que aquelas em assembleias mais dispersas (Webb et al., 2002), por isso temos resultados que se contrapõem.

O favorecimento de linhagens distintas de plantas aquáticas em ambientes secos possivelmente está relacionado a fatores históricos, tais como os resultantes das glaciações mais recentes. As últimas mudanças climáticas derivadas do Pleistoceno permitiram a expansão de linhagens bem adaptadas para a convivência em áreas secas, onde as espécies mais bem sucedidas nesse processo de competição devem ter originado a configuração atual (Burnham e Graham, 1999), principalmente na América do Sul, onde a hipótese do Arco Pleistocênico tem sido usada para explicar as distribuições de floras terrestres em zonas secas (Neves et al., 2015), mas ainda não havia sido evidenciado em investigações com flora aquática. Os resultados mostram evidências da influência desse fenômeno dentro das províncias – que demonstram bom enquadramento com o modelo teórico do Arco Pleistocênico – pelos resultados

evidenciados através da métrica NRI, indicando a ocorrência de clados com diferentes linhagens adaptadas às regiões das províncias biogeográficas secas da Caatinga, Cerrado e Paranaense. Assim, mais investigações são necessárias para melhor exploração dessa hipótese.

Foi constatado que as floras de zonas tropicais de clima quente-seco apresentam uma tendência para a dispersão filogenética em suas regras de montagem e sugere que estas assembleias de espermatófitas aquáticas devem ter sido expostas a dois processos ecológicos ao longo do tempo: (1) espécies fugindo à regra estabelecida pela "hipótese da concorrência pelo parentesco" em que as espécies mais estreitamente relacionadas tendem a competir pelos mesmos recursos (Darwin, 1859) e, com a evolução deste processo, (2) a existência de uma relação de facilitação por espécies de parentesco distante, pois espécies menos relacionadas evolutivamente tendem a não competir fortemente pelos mesmos recursos que as espécies mais estreitamente relacionadas (Valiente-Banuet e Verdu, 2007). Estes processos são difíceis de ser quantificados na prática (Cahill et al., 2007), mas, em teoria, os resultados do presente estudo, encorajam fortemente a aceitação dessa teoria relacionada a um tipo de "dispersão magnética", evidenciada para as províncias secas analisadas.

A altitude foi a variável ambiental que mais se destacou, em relação às demais, pela relação significativa com as métricas filogenéticas. Embora apenas duas das províncias analisadas estejam localizadas em regiões de elevada altitude (*Altoandina* e *Yungas*), foi constatado que a diversidade filogenética diminuiu à medida que aumentou a altitude, enquanto que o número de espécies por gênero aumentou – indicando maior agregação filogenética, comparada às demais províncias. Este resultado apontou que essas floras são governadas pela lógica da hipótese de diversidade em "U", apresentada por Rahbek (2005) e Werenkrauft e Rugiero (2011), que propõe a influência dos gradientes

altitudinais sobre os táxons. Augusto et al. (2014) afirma que a expansão ecológica das espermatófitas aquáticas em elevadas altitudes “foi adiada” e esse "adiamento" deve ser um reflexo das condições ambientais que inviabilizam o sucesso na colonização.

MNTD indicou que processos vicariantes devem ter moldado as estruturas da diversidade filogenética de espermatófitas aquáticas neotropicais durante a evolução de suas linhagens. A elevação da Cordilheira dos Andes isolou a flora da província *Subantártica* da flora da região brasileira e gerou condições para a expansão de endemismos (Antonelli e Sanmartín, 2011; Hughes et al., 2013) nos grupos típicos destacados de plantas aquáticas, esse resultado fica evidente no nosso estudo através dos baixos valores das taxas de espécie por gênero nessas regiões, colaborando com a maior riqueza dessas regiões.

Os resultados também indicam um caso de "sinal filogenético" com a presença de repetidos clados coocorrentes nos ecossistemas analisados, tal como sugerido pela métrica MPD e confirmado através da métrica NTI. Por isso, se consideradas outras variáveis preditoras– tais como a qualidade da água, o *status* de conservação da área, tipo de sedimento ou o tamanho dos corpos aquáticos – elas podem não influenciar nas alterações estruturais dessas assembleias, quando analisadas do ponto de vista macroecológico, como inicialmente proposto no presente estudo.

Os clados que compõem as floras das províncias analisadas revelaram que filogeneticamente os táxons estão bem distribuídos no *pool* regional de espécies. Mesmo com a presença ou ausência das chamadas plantas "bioindicadoras" de eutrofização, como *Eichhornia crassipes* (Ordem Commelinales), *Egeria densa* e *Pistia stratiotes* (ambas pertencentes à Ordem Alismatales), não demonstraram maior ou menor acréscimos filogenéticos, pois estas linhagens estão bem representadas nesses ecossistemas aquáticos. Vale a pena destacar que estas espécies bioindicadoras são

tratadas como "problemas" apenas quando são encontradas abundantes num contexto antropogênico e não quando elas simplesmente ocorrem no ecossistema.

Como foi apresentado anteriormente, os clados de espermatófitas aquáticas neotropicais são recorrentes, independente das condições ambientais ou distâncias geográficas, como apresentado pela métrica NTI. Uma possível explicação para este fenômeno pode estar relacionada com a dispersão bem sucedida de seus *taxa* ancestrais. Isso corrobora com Donoghue (2008), que destaca que as explicações tradicionais baseadas apenas em correlações ambientais devem considerar também explicações via processos históricos, principalmente ao considerar grupos amplamente distribuídos, como plantas aquáticas.

Teoricamente, apenas um grande evento de dispersão poderia ter resultado em assembleias amplamente distribuídas geograficamente e apresentar características filogenéticas tão semelhantes. Analisando especificamente a região de influência andina sobre a flora da América do Sul, estes táxons devem ter sido dispersados antes do surgimento da barreira orográfica, pois, ao examinar a árvore filogenética construída para o *pool* regional das espécies analisadas foi observado que a maior parte dos gêneros (84% do total) se dispersaram na América antes dos processos vicariantes gerados pelo aparecimento dos Andes, e os gêneros que surgiram após o pleno desenvolvimento do evento geológico da cordilheira andina são predominantemente compostos por táxons anemocóricos.

As principais síndromes de dispersão destes táxons dentro do conjunto regional de espécies são anemocóricas e endozoocóricas (Fig.2). Esses fatores autoecológicos devem ter sido preservados das espécies ancestrais desses grupos, convergindo posteriormente nas diferentes linhagens e usando esta vantagem ecológica para facilitar a grande dispersão desses grupos.

A ampla distribuição geográfica desses clados anemocóricos é apoiada pelo fato de que seus diásporos são leves e apresentam adaptações para flutuar (Skarpaas et al., 2006), bem como possuem pequena área foliar, que facilitam o seu transporte pelos ventos (Nathan e Kabul, 2005). As distribuições dos grupos das espécies endozoocóricas são suportados pelas rotas de aves migratórias (Santamaría, 2002), considerando que estas rotas certamente devem ter sido alteradas ao longo da história das linhagens de pássaros (Green et al., 2002; Santamaría e Klaassen, 2002; Charalambidou e Santamaría, 2002), como também da própria sucessão ecológica do surgimento ou desaparecimento de corpos aquáticos ao longo da história natural do Neotrópico.

4. Conclusões

Em assembleias de espermatófitas aquáticas localizadas nas províncias biogeográficas neotropicais, este estudo revelou pequena variação nos índices de diversidade e estrutura filogenética.

Foi observado também que a temperatura e a altitude pouco explicaram a regra de montagem das assembleias analisadas, uma vez que explicaram mais que a precipitação. Regiões com climas tropicais altitudinais apresentam tendência de demonstrar agregação filogenética de seus táxons, em contraste com as regiões tropicais quentes e secas, que demonstram tendência à dispersão filogenética. Não foi possível confirmar a hipótese de "gradientes de estresse" na direção equador-pólo para as plantas aquáticas, mas os resultados apoiaram a hipótese de inclinação em "U".

Os táxons terminais (gêneros) e grandes grupos (Famílias/Ordens) estiveram distribuídos uniformemente dentro do conjunto filogenético regional e os resultados indicaram uma tendência para a coocorrência dos mesmos grupos nos ecossistemas

aquáticos. Os resultados apontaram grande variação a nível específico (sendo o Brasil a região com maior biodiversidade), porém esses táxons estão tendencialmente subordinados aos mesmos gêneros e Famílias/Ordem.

Este estudo sugere que uma vasta exclusão competitiva regional entre os táxons ancestrais das atuais plantas aquáticas neotropicais colaboraram para a ocorrência de um sinal filogenético persistente de especiação alopátrica em todas as províncias biogeográficas. Esta hipótese indicou que a extinção de espécies nestes habitats pode ocorrer aleatoriamente ao longo das árvores filogenéticas dessas assembleias, embora com processos simultâneos de substituição envolvendo as mesmas linhagens já existentes, pois os táxons de plantas aquáticas neotropicais são mais estreitamente coordenados do que o esperado ao acaso.

Processos históricos, a exemplo, a dispersão dos ancestrais dessas espécies atuais devem ser considerados para a explicação das características evidenciadas no presente estudo. Apesar de ser um fato difícil de ser mensurado e observado, estudos que visem analisar o processo de dispersão de plantas aquáticas devem ser encorajados.

Finalmente, recomendamos que estudos adicionais sejam direcionados para considerar a detecção do limiar para a perda de espécies de plantas aquáticas em que a estrutura filogenética poderia ser alterada ou de que forma a perda de espécies pode comprometer o funcionamento de ecossistemas aquáticos; e como se dará a dinâmica evolutiva dessas floras neotropicais em termos de mudanças globais com o cenário de aumento do aquecimento do planeta.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado, em parte, com recursos provenientes dos processos financiados pela Coordenação de Aperfeiçoamento ao Ensino Superior – CAPES (Proc.

99999.006969/2015-01) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Procs. 471603/2012–0, 304237/2015-9).

Referências

- Antonelli, A., Sanmartín, I., 2011. Why are there so many plant species in the Neotropics? *Taxon* 60, 403–414, http://antonelli-lab.net/pdf/Antonelli-Sanmartin_2011-Taxon.pdf.
- Arroyo-Rodríguez, V., Cavender-Bares, J., Escobar, F., Melo, F.P.L., Tabarelli, M., Santos, B.A., 2012. Maintenance of tree phylogenetic diversity in a highly fragmented rain forest. *Journal of Ecology* 100, 702–711, 10.1111/j.1365-2745.2011.01952.x.
- Augusto, L., Davies, T.J. Delzon, S., Schrijve, A. 2014. The enigma of the rise of angiosperms: can we untie the knot? *Ecology Letters* 10, 1326–1338.
- Bell, C.D., Soltis, D.E., Soltis, P.S., 2010. The age and diversification of the angiosperms re-revisited. *American Journal of Botany* 97, 1296–1303, 10.3732/ajb.0900346.
- Bini, L.M., Diniz-Filho, J.A.F., Rangel, T.F.L.V.B., Bastos, R.P., Pinto, M.P., 2006. Challenging Wallacean and Linnean shortfalls: knowledge gradients and conservation planning in a biodiversity hotspot. *Diversity and Distributions* 12, 475–482, 10.1111/j.1366-9516.2006.00286.x.
- Bosiacka, B., Pieńkowski, P., 2012. Do biogeographic parameters matter? Plant species richness and distribution of macrophytes in relation to area and isolation of ponds in NW Polish agricultural landscape. *Hydrobiologia* 689, 79–90, 10.1007/s10750-011-0850-x.

- Burnham, R.J., Graham, G., 1999. "The history of Neotropical vegetation: New developments and status". *Annals of the Missouri Botanical Garden* 86, 546–589, doi: <http://dx.doi.org/10.2307/2666185>.
- Caballero, A., Toro, M.A., 2002. Analysis of genetic diversity for the management of conserved subdivided populations. *Conservation and Genetic* 3, 289–299, 10.1023/A: 1019956205473.
- Cabrera, A.L., Willink, A., 1980. *Biogeografía de América Latina*. Monografías de la O.E.A., série Biología, n. 13, Washington D.C., pp. 122.
- Cahill, J.F., Kembel, S.W., Lamb, E.G., Keddy, P.A., 2007. Does phylogenetic relatedness influence the strength of competition among vascular plants? *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 10, 41–50, 10.1016/j.ppees.2007.10.001.
- Cavender-Bares, J., Keen, A., Miles, B., 2006. Phylogenetic structure of Floridian plant communities depends on taxonomic and spatial scale. *Ecology* 87, 109–122, 10.1890/0012-9658(2006)87[109: PSOFPC]2.0.CO;2.
- Chambers, P.A., Lacoul, P., Murphy, K. J., Thomaz, S.M., 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia* 595, 9–26, 10.1007/s10750-007-9154-6.
- Charalambidou, I., Santamaría, L., 2002. Waterbirds as endozoochorous dispersers of aquatic organisms: a review of experimental evidence. *Acta Oecologia* 23, 165–176, 10.1016/S1146-609X(02)01148-7.
- Chazdon, R.L., Careaga, S., Webb, C., Vargas, O., 2003. Community and phylogenetic structure of reproductive traits of woody species in wet tropical forests. *Ecological Monographs* 73, 331–348, 10.1890/02-4037.

- Darwin, C.R., 1859. On the origin of species by means of natural selection. J Murray, London, pp. 571.
- Donoghue, M.J., 2008. A phylogenetic perspective on the distribution of plant diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105, 11549–11555, 10.1073/pnas.0801962105%20pna/.
- Fine, P.V.A., Kembel, S.W., 2011. Phylogenetic community structure and phylogenetic turnover across space and edaphic gradients in western Amazonian tree communities. *Ecography* 34, 552–565, 10.1111/j.1600-0587.2010.06548.x.
- Gandullo, R., Faggi, A.M., 2005. Interpretación sintaxonómica de los humedales del noroeste de la provincia de Neuquén, Argentina. *Darwiniana* 43, 10–29, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66943402>.
- Gentry, A. H., 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75, 1–34.
- Goswami, G., Pal, S., Palit, D., 2010. Studies on the physico-chemical characteristics, macrophyte diversity and their economic prospect in Rajmata Dighi: a wetland in Cooch Behar District, West Bengal, India. *NeBIO* 1, 21–27.
- Green, A.J., Figuerola, J., Sánchez, M.I., 2002. Implications of waterbird ecology for the dispersal of aquatic organisms. *Acta Oecologica* 23, 177–189, 10.1016/S1146-609X(02)01149-9.
- Hughes, C.E., Pennington, R.T., Antonelli, A., 2013. Neotropical Plant Evolution: Assembling the Big Picture. *Botanical Journal of the Linnean Society* 171, 1–18, 10.1111/boj.12006.
- Les, D.H., Crawford, D.J., Kimball, R.T., Moody, M.L., Landolt, E., 2003. Biogeography of discontinuously distributed hydrophytes: a molecular appraisal

- of intercontinental disjunctions. *International Journal of Plant Sciences* 164, 917–932.
- Maestre, F.T., Callaway, R.M., Valladares, F., Lortie, C.J., 2009. Refining the stress-gradient hypothesis for competition and facilitation in plant communities. *Journal of Ecology* 97, 199–205, 10.1111/j.1365-2745.2008.01476.x.
- Marchese, C., 2015. Biodiversity hotspots: A shortcut for a more complicated concept. *Global Ecology and Conservation* 3, 297–309, 10.1016/j.gecco.2014.12.008.
- Nagaligum, N.S., Knerr, N., Laffan, S.W., González-Orozco, C.E., Thornhill, A.H., Miller, J.T., Mishler, B.D., 2015. Continental scale patterns and predictors of fern richness and phylogenetic diversity. *Frontiers in Genetics* 132, 1–16, 10.3389/fgene.2015.00132.
- Nathan, R., Katul, G.G., 2005. Foliage shedding in deciduous forests lifts up Long distance seed dispersal by wind. *Proceedings of the National Academy of Science of USA* 102, 8251–8256, 10.1073/pnas.0503048102.
- Neves, D.M., Dexter, K.G., Pennington, R.T., Bueno, M.L., Oliveira-Filho, A.T., 2015. Environmental and historical controls of floristic composition across the South American Dry Diagonal. *Journal of Biogeography* 42, 1566–1576, 10.1111/jbi.12529.
- Padial, A.A., Bini, L.M., Thomaz, S.M., 2008. The study of macrophytes in Neotropics: a scientometrical view of the main trends and gaps. *Brazilian Journal of Biological* 68, 1051–1059, <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000500012>.
- Penning, W.E., Mjelde, M., Dudley, B., Hellsten, S., Hanganu, J., Kolada, A., van den Berg, M., Poikane, S., Phillips, G., Willby, N., Ecker, F., 2008. Classifying aquatic

- macrophyte as indicators of eutropication in European lakes. *Aquatic Ecology* 42, 237–251, 10.1007/s10452-008-9182-y.
- Posadas, P., Crisci, J.V., Katinas, L., 2006. Historical biogeography: A review of its basic concepts and critical issues. *Journal of Arid Environments* 66, 389–403, 10.1016/j.jaridenv.2006.01.004.
- Rahbek, C., 2005. The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. *Ecology Letters* 8, 224–239, 10.1111/j.1461-0248.2004.00701.x.
- Renner, S., 2009. Gymnosperms. In: *The Time of Life*. Hedges, S.B. & Kumar, S. (Eds). Oxford University Press. pp. 157–160.
- Santamaría, L., 2002. Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment. *Acta Oecologica* 23, 137–154, 10.1016/S1146-609X(02)01146-3.
- Santamaría, L., Klaassen, M., 2002. Waterbird-mediated dispersal of aquatic organisms: An introduction. *Acta Oecologica* 23, 115–119, 10.1016/S1146-609X(02)01144-X.
- Sarr, A., Thiam, A., Bâ, A.T., 2001. Macrophytes et groupements végétaux aquatique et amphibies de la basse vallée du Ferlo (Sénégal). *African Journal of Science and Tecnology* 2, 89–97, 10.4314/ajst.v2i1.44651.
- Santos, B.A., Arroyo-Rodríguez, V., Moreno, C., Tabarelli, M., 2010. Edgerelated loss of tree phylogenetic diversity in the severely fragmented Brazilian Atlantic forest. *PLoS ONE* 5, 1-7, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0012625>.
- Sculorpe, C.D., 1967. The biology of aquatic vascular plants. Ed. Arnold, London, pp. 610.

- Skarpaas, O., Auhl, R., Shea, K., 2006. Environmental variability and the initiation of dispersal: turbulence strongly increase seed release. *Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences* 273, 751–756, 10.1098/rspb.2005.3366.
- The Plant List, 2013. A working list of all plants species, Royal Botanic Gardens, Kew and Missouri Botanical Garden. Disponível em: <http://www.theplantlist.org/> (12 Dezembro 2013).
- Valiente-Banuet, A., Verdu, M., 2007. Facilitation can increase the phylogenetic diversity of plant communities. *Ecology Letters* 10, 1029–1036, 10.1111/j.1461-0248.2007.01100.x.
- Vamosi, S.M., Heard, S.B., Webb, C.O., 2009. Emerging patterns in the comparative analysis of phylogenetic community structure. *Molecular Ecology* 18, 572–592, 10.1111/j.1365-294X.2008.04001.x.
- Webb, C.O., Ackerly, D.D., Peck, M.A., Donoghue, M.J., 2002. Phylogenies and community ecology. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 33, 475–505, 10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150448.
- Webb, C.O., Ackerly, D.D., Kembel, S.W., 2008. *Phylocom: software for the analysis of community phylogenetic structure and trait evolution*, version 4.1. Disponível em: <http://www.phylodiversity.net/phylocom/> (28 Agosto 2015).
- Webb, C.O., Donoghue, M.J., 2005. Phylomatic: tree assembly for applied phylogenetics. *Molecular Ecology* 5, 181–183, 10.1111/j.1471-8286.2004.00829.x.
- Wrenkraf, V., Rugiero, A., 2011. Quality of basic data and method to identify shape effect the perception of richness-altitude relationships in meta-analysis. *Ecology* 92, 253–260, 10.1890/09-2405.1.

Wiens, J.J., 2011. The causes of species richness patterns across space, time, and clades and the role of “Ecological Limits”. *The Quarterly Review of Biology* 86, 75–96, <http://www.jstor.org/stable/10.1086/659883>.

Willig, M.R., Kaufman, D.M., Stevens, R.D., 2003. Latitudinal gradients of biodiversity: pattern, process, scale and synthesis. *Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics* 34, 273–309, [10.1146/annurev.ecolsys.34.012103.144032](http://www.jstor.org/stable/10.1146/annurev.ecolsys.34.012103.144032).

TABELAS

Tabela 1

Variáveis ambientais das províncias biogeográficas, baseadas em Cabrera e Willink (1980), analisadas neste estudo, considerando temperatura média anual (Temp), precipitação (Prec.) e altitude (Alt).

Áreas	Provincias	Temp. (°C) (Média)	Prec. (mm) (Média)	Alt. (m) (Média)
Elevadas Altitudes	Altoandina	12,6	576,5	3013,6
	Yungas	10,3	1363,9	3017,0
Áreas Úmidas	Amazonia	28,1	2212,6	886,0
	Atlántica	21,1	1636,7	24,9
	Caribe	25,0	1400,0	220,0
	Pampeana	19,7	1284,1	176,9
	Paranaense	20,7	1241,3	749,7
	Subantártica	12,9	1598,7	619,6
Áreas Secas	Caatinga	25,3	614,7	420,6
	Cerrado	23,4	1300,5	297,0
	Desierto	18,7	790,2	886,0
	Pacífica	16,1	414,4	1305,0
	Sabana	21,0	1200,0	200,0
	Xerófila	20,9	1083,3	1382,0

Tabela 2

Número de espécies (S) e métricas filogenéticas das assembleias de plantas aquáticas em 14 províncias biogeográficas na região neotropical. MPD = Diversidade Filogenética Média Par-a-Par; MNTD = Distância Filogenética Média do Táxon Mais Próximo; NRI = Índice de Relação de Parentesco; NTI = Índice de Parentesco Líquido.

Áreas	Províncias	S	MPD	NRI	MNTD	NTI
Elevada Altitude	Altoandina	177	237,7	4,22	57,1	0,82
	Yungas	154	251,2	1,25	70,2	0,57
Áreas Úmidas	Amazonia	492	250,7	0,28	49,4	1,18
	Atlântica	484	250,8	0,34	44,2	1,31
	Caribe	58	263,5	0,99	90,8	0,11
	Pampeana	721	250,9	2,22	32,9	2,39
	Paranaense	877	251,1	-0,49	50,7	1,08
Áreas Secas	Subantártica	466	250,9	1,75	31,8	1,86
	Caatinga	361	250,9	-0,27	48,6	1,06
	Cerrado	570	251,0	-1,21	42,3	1,39
	Desierto	478	250,9	2,25	57,9	0,79
	Pacífica	303	251,2	1,18	69,4	0,58
	Sabana	113	251,2	0,02	122,1	1,78
	Xerófila	410	250,9	-2,20	52,2	11,87

FIGURAS

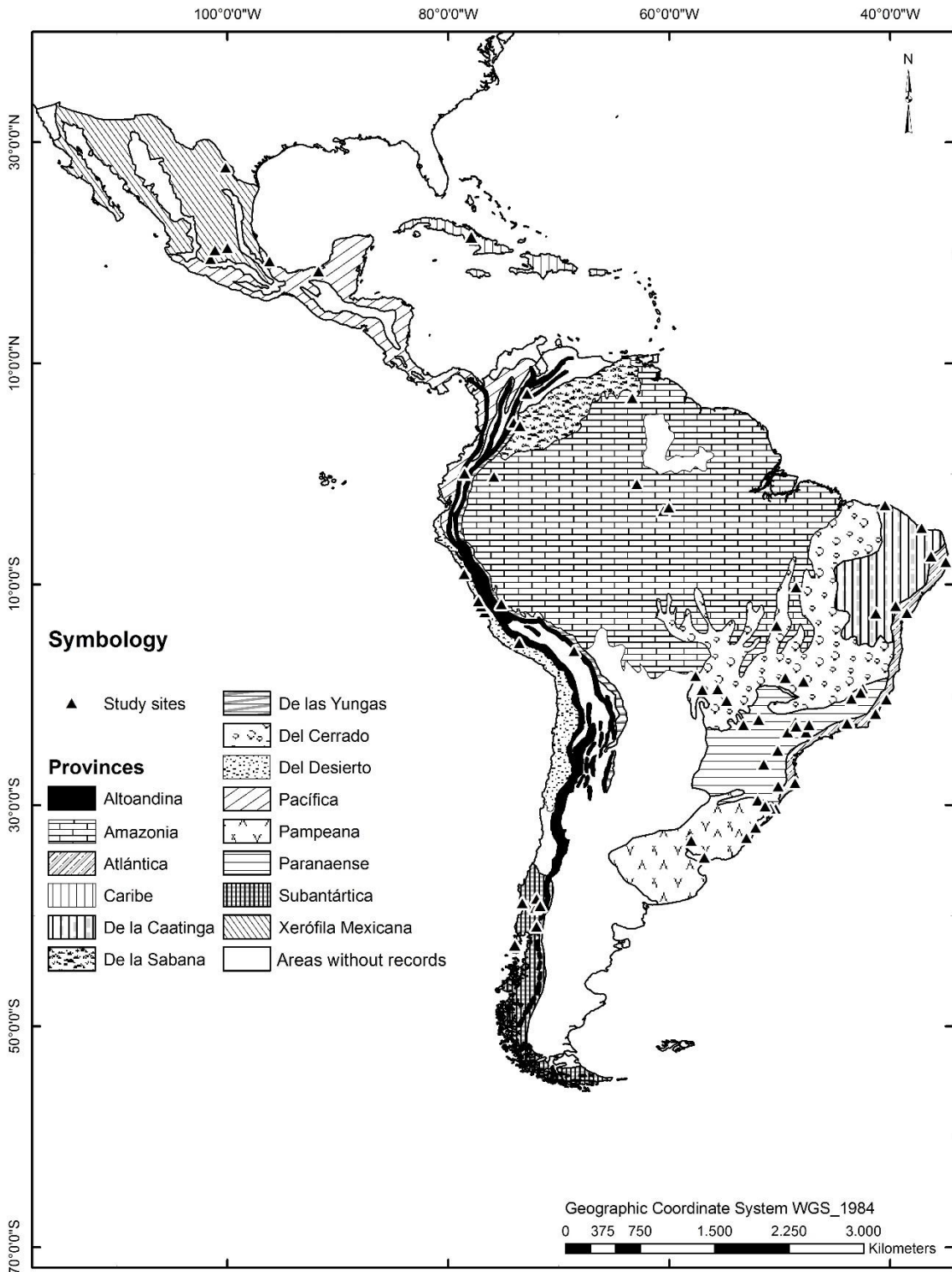
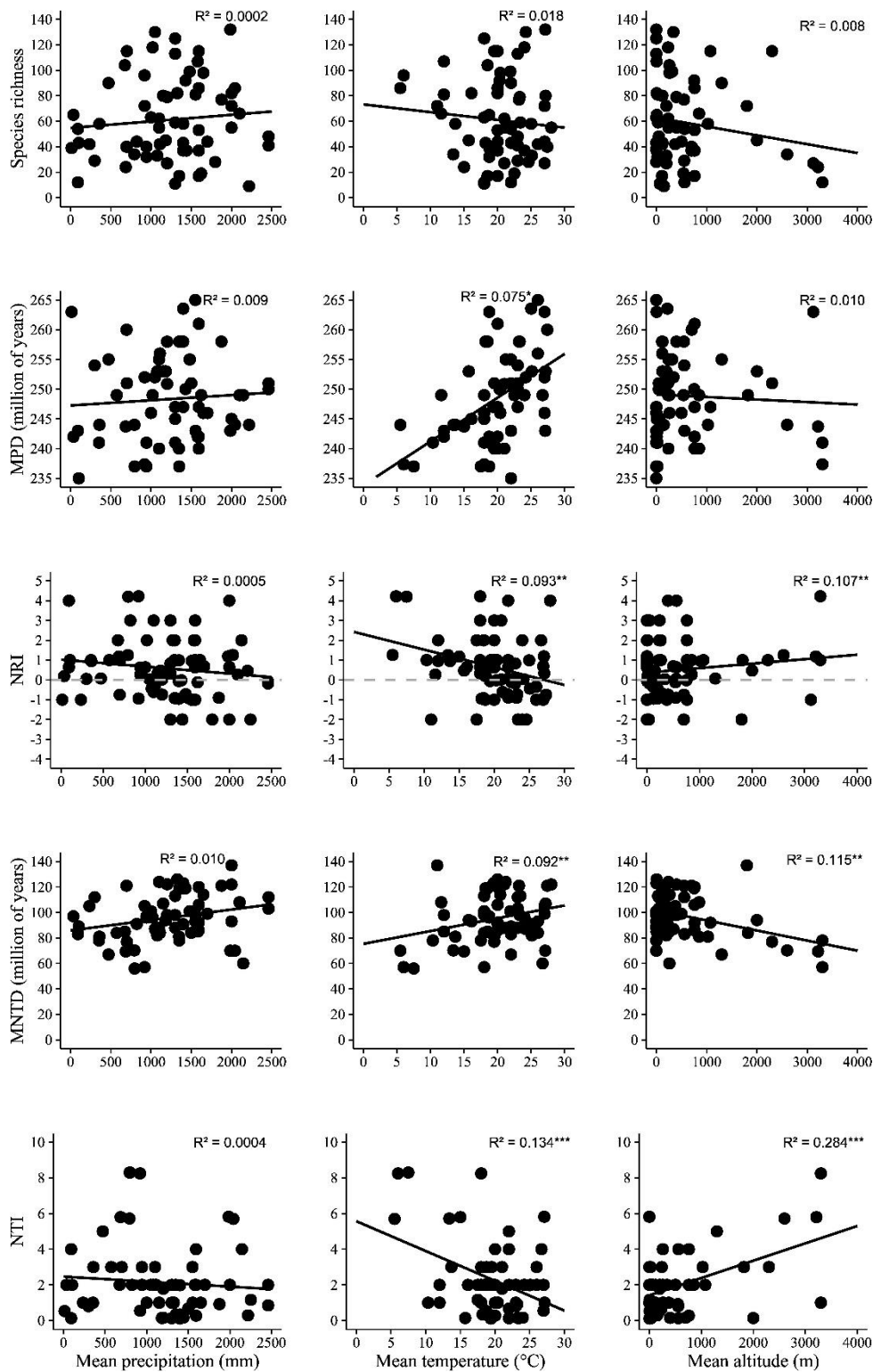


Fig. 1. Localização de pontos de amostragem por província biogeográfica (*sensu* Cabrera e Willink, 1980) analisados neste artigo.

	Anemochory	Endozoochory	Hydrochory	Autochory	Ectozoochory	
Xerofila Mexicana	43,88%		27,87%	16,14%	11,11%	1,00%
Subantártida	36,36%		38,68%	4,48%	20,28%	0,20%
De la Savana	68,72%			11,94%	10,44%	8,90%
Pacífica	68,15%			21,01%	3,20%	7,64%
Del Desierto	40,00%		33,33%	6,29%	19,59%	0,79%
Del Cerrado	38,70%		34,16%	15,01%	11,01%	1,12%
De la Caatinga	42,00%		32,30%	18,00%	5,44%	2,26%
Pampeana	39,07%		33,50%	11,41%	15,72%	0,30%
Paranaense	49,81%		30,44%	9,62%	9,50%	0,63%
Caribeña	43,58%		29,48%	21,15%	4,80%	0,99%
Atlántica	39,00%		38,00%	10,50%	11,25%	1,25%
Amazonica	38,40%		34,00%	10,10%	14,50%	3,00%
De las Yungas	37,00%		39,00%	8,00%	15,00%	1,00%
Altoandina	45,12%		36,36%	5,51%	12,00%	1,01%

Fig. 2. Percentagem de síndromes de dispersão das espécies por província biogeográfica.



1

2 **Fig. 3.** Regressões lineares usando a riqueza e métricas de diversidade filogenética
 3 (MPD; NRI; MNTD, and NTI) relacionadas com as variáveis ambientais: média da
 4 temperatura, média de precipitação e média de altitude. (Nota: * = $P < 0.01$; ** =
 5 $P < 0.001$) ao longo da região Neotropical.

6 APÊNDICE – REFERÊNCIAS SUPLEMENTARES

- 7 Albertino, S.M.F., Miléo, L.J., Silva, J.F. & Silva, C.A., 2009. Composição florística
8 de plantas daninhas em um lago do rio Solimões, Amazonas. *Planta Daninha* 27,
9 1–5, <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000100001>.
- 10 Alves, J.A.A., Tavares, A.S. & Trevisan, R., 2011. Composição e distribuição de
11 macrófitas aquáticas na lagoa da Restinga do Massiambu, Área de Proteção
12 Ambiental Entorno Costeiro, SC. *Rodriguesia* 62, 785–801, [rodriguesia-](http://rodriguesia-seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/316/125)
13 [seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/316/125](http://rodriguesia-seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/316/125).
- 14 Arana, C. & Salinas, L., 2003. Vascular Plants of the Chimbote Wetlands, Peru.
15 *Revista Peruana de Biología*, 10: 221–224,
16 <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/2508>.
- 17 Araújo, E.S., Sabino, J.H.F., Cotarelli, V.M., Campelo, M.J.A., 2012. Riqueza e
18 diversidade de macrófitas aquáticas em mananciais da Caatinga. *Diálogos &*
19 *Ciência* 32, 229–234, doi: 10.7447/dc.2012.027.
- 20 Araújo, R.B., Langeani, F., Ranga, N.T., 2010. Vascular plants of oxbow lakes of
21 Turvo River, Upper Paraná River basin, São Paulo State, Brazil. *Check List* 6, 58–
22 61, <http://www.checklist.org.br/getpdf?SL034-09>.
- 23 Arocena, R., Mazzeo, N., 1994. Macrófitas acuáticas de un arroyo urbano en Uruguay:
24 su relación con la calidad del agua. *Revista de Biología Tropical* 42, 723–728,
25 <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v42i3.23279>.
- 26 Arteta, M., Corrales, M., Dávalos, C., Delgado, A., Sinca, F., Hernani, L., Bojórquez,
27 J., 2006. Vascular plants from the bay of juli, Titicaca lake, Puno-Perú. *Ecología*
28 *Aplicada* 5, 29–36, <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v5n1-2/a04v5n1-2.pdf>.

- 29 Baptista, L.R.M., Lorscheitter, M.L., Sherer, C.S., 2012. Floristic composition of a
30 Subtropical bog, Eastern Plateau from southern Brazil. *Check List* 8, 224–236,
31 <http://www.checklist.org.br/getpdf?SL056-11>.
- 32 Barra, E.H., García, C.R., Arratia, M.G., Padovani, C.S.M., 1993. Comparacion de la
33 flora macrofítica de tres lagos del centro-sul de Chile (Budi, Llanquihue y
34 Cayutue). *Revista Geográfica de Valparaiso* 1, 1–19.
- 35 Bini, L.M., Oliveira, L.G., Souza, D.C., Carvalho, P., Pinto, M.P., 2005. Patterns of
36 the aquatic macrophyte cover in cachoeira dourada reservoir (GO-MG). *Brazilian*
37 *Journal of Biology* 65, 19–24.
- 38 Bove, C.P., Gil, A.S.B., Moreira, C.B., Anjos, R.F.B., 2003. Hidrófitas fanerogâmicas
39 de ecossistemas aquáticos temporários da planície costeira do estado do Rio de
40 Janeiro, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 17, 119–135,
41 <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062003000100009>.
- 42 Carvalho, P., Bini, L.M., Diniz-Filho, J.A.F., Murphy, K.J., 2009. A macroecological
43 approach to study aquatic macrophyte distribution patterns. *Acta Limnologica*
44 *Brasiliensia* 21, 169–174, <http://www.ablimno.org.br/acta/pdf/v21n2a210202.pdf>.
- 45 Carvalho, F.T., Galo, M.L.B.T., Velini, E.D., Martins, D., 2003. Plantas aquáticas e
46 nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Barra Bonita, no rio
47 Tietê. *Planta Daninha* 21: 15–19, [http://dx.doi.org/10.1590/S0100-](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582003000400003)
48 [83582003000400003](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582003000400003).
- 49 Cervi, A.C., Bona, C., Moço, M.C.C., von Linsinger, L., 2009. Macrófitas aquáticas
50 do Município de General Carneiro, Paraná, Brasil. *Biota Neotropica* 9, 215–222,
51 <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n3/en/abstract?inventory+bn00409032009>.

- 52 Díaz, M.F., Larrain, J., Zegers, G., Tapia, C., 2008. Caracterización florística e
53 hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de*
54 *Historia Natural* 81, 455–468, [http://dx.doi.org/10.4067/S0716-](http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2008000400002)
55 [078X2008000400002](http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2008000400002).
- 56 Durán-Suárez, L.R., Terneus-Jácome, H.E., Gavilán-Díaz, R.A., Posada-García, J.A.,
57 2011. Composición y estructura de un ensamble de plantas acuáticas vasculares de
58 una represa alto andina (Santander), Colombia. *Actualidades Biológicas* 33, 51–
59 68, <https://doaj.org/article/cb6cb9f6a3a64f538dbbac589261bc36>.
- 60 Ferreira, F.A., Mormul, R.P., Pedralli, G., Divan-Júnior, A.M., 2011. Acumulação de
61 fluoreto por macrófitas aquáticas. *Revista de Saúde e Biologia* 6, 38–45.
- 62 Ferreira, F.A., Mormul, R.P., Pedralli, G., Pott, V.J., Pott, A., 2010. Estrutura da
63 comunidade de macrófitas aquáticas em três lagoas do Parque Estadual do Rio
64 Doce, Minas Gerais, Brasil. *Hoehnea*, 37, 43–52,
65 <http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062010000100003>.
- 66 Flores, M., Alegría, J., Granda, A., 2005. Diversidad florística asociada a las lagunas
67 andinas Pomacocha y Habascocha, Junín, Perú. *Revista Peruana de Biología* 12,
68 125–134, <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v12i1.2366>.
- 69 Fraga, J.M.P., 2008. Flora acuática de la provincia de Camagüey, Cuba. *Polibotánica*
70 25, 17–25.
- 71 França, F., Melo, E., Góes-Neto, A., Araújo, D., Bezerra, M.G., Ramos, H.M., Castro,
72 I., Gomes, D., 2003. Flora vascular de açudes de uma região do semi-árido da
73 Bahia, Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 17, 549–559,
74 <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062003000400008>.

- 75 França, F., Melo, E., Oliveira, I.B., Reis, A.T.C.C., Alves, G.L., Costa, M.F., 2010.
76 Plantas vasculares das áreas alagadas dos Marimbus, Chapada Diamantina, BA,
77 Brasil. *Hoehnea* 37, 719–730, [http://dx.doi.org/10.1590/S2236-](http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062010000400003)
78 89062010000400003.
- 79 Galino, M.T., Almeida, V.P., 2010. Levantamento da Flora de Macrófitas de duas
80 represas na Floresta Nacional de Ipanema em Iperó, SP. *Revista Eletrônica de*
81 *Biologia* 3, 19–30, <http://revistas.pucsp.br/index.php/reb/article/view/1083>.
- 82 Galvani, F.R., Baptista, L.R.M., 2003. Flora do Parque Estadual do Espinilho – Barra
83 do Quaraí/RS. *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia* 10,
84 42–62,
85 <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/2166/1683>.
- 86 Guridi, X.M., Retana, A.N., Torres, A.C., 2004. Flora y vegetación acuáticas del lago
87 de Zirahuén, Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 68, 1–38,
88 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57406801>.
- 89 Hauestein, E., 2006. Vision sinoptica de los macrofitos dulceacuicolas de Chile.
90 *Gayana Botánica* 70, 16–23, [http://dx.doi.org/10.4067/S0717-](http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382006000100004)
91 65382006000100004.
- 92 Hauestein, E., Barriga, F., Ríos-Escarlante, P., 2011. Macrophytes assemblages in
93 mountain lakes of Huerquehue National Park (39°S, Araucanía Region, Chile).
94 *Latin American Journal of Aquatic Research* 39, 593–599, doi: 10.3856/vol39-
95 issue3-fulltext-19.
- 96 Hauestein, E., González, M.A., Peña-Cortés, F., Muñoz-Pedrerros, A., 2002.
97 Clasificación y caracterización de la flora y vegetación de los humedales de la

98 costa de Tolten (IX region, Chile). *Gayana Botánica* 59, 87–100,
99 <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432002000200006>.

100 Hauestein, E., Peña-Cortés, F., Bertrán, C., Tapia, J., Schlatter, R., 2008. Comparación
101 florística y estado trófico basado en plantas indicadoras de lagunas costeras de la
102 región de La Araucanía, Chile. *Ecología Austral* 18, 43–53,
103 [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2008000100004)
104 [782X2008000100004](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2008000100004).

105 Hauestein, E., Ramírez, C., González, M.A., Leiva, L.F., Martín, C.S., 1996. Flora
106 hidrófila del lago Villarrica (IX region Chile), y su importancia como elemento
107 indicador de contaminación. *Medio Ambiente* 13, 88–96.

108 Henry-Silva, G.G., Moura, R.S.T.M., Dantas, L.L.O., 2010. Richness and distribution
109 of aquatic macrophytes in Brazilian semi-arid aquatic ecosystems. *Acta*
110 *Limnologica Brasiliensia* 22, 147–156, <http://dx.doi.org/10.4322/actalb.02202004>.

111 Hernández, J.R., Orlando-Rangel, J.C.H., 2009. Vegetation of the wetland Jaboque
112 (Bogotá, D.C.). *Caldasia* 31, 355–379.

113 Junk, W.J., Piedade, M., 1993. Herbaceous plants of the Amazon floodplain near
114 Manaus: species diversity and adaptation to the flood pulse. *Amazoniana* 7, 467–
115 484.

116 Kafer, D.S., Colares, I.G., Hefler, S.M., 2011. Composição florística e fitossociologia
117 de macrófitas aquáticas em um banhado continental em Rio Grande, RS, Brasil.
118 *Rodriguesia* 62: 835–846, [http://rodriguesia-](http://rodriguesia-seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/277/131)
119 [seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/277/131](http://rodriguesia-seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/277/131).

120 Kiersch, B., Mühlect, R.†, Gunkel, G., 2004. Las macrófitas de algunos lagos alto-
121 andinos del Ecuador y su bajo potencial como bioindicadores de eutrofización.
122 Revista de Biología Tropical 52, 829–837.

123 Kita, K.K., Souza, M.C., 2003. Levantamento florístico e fitofisionomia da lagoa
124 Figueira e seu entorno, planície alagável do alto rio Paraná, Porto Rico, Estado do
125 Paraná, Brasil. Acta Scientiarum: Biological Sciences 25, 145–155,
126 <http://dx.doi.org/10.4025/actascibiols.v25i1.2091>.

127 Kufner, D.C.L., Scremin-Dias, E., Guglieri-Caporal, A., 2011. Composição florística e
128 variação sazonal da biomassa de macrófitas aquáticas em lagoa de meandro do
129 Pantanal. Rodriguésia 62, 803–812, [rodriguesia-](http://rodriguesia-seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/314/128)
130 [seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/314/128](http://rodriguesia-seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/314/128).

131 Lehn, C.R., Bueno, M.L., Kufner, D.C.L., Scremin-Dias, E., Pott, V.J., Damasceno-
132 Júnior, G.A., 2011. Fitossociologia de Macrófitas Aquáticas associadas ao Rio
133 Miranda, Pantanal, MS, Brasil. Revista de Biologia Neotropical 8, 23–31,
134 <http://dx.doi.org/10.5216/rbn.v8i2.12004>.

135 Léon, B., Cano, A., Young, K.R., 1995. La flora vascular de los pantanos de la Villa,
136 Lima, Peru: adiciones y guía para las especies comunes. Publicaciones del Museu
137 de Historia Natural d Universidad Nacional Major de San Marcos 38, 1–39.

138 Léon, B. & Young, K.R., 1996. Aquatic plants of Peru: diversity, distribution and
139 conservation. Biodiversity and Conservation 5, 1169–1190.

140 Lima, E.A., Machado-Filho, H.O., Melo, J.I.M., 2013. Angiospermas aquáticas da
141 Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri, Paraíba, Brasil. Rodriguésia 64,
142 667–683, [http://rodriguesia-](http://rodriguesia-seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/ID%20674/pdf_57)
143 [seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/ID%20674/pdf_57](http://rodriguesia-seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/ID%20674/pdf_57)

- 144 Lima, L.F., Silva, S.S.L., Moura-Júnior, E.G., Zickel, C.S., 2011. Composição
145 florística e chave de identificação das macrófitas aquáticas ocorrentes em
146 reservatórios do estado de Pernambuco. *Rodriguesia* 62, 771–783,
147 <http://rodriguesia-seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/275/124>.
- 148 Lisbôa, F.F., Gastal-JR, C.V.S., 2003. Levantamento das macrófitas aquáticas na beira
149 do lago Guaíba no município de Guaíba, RS/Brasil. *Caderno de Pesquisa - Série*
150 *Biologia* 15, 17–27,
151 <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/2167/1684>.
- 152 Lolis, S.F., Thomaz, S.M., 2011. Monitoramento da composição específica da
153 comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório Luis Eduardo Magalhães.
154 *Planta Daninha* 29, 247–258, [http://dx.doi.org/10.1590/S0100-](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000200002)
155 [83582011000200002](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000200002).
- 156 Lopes, A., Wittman, F., Schöngart, J., Piedade, M.T.F., 2014. Herbáceas aquáticas em
157 seis igapós na amazônia central: composição e diversidade de gêneros. *Revista de*
158 *Geografia Acadêmica* 8, 5–17, [http://dx.doi.org/10.1590/S0100-](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000200002)
159 [83582011000200002](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000200002).
- 160 Magalhães, J.H.R., Maimoni-Rodella, R.C.S., 2012. Floristic composition of a
161 freshwater swamp forest remnant in southeastern Brazil. *Check List* 8, 832–838.
- 162 Martínez, M., Mendonza, A.G., 2001. Flora y vegetación acuáticas de localidades
163 selectas del estado de Querétaro. *Acta Botánica Mexicana* 54, 1–23.
- 164 Martínez, M., Novelo, A., 1993. La vegetación acuática del estado de Tamaulipas,
165 México. *Anales del Instituto Biológico de la Universidad Autónoma del México -*
166 *Série Botánica* 64, 59–86.

- 167 Martins, D., Costa, N.V., Terra, M.A. & Marchi, S.R., 2008. Caracterização da
168 comunidade de plantas aquáticas de dezoito reservatórios pertencentes a cinco
169 bacias hidrográficas do estado de São Paulo. *Planta Daninha* 26, 17–32,
170 <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000100003>.
- 171 Martins, D., Marchi, S.R., Costa, N.V., Cardoso, L.A., Rodrigues-Costa, A.C. (2011)
172 Levantamento de plantas aquáticas no reservatório de Salto Grande, Americana-
173 SP. *Planta Daninha* 29, 231–236, [http://dx.doi.org/10.1590/S0100-](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000100025)
174 [83582011000100025](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000100025).
- 175 Martins, D., Pitelli, R.A., Tomazella, M.S., Tanaka, R.H., Rodrigues, A.C.P., 2009.
176 Levantamento da infestação de plantas aquáticas em porto Primavera antes do
177 enchimento final do reservatório. *Planta Daninha* 27, 879–886,
178 <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000500001>.
- 179 Martins, D., Velini, E.D., Pitelli, R.A., Tomazella, M.S., Negrisoli, E., 2003.
180 Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Light-RJ. *Planta Daninha* 21,
181 105–108, <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582003000400016>.
- 182 Matias, L.Q., Amado, E.P., Nunes, E.P., 2003. Macrófitas aquáticas da lagoa de Jijoca
183 de Jericoacoara, Ceará, Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 17, 623–631,
184 <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062003000400015>.
- 185 Mauhs, J., Marchioretto, M.S., Budke, J.C., 2006. Riqueza e biomassa de macrófitas
186 aquáticas em uma área úmida na planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil.
187 *Pesquisas – Botânica* 57, 289–302.
- 188 Meyer, S.T., Franceschinelli, E.V., 2011. Influência de variáveis limnológicas sobre a
189 comunidade das macrófitas aquáticas em rios e lagoas da Cadeia do Espinhaço,

190 Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia* 62, 743–758, [http://rodriguesia-](http://rodriguesia-seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/293/142)
191 [seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/293/142](http://rodriguesia-seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/293/142).

192 Mora-Olivo, A., Villaseñor, J.L., Martínez, M., 2013. Las plantas vasculares acuáticas
193 estrictas y su conservación en México. *Acta Botánica Mexicana* 103, 27–63.

194 Moreira, S.N., Pott, A., Pott, V.J., Damasceno-Júnior, G.A., 2011. Structure of pond
195 vegetation of a vereda in the Brazilian Cerrado. *Rodriguésia* 62, 721–729,
196 <http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602011000400002>.

197 Moreno-Casasola, P., Cejudo-Espinosa, E., Capistrán-Barradas, A., Infante-Mata, D.,
198 López-Rosas, H., Castillo-Campos, G., Pale-Pale, J., Campos-Cascaredo, A.,
199 2010. Composición florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos
200 emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México. *Boletín de la*
201 *Sociedad Botánica de México* 87, 29–50.

202 Mormul, R.P., Ferreira, F.A., Michelan, T.S., Carvalho, P., Silveira, M.J., Thomaz,
203 S.M., 2010. Aquatic macrophytes in the large, sub-tropical Itaipu Reservoir,
204 Brazil. *Revista de Biología Tropical* 58, 1437–1452.

205 Moura-Júnior, E.G., Paiva, R.M.S., Ferreira, A.C., Pacopahyba, L.D., Tavares, A.S.,
206 Ferreira, F.A., Pott, A., 2015. Updated checklist of aquatic macrophytes from
207 Northern Brazil. *Acta Amazonica* 45, 111–132, [http://dx.doi.org/10.1590/1809-](http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201402662)
208 [4392201402662](http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201402662).

209 Moura-Júnior, E.G., Abreu, M.C., Severi, W., Lira, G.A.S.T., 2011. O gradiente rio-
210 barragem do reservatório de Sobradinho afeta a composição florística, riqueza e
211 formas biológicas das macrófitas aquáticas? *Rodriguésia* 62, 731–742,
212 <http://rodriguesia-seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/376/141>.

213 Moura-Júnior, E.G., Lima, L.F., Silva, S.S.L., Paiva, R.M.S., Ferreira, F.A., Zickel,
214 C.S., Pott, A., 2013. Aquatic macrophytes of Northeastern Brazil: Checklist,
215 richness, distribution and life forms. *Check List* 9, 298–312,
216 <http://dx.doi.org/10.15560/9.2.298>.

217 Moura-Júnior, E.G., Silva, S.S.L., Lima, L.F., Lima, P.B., Almeida-Jr, E.B., Pessoa,
218 L.M., Santos-Filho, F.S., Medeiros, D.P.W., Pimentel, R.M.M., Zickel, C.S.,
219 2009. Diversidade de plantas aquáticas vasculares em açudes do parque estadual
220 de Dois Irmãos (PEDI), Recife-PE. *Revista de Geografia* 26, 278–293.

221 Neves, E.L., Leite, K.R.B., França, F., Melo, E., 2006. Plantas aquáticas vasculares em
222 uma lagoa de planície costeira no município de Candeias, Bahia, Brasil.
223 *Sitientibus Série Ciências Biológicas* 6, 24–29.

224 Ocaña, D., Lot, A., 1996. Estudio de la vegetación acuática vascular del sistema
225 fluvio-lagunar-deltaico del río Palizada, em Campeche, México. *Anales del*
226 *Instituto Biológico de la Universidad Autónoma del México - Série Botánica* 62,
227 303–327.

228 Pedralli, G., Meyer, S.T., 1996. Levantamento da vegetação aquática (“macrófitas”) e
229 das florestas de galeria na área da Usina Hidrelétrica de Nova Ponte, Minas
230 Gerais. *Bios - Cadernos do Departamento de Ciências Biológicas da PUC-Minas*
231 4, 49–60.

232 Peralta-Peláez, L.A., Moreno-Casasola, P., 2009. Composición florística y diversidad
233 de la vegetación de humedales en los lagos interdunarios de Veracruz. *Boletín de*
234 *la Sociedad Botánica de México* 85, 89–101.

- 235 Pereira, S.A., Trindade, C.R., Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., 2012. Aquatic
236 macrophytes as indicators of water quality in subtropical shallow lakes, Southern
237 Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 24, 52–63.
- 238 Pitelli, R.L.C.M., Toffaneli, C.M., Vieira, E.A., Pitelli, R.A., Velini, E.D., 2008.
239 Dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório de Santana, RJ.
240 *Planta Daninha* 26, 473–480, [http://dx.doi.org/10.1590-S0100-](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000300001)
241 [83582008000300001](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000300001).
- 242 Pivari, M.O.D.P., Salimena, F.R.G.S., Pott, V.J., Pott, A., 2008. Macrófitas Aquáticas
243 da Lagoa Silvana, Vale do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Iheringia – Série*
244 *Botânica* 63, 321–327.
- 245 Ramires, D.W., Aponte, H., Cano, A., 2010. Flora vascular y vegetación del humedal
246 de Santa Rosa (Chancay, Lima). *Revista Peruana de Biología* 17, 105–110.
- 247 Ramirez, C., Romero, M. & Riveros, M., 1979. Habit, habitat, origin and geographical
248 distribution of chilean vascular hydrophytes. *Aquatic Botany* 7, 241–253.
- 249 Ramirez, D.W., Cano, A., 2010. Estado de la diversidad de la flora vascular de los
250 Pantanos de Villa (Lima - Perú). *Revista Peruana de Biología* 17, 111–114.
- 251 Rocha, C.G., Resende, U.M., Lugnani, J.S., 2007. Diversidade de macrófitas em
252 Ambientes aquáticos do IPPAN na Fazenda Santa Emília, Aquidauana, MS.
253 *Revista Brasileira de Biociências* 5, 456–458.
- 254 Rocha, D.C., Martins, D., 2011. Levantamento de plantas daninhas aquáticas no
255 reservatório de alagados, ponta grossa-PR. *Planta Daninha* 29, 237–246,
256 <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000200001>.

257 Rolon, A.S., Homem, H.F., Maltchik, L., 2010. Aquatic macrophytes in natural and
258 managed wetlands of Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. *Acta Limnologica*
259 *Brasiliensia* 22, 133–146, <http://dx.doi.org/10.4322/actalb.02202003>.

260 Roque, J.E., Ramírez, E.K., 2008. Flora vascular y vegetación de la laguna de
261 Parinacochas y alrededores (Ayacucho, Perú). *Revista Peruana de Biología* 15,
262 61–72.

263 Sabattini, R.A., Dorsch, A.F., Lallana, V.H., 2002. Estudio comparativo de las
264 comunidades vegetales de los arrozales y de los ambientes acuáticos y palustres
265 de Entre Ríos (Argentina). *Revista de la Facultad de Agronomía* 104, 129–137.

266 Schmidt-Mumm, U., Ríos, O.V., 2012. Comunidades vegetales de las transiciones
267 terrestre-acuáticas del páramo de Chingaza, Colombia. *Revista de Biología*
268 *Tropical* 60: 35–64.

269 Silva, R.M.M., Carniello, M.A., 2007. Ocorrência de macrófitas em lagoas
270 intermitentes e permanentes em Porto Limão Cáceres-MT. *Revista Brasileira de*
271 *Biociências* 5, 519–521.

272 Spellmeier, J., Périco, E., Freitas, E.M., 2009. Composição florística de um banhado
273 no município de Estrela/Rio Grande do Sul. *Pesquisas – Botânica* 60, 367–381.

274 Tanaka, R.H., Cardoso, L.R., Martins, D., Marcondes, D.A.S., Mustafá, A.L., 2002.
275 Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da companhia energética de São
276 Paulo. *Planta Daninha* 20, 101–111, [http://dx.doi.org/10.1590/S0100-](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582002000400012)
277 [83582002000400012](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582002000400012).

278 Terneus, E., 2007. Las plantas acuáticas en el sistema lacustre-riberino lagartococha,
279 reserva de producción faunística cuyabeno, Ecuador. *Actualidades Biológicas* 29,
280 97–106.

281 Torre, M.I.L., Aponte, H., 2009. Flora vascular y vegetación de los humedales de
282 Puerto Viejo. *Revista Peruana de Biología* 16, 215–217.

283 Trindade, C.R.T., Pereira, S.A., Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., 2010. Caracterização
284 e importância das macrófitas aquáticas com ênfase nos ambientes límnicos do
285 *Campus Carreiros - FURG, Rio Grande, RS. Cadernos de Ecologia Aquática* 5, 1–
286 22.

287 Valadares, R.T., Souza, F.B.C., Castro, N.G.D., Peres, A.L.S.S., Schneider, S.Z.,
288 Martins, M.L.L., 2011. Levantamento florístico de um brejo-herbáceo localizado
289 na restinga de Morada do Sol, município de Vila Velha, Espírito Santo, Brasil.
290 *Rodriguesia* 62, 827–834, [http://rodriguesia-](http://rodriguesia-seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/258/130)
291 [seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/258/130](http://rodriguesia-seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/258/130).

292 Ventura, L.J.R., Retana, A.N., 1993. Vegetación y flora acuáticas de la laguna de
293 Yuriria, Guanajuato, México. *Acta Botánica Mexicana* 25, 61–79.

294 Vilarrubia, T.V., Cova, M., 1993. Estudio sobre la distribución y ecología de
295 macrófitos acuáticos en el embalse de Guri. *Interciencia* 18, 77–82.

296 Xavier, L.R.C.C., Araújo, T.O., Nascimento, P.R.F., Pereira, S.M.B., 2012. Floristic
297 surveys of aquatic macrophytes in reservoirs in the Agreste zone of Pernambuco
298 State, Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 35, 313–318.

299

300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330

Capítulo II:
A ser submetido ao Periódico: Aquatic Botany (*Qualis* B1)

331 "Laços de Família" – algumas explicações para a coocorrência de clados de plantas
332 aquáticas em uma climosequência tropical

333

334 Hermes de O. Machado-Filho^{a,e}, Ênio W. Dantas^{b,e}, Clístenes W. A. do Nascimento^c,
335 Maria Teresa A. Buril Vital^{d,e} and Ariadne do N. Moura^d

336 ^a*Área de Ciências da Natureza, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, 58015-430, João Pessoa, Paraíba, Brazil*

337
338 ^b*Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Biologia, Universidade Estadual da Paraíba, 58070-450, João Pessoa, Paraíba, Brazil*

339
340 ^c*Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 52171-900, Recife, Pernambuco, Brazil*

341
342 ^d*Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 52171-900, Recife, Pernambuco, Brazil*

343
344 ^e*Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 52171-900, Recife, Pernambuco, Brazil*

345
346 * Autor para correspondência. E-mail: ariadne_moura@hotmail.com

347

348 RESUMO

349 Estudos florísticos de plantas aquáticas desenvolvidos na região neotropical têm
350 evidenciado o predomínio e coocorrência das mesmas famílias sob diferentes condições
351 climáticas. Uma forma de interpretar essa coocorrência de grupos com padrões não
352 aleatórios é entender a estrutura filogenética destas assembleias. Nessa pesquisa, é
353 apresentado um estudo que trata da regra de montagem filogenética de plantas aquáticas
354 em uma climosequência tropical no Nordeste do Brasil. Foram estudados oito
355 reservatórios de abastecimento hídrico nos períodos de estiagem e chuvoso e
356 caracterizados quanto às condições de variáveis preditoras climáticas, químicas e
357 elementos-traço, riqueza, diversidade e estrutura filogenética. Os dados apresentaram
358 predominância das Famílias Leguminosae, Gramineae e Cyperaceae. Além disso, dentre
359 as espécies levantadas, destacaram-se àquelas que possuem modo de vida anfíbio,
360 síndrome de dispersão do tipo autocórica e táxons com padrões de ampla distribuição
361 geográfica. Foi observado que o efeito sazonal regeu padrões de estrutura filogenética,
362 indicando tendência a não-cofamiliaridade. Dos descritores ecológicos testados a
363 qualidade da água e atributos do sedimento foram mais eficientes como preditores da
364 riqueza e das métricas filogenéticas do que os aspectos climato-geográficos. A regra de
365 montagem de plantas aquáticas é menos previsível do que encontrado em trabalhos de
366 florística sobre o assunto, por provavelmente, não constarem análises sazonais sobre a
367 estrutura dessas assembleias vegetais. Neste sentido, a coocorrência familiar entre
368 plantas aquáticas é menos determinística do que o esperado pela não aleatoriedade.

369

370 Palavra-Chaves: Filogenia de Comunidades; Macrófitas Aquáticas; Regra de
371 Montagem; Reservatórios; Variáveis Ambientais.

372

373 1. Introdução

374 Plantas aquáticas apresentam coocorrência dos mesmos grupos taxonômicos, pois a
375 estrutura de suas assembleias tende a se repetir similarmente no tempo (Boschilia et al.,
376 2008) e no espaço (Padiál et al., 2008; Machado-Filho et al., 2014) independentemente
377 dos efeitos da latitude, longitude e sazonalidade. Isto discorda da afirmação de que a
378 biodiversidade é determinada a partir de grupos ecologicamente equivalentes, que
379 variam num *continuum* sazonal-espacial sob a influência das condições ambientais
380 (Whittaker et al., 2001; Willig et al., 2003; Weiser et al., 2007).

381 Apesar das condições ambientais influenciarem na composição de táxons aquáticos
382 (Bornette e Puijalón, 2011), os métodos filogenéticos vêm sendo utilizados para inferir
383 padrões não esperados em assembleias de plantas (Gotelli e McCabe, 2002; Les et al.,
384 2003; Ackerley, 2009; Flynn et al., 2011; Genung et al., 2014). Nesse contexto, a
385 abordagem evolutiva tem sido incorporada também para o enfoque comunitário,
386 avançando no conhecimento da estrutura filogenética (Webb e Donoghue, 2005; Webb
387 et al., 2008). Estudos sobre a filogenia de comunidades podem contribuir para um
388 melhor entendimento de padrões de coocorrência espacial – redundância filogenética –
389 quanto da baixa variabilidade temporal – manutenção filogenética – em assembleias de
390 plantas aquáticas.

391 De um modo geral, as investigações que abordam padrões de diversidade e de
392 estrutura de assembleias de plantas aquáticas, fundamentam-se em levantamentos
393 florísticos e fitossociológicos associados a variáveis ambientais (França et al., 2003;
394 Terneus, 2007; Peralta-Peláez e Moreno-Casasola, 2009; Moreno-Casasola et al., 2010;
395 Durán-Suárez et al., 2011; Pereira et al., 2012). Além disso, reportam à não aleatoriedade

396 taxonômica e a coocorrência dos mesmos grupos de plantas aquáticas (Mouillot et al.,
397 2005; Boschilia et al., 2008).

398 O presente estudo teve como objetivo entender como variáveis preditoras
399 ambientais (climato-geográficas, qualidade de água e sedimento) atuam na explicação
400 da coocorrência e na agregação/dispersão filogenética de assembleias de plantas
401 aquáticas em uma climossequência tropical (úmido-semiárido) em períodos de estiagem
402 e de chuva. Nós hipotetizamos que i) a sazonalidade não influencia nas relações
403 filogenéticas e ii) há um ajuste filogenético entre os táxons formadores dessas
404 assembleias, o que colabora na conservação filogenética.

405

406 **2. Material e Métodos**

407 2.1. Áreas de Estudo

408 O estudo foi realizado em oito reservatórios utilizados para abastecimento público,
409 no estado da Paraíba, nordeste do Brasil, sendo eles: Marés (7°6'55"S; 34°51'40"W),
410 Araçagi (6°50'51"S; 35°22'55"W), São Salvador (7°5'39"S; 35°13'58"W), Epitácio
411 Pessoa (7°28'49"S; 36°8'2"W), Estado (7°3'27"S; 36°21'47"W), Camalaú (7°53'10"S;
412 36°49'25"W), Capoeira (7°5'19"S; 37°27'23"W) e São Gonçalo (6°46'4"S;
413 38°12'36"W). Os reservatórios foram categorizados em setores regionais de acordo com
414 sua localização geográfica visando inferir uma climossequência: Litoral (L), clima
415 sempre úmido sob influência do oceano Atlântico; Borborema (B), clima de altitude
416 seco no verão; e Sertão (S), clima continental seco no verão (Fig. 1).

417 As informações ambientais climáticas (temperatura média do ar, pluviosidade
418 média, insolação média, umidade relativa média do ar), o volume dos reservatórios e a
419 continentalidade, menor distância do nível do mar até cada reservatório, (Tab. 1,

420 Material Suplementar), foram referentes ao ano de 2014 e obtidas nos sites da Agência
421 Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA (2015), do Instituto
422 Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2015), do Climate-Data.Org (2015) e do
423 Cidade-Brasil (2015).

424

425 2.2. Coleta e Organização de Dados

426 Foram realizadas coletas de material botânico no período de outubro de 2013 e
427 dezembro de 2014, contemplando os períodos de estiagem e chuva. Em cada área foram
428 realizadas duas coletas no período seco e duas no período chuvoso. As amostragens
429 foram realizadas ao longo das margens dos reservatórios, cobrindo trechos de até 2
430 metros no sentido da água e 1 metro para fora do corpo aquático, sendo coletadas todas
431 as plantas, inclusive as herbáceas e indivíduos arbóreos em estádios juvenis que se
432 encontravam no perímetro amostral. Os procedimentos de coleta e herborização foram
433 baseados em Bridson e Forman (2004); durante a coleta, foram anotados o hábito e a
434 forma de vida dos espécimes amostrados.

435 A identificação das plantas foi baseada, principalmente, em literatura especializada,
436 exames de exsiccatas pertencentes à coleção do herbário EAN - Herbário Jayme Coelho
437 de Moraes, Campus II da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), e consulta a
438 especialistas no IPA - Instituto Agrônômico de Pernambuco. Os acrônimos encontram-
439 se de acordo com Thiers (continuamente atualizado). As amostras identificadas foram
440 incorporadas à coleção do Herbário Dárdano de Andrade-Lima (IPA) do Instituto
441 Agrônômico de Pernambuco, além de duplicatas enviadas para o herbário do Centro de
442 Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) da Universidade Federal de Campina Grande. Os
443 *vouches* para confirmação do material botânico coletado e tombado encontra-se

444 disponível na plataforma do projeto *species link* (CRIA, 2017), entre os números de
445 tombo 89421-99446 (IPA).

446 As famílias botânicas foram sistematizadas de acordo com o Angiosperm
447 Phylogeny Group - APG III (2009) e os nomes das espécies e autores foram consultados
448 na base de dados The Plant List (2015).

449 A detecção das formas de vida das espécies foi consultada Scuthorpe (1967) e as
450 síndromes de dispersão foram baseadas na descrição morfológica dos respectivos
451 diásporos através de observações de campo, consulta à literatura especializada ou nas
452 informações contidas nas etiquetas das exsicatas incluídas nos acervos dos herbários
453 PEUFR, IPA e EAN. Para a distribuição geográfica dos táxons, foram consultados,
454 além da literatura especializada, os seguintes sites: Global Biodiversity Information
455 Facility (2013), Global Invasives Species Data Base (2013), JSTOR (2013) Plant Science,
456 a base de plantas tropicais do Missouri Botanical Garden (TROPICOS, 2013) e a Lista
457 de Espécies da Flora do Brasil *on line* (Forzza et al., 2015).

458 Concomitantemente às coletas de material botânico, foram realizadas amostragens
459 de água e sedimento, uma no período de estiagem e outra no chuvoso, seguindo os
460 métodos de amostragem descritos em APHA (2005). As amostras de água (1,5L) foram
461 coletadas subsuperficialmente à lâmina d'água, acondicionadas em frasco de
462 polipropileno; as amostras de sedimentos para cada corpo d'água foram obtidas de
463 forma composta, sendo realizadas 3 amostragens de 1dm³ de sedimento de forma
464 aleatória e em distâncias aproximadamente equivalentes, misturando as amostras e
465 obtendo uma subamostra única dessa mistura, as quais foram acondicionadas em saco
466 plástico de cor escura e transportadas para o laboratório de Fertilidade dos Solos da
467 UFRPE, mantendo-as sobre refrigeração até o processamento.

468 Foram avaliadas variáveis químicas e elementos-traço nas amostras de água e
469 sedimento: pH (potenciômetro de bancada – Analyser), condutividade (condutivímetro
470 de bancada – Analyser), nitrogênio total, fósforo total, carbono orgânico total, cálcio,
471 magnésio (titulometria) todos seguindo metodologias descritas em APHA (2005). Os
472 elementos-traço analisados foram: cádmio, cobre, bário, manganês, chumbo, cromo,
473 antimônio, níquel e zinco – extraídos pelo método 3051A (USEPA, 1998).

474

475 2.3. Cálculo das Métricas Filogenéticas

476 Foi organizada uma super-árvore regional das relações de parentesco com todas as
477 espécies identificadas nos oito reservatórios, utilizando-se a aplicação Phylomatic v.3
478 (Webb e Donoghue 2005), a partir da árvore filogenética de *Methaphyta* mais resolvida
479 (R20120829), formatada em newick. Os nós internos do cladograma foram calibrados
480 através do algoritmo Bladj no programa Phylocom (Webb et al. 2008), concordando
481 com as estimativas de idade consideradas por Bell et al. (2010). Os táxons
482 criptogâmicos foram excluídos dessas análises, pois foi utilizado como modelo de
483 árvore de ancestralidade o APG III (2009). Posteriormente, foram construídas outras
484 árvores correspondentes às assembleias de plantas aquáticas dos reservatórios, para os
485 períodos de estiagem/chuvoso, com os mesmos procedimentos realizados para a
486 construção da super-árvore regional.

487 Os valores de diversidade filogenética (DF) foram calculados em um processo de
488 999 permutações, o que produz um modelo teórico nulo pelo Phylocom (Webb et al.
489 2008). Para as assembleias estudadas, foram calculadas as métricas de diversidade
490 (Distância Média Par-a-Par – Mean Pairwise Distance – MPD; Distância Média do
491 Vizinho mais Próximo – Mean Nearest Taxon Distance, MNTD) e estrutura filogenética

492 (Índice de Parentesco Líquido – Net Relatedness Index, NRI; Índice do Táxon mais
493 Próximo – Nearest Taxon Index, NTI) (Webb et al. 2008), além da riqueza dos
494 reservatórios. A métrica MPD apresenta a diversidade filogenética média, MNTD
495 explica a taxa de espécies por gênero, NRI indica tendência na agregação (valores
496 positivos) ou na dispersão (valores negativos) dos táxons na assembleia e NTI esclarece
497 se as espécies tendem a ser mais cofamiliares (valores positivos) ou não (valores
498 negativos).

499

500 2.4. Análises Estatísticas

501 Foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA) fatorial a+b sobre as variáveis
502 preditoras e a riqueza e as métricas filogenéticas para testar a variação sazonal
503 (estiagem/chuvoso) e espacial (Litoral/Borborema/Sertão), verificando as possíveis
504 diferenças entre as categorias espaciais através do teste de Tukey (1953) e previamente
505 foi testada a normalidade dos dados através do teste de Shapiro-Wilk.

506 Foi também calculada uma Análise de Variância Permutacional Multivariada
507 (PERMANOVA), utilizando-se 99.999 permutações aleatórias para testar a existência
508 de diferenças significativas espaciais e temporais nos descritores ecológicos climato-
509 geográficos, sedimentológicos e de qualidade da água sobre a riqueza e as medidas
510 filogenéticas.

511 Com o objetivo de selecionar as variáveis preditoras e seus possíveis efeitos na
512 explicação da riqueza e das métricas filogenéticas, foi realizado um teste de Modelo
513 Linear Generalizado (GLM) (McCullagh e Nelder, 1989), selecionando os modelos
514 parcimoniosos mais explicativos (AIC) bem como sua explicabilidade (R^2). Para a

515 realização desse teste foi utilizada a família Gaussian para dados contínuos, tais como
516 MPD, MNTD, NRI e NTI, e a família Poisson para dados discretos, como a riqueza.

517 Foram adotados três modelos GLM separadamente (climato-geográfico, sedimento
518 e água), uma vez que a grande quantidade de variáveis preditoras testadas (34)
519 impossibilitava a realização de um modelo único, o qual só admite testes com até
520 catorze variáveis.

521 Com as métricas de estrutura filogenéticas NRI e NTI foram testadas as hipóteses
522 desta investigação, pois à medida que as pressões seletivas ambientais mudam a
523 agregação/dispersão filogenética e a composição das famílias coocorrentes, infere se as
524 assembleias são conservadas ou se mudam no tempo e no espaço.

525 Todas as análises estatísticas foram efetuadas no programa R (v.3.3.0).

526

527 **3. Resultados**

528 3.1. Variáveis Abióticas

529 Análises estatísticas para a qualidade das águas e dos sedimentos não mostraram
530 variações estatísticas significativas ($p > 0,05$). A análise PERMANOVA indicou que
531 apenas as características climato-geográficas apresentaram variação significativa. Os
532 resultados do teste ANOVA (Tab. 1) confirmaram que os parâmetros climato-
533 geográficos foram significativos às mudanças sazonais e às categorias espaciais, com
534 exceção da variável Volume do Reservatório, que não se mostrou significativa espaço-
535 temporalmente. Ainda sobre a Tabela 1, nenhum dos parâmetros químicos e elementos
536 traços apresentou variação dentro da climosequência ($p < 0,05$).

537 Os resultados médios das análises químicas para água e sedimentos dos
538 reservatórios estão apresentados nas tabelas 2 e 3 do material suplementar.

539

540 3.2. Riqueza

541 O levantamento florístico resultou na identificação de 224 espécies (Tab. 4,
542 material suplementar), distribuídas em 152 gêneros, 50 famílias e 23 ordens. As famílias
543 de maior riqueza de espécies foram: Leguminosae (37 spp.), Gramineae (31 spp.),
544 Cyperaceae (24 spp.), Asteraceae (15 spp.), Malvaceae (13 spp.), Amaranthaceae (11
545 spp.), Convolvulaceae (nove spp.), seguidas de Rubiaceae e Onagraceae (seis espécies
546 cada), Commelinaceae (cinco spp.) e Polygonaceae (quatro spp.). As demais famílias
547 apresentaram três, duas ou uma espécie cada.

548 Em relação à riqueza total dos reservatórios, foram identificadas 107 espécies
549 ocorrendo na região Litoral (47 spp, Araçagi; 38 spp, São Salvador; e 22 spp, Marés),
550 123 na Borborema (56 spp, Camalaú; 51 spp, Epitácio Pessoa; e 16 spp, Estado) e 96 na
551 região do Sertão (43 spp, São Gonçalo; e 53 spp, Capoeira).

552 A forma de vida mais representativa foi a anfíbia, apresentando 180 espécies ou
553 91%, seguidas das formas de vida aquáticas *stricto sensu* do tipo emersa (3%), flutuante
554 livre (3%), submersa fixa (2%) e flutuante fixa (1%). As formas de vida epífita e
555 submersa livre não foram registradas. Em relação às síndromes de dispersão foi
556 observada 55% de espécies autocóricas, seguidas de 27% de anemocóricas, 11% de
557 zoocóricas e 7% de hidrocóricas (Tab. 4, material suplementar).

558 Dos táxons registrados evidenciou que 24% são cosmopolitas, seguidos por 21,5%
559 pantropicais, 17% neotropicais, 9,4% endêmicos à região Nordeste do Brasil (raros
560 ocorrendo na região do Cerrado), 8,5% têm distribuição incerta (espécies identificadas
561 em nível de gênero ou de distribuição disjunta duvidosa), 8% ocorrem apenas na

562 América do Sul, 7,6% são disjuntos, numa distribuição gondwânica, e 3% ocorrem em
563 todo o continente americano.

564 A riqueza não apresentou variação significativa para a climosequência ou para os
565 períodos de estiagem e chuvoso (Tab. 2). Porém, as variáveis preditoras que formaram
566 os modelos mais parcimoniosos da GLM para explicar a riqueza apresentaram $R^2=0,2$
567 de influência para as características climáticas e geográficas, $R^2=0,79$ para os atributos
568 do sedimento e $R^2=0,86$ para as variáveis de qualidade da água (Tab. 4).

569

570 3.3. Métricas Filogenéticas

571 O aumento ou a diminuição da diversidade filogenética média (MPD), da taxa de
572 espécies por gênero (MNTD), da agregação ou dispersão filogenética (NRI) ou da
573 cofamiliaridade (NTI), em termos estacionais, apresentaram resultados mais aleatórios
574 do que o esperado pelo acaso (Tab. 3). Porém, a análise ANOVA (Tab. 2) não
575 evidenciou nenhuma variação significativa ($p<0,05$) no tempo e espaço para nenhuma
576 das métricas filogenéticas avaliadas.

577 O efeito da sazonalidade parece ter causado uma conspícua diminuição na
578 diversidade filogenética no período chuvoso no litoral, já nas demais regiões o efeito
579 sazonal não provocou grande variação à métrica MPD. MNTD mostrou tendência de
580 aumento no período chuvoso no Litoral, diminuição no período de estiagem da
581 Borborema e se manteve estável na região do Sertão. Não foram observadas tendências
582 definidas para agregação ou dispersão filogenética espacial ou estacional, pois o padrão
583 esperado para essa métrica foi mais aleatório do que o esperado. Por fim, a métrica NTI
584 evidenciou associação entre os táxons mais subordinados às mesmas famílias mais
585 frequente no período de estiagem (Fig. 2).

586 Os modelos preditivos mais parcimoniosos gerados na análise GLM (Tab. 4)
587 indicaram que a qualidade da água tem maior poder explicativo para MPD ($R^2=0,999$),
588 MNTD ($R^2=0,894$) e NTI ($R^2=0,894$), seguidos dos modelos de sedimento e
589 características climato-geográficas. Apenas a métrica NRI ($R^2=0,989$) foi explicada de
590 forma mais parcimoniosa pelo sedimento.

591

592 **4. Discussão**

593

594 Nossos resultados destacaram a predominância das famílias Leguminosae,
595 Gramineae, Cyperaceae e Asteraceae nas assembleias de plantas aquáticas analisadas.
596 Ocorrência em grande número de grupos autocóricos, de espécies com a forma de vida
597 anfíbia e de táxons apresentando ampla distribuição geográfica. Nossos resultados
598 indicam que a sazonalidade interfere na estrutura filogenética dessas assembleias, uma
599 vez que há formação de guildas familiares diferenciadas para os câmbios estacionais de
600 seca e chuva.

601 A predominância das famílias supracitadas é corroborada com trabalhos de revisão
602 no Neotrópico (Padial et al., 2008; Machado-Filho et al., 2014). A ocorrência de
603 diásporos anemocóricos na maioria das espécies dessas famílias seria uma explicação
604 mais plausível para a ocorrência de táxons com maiores amplitudes geográficas (Van
605 der Pijl, 1982). No caso de Leguminosae e na maioria das plantas registradas nessa
606 pesquisa, que apresentam diásporos autocóricos, com menor mobilidade de dispersão,
607 são predominantes. Nesse sentido, táxons subordinados a esses grupos e que por ventura
608 ocorram em ampla distribuição geográfica, provavelmente, estabelecem estratégias de
609 dispersão mutualística com diversos animais (Bascompte e Jordano, 2006).

610 Os agentes dispersores evoluíram conjuntamente com as angiospermas cerca de 180
611 milhões de anos atrás, resultando em diferentes estratégias de dispersão (Vander Wall e
612 Longland, 2004). Essas estratégias podem, em alguns casos, envolver dois ou mais
613 agentes dispersores. Nesse sentido, a reconstrução histórica desses eventos pode ser
614 comprometida, em virtude de diversos fatores, dentre eles, o tempo e as interferências
615 antrópicas (Robledo-Arnuncio et al., 2014).

616 O caso da maioria das espécies registradas apresentarem-se com forma de vida
617 anfíbia é algo interessante a se discutir, quando se trata de regra de montagem de
618 assembleias, pois a proporção de táxons aquáticos *stricto sensu* é pouco expressiva (9%
619 no total). Esse aspecto nos leva a creer, que ecossistemas aquáticos tropicais são
620 composto por espécies que habitam preferencialmente a borda de mananciais hídricos,
621 regiões paludosas ou mais rasas, por apresentarem homoplasias específicas (Armstrong
622 et al., 1994; Braendle e Crawford, 1999), ou por serem “oportunistas” e a facilidade em
623 obter água e nutrientes (Sabino et al., 2015) ou ainda, provavelmente, por encontrar
624 potenciais dispersores (Charalambidou et al., 2005; Correa et al., 2007). Além disso,
625 habito anfíbio também oferece a vantagem de maior mobilidade frente à matriz
626 terrestre, que provoca um efeito vicariante para as plantas aquáticas *stricto sensu*.

627 Em relação ao padrão de “redundância taxonômica”, evidenciada em pesquisas
628 passadas para plantas aquáticas, infere-se que esse fenômeno foi percebido nos
629 resultados da métrica de diversidade filogenética – MPD. Possivelmente essa
630 redundância deve estar mais relacionada ao fato de boa parte das espécies terem
631 distribuição geográfica ampla e, como esses grupos estão bem distribuídos, refletiu nos
632 resultados de MPD próximos entre si.

633 Essa característica de “redundância taxonômica” só pode ser percebida em termos
634 espaciais, mas não temporais, pois os nossos resultados indicaram direcionamentos não-
635 aleatório, maior que o esperado pelo acaso, em relação à sazonalidade na regra de
636 montagem de assembleias de plantas aquáticas. A métrica NTI apontou formação de
637 guildas familiares se organizando de formas distintas, específicas para o período de
638 estiagem e chuvoso, contrariando a hipótese prevista deste trabalho. A exemplo deste
639 caso, podemos citar o grupo das plantas herbáceas anuais no entorno dos reservatórios
640 que muitas vezes não estão presentes no período de estiagem, notadamente da região do
641 Sertão.

642 O denominado “ajuste filogenético”, evocado como um efeito de amortização na
643 mudança da estrutura de assembleias de plantas aquáticas, pela substituição de espécies
644 mais aparentadas entre si, não foi percebido nas análises, pois o distúrbio sazonal
645 promoveu substituição para táxons distantes filogeneticamente. A agregação
646 filogenética é geralmente um padrão mais comum em assembleias de plantas terrestres
647 (Webb, 2000), embora outros estudos já apresentem o contrário (Cavender-Bares et al.,
648 2006). Plantas aquáticas comportaram-se de forma diferenciada da observada por Webb
649 (2000), uma vez que se verificou tendência a dispersão filogenética.

650 No que concerne ao afeito da sazonalidade em plantas aquáticas, observa-se que os
651 estudos, majoritariamente, abordam parâmetros associados à biomassa (Hrivnák et al.,
652 2009; Kufner et al., 2011) ou abundância de espécies (Guridi et al., 2004; Durán-Suárez
653 et al., 2011), negligenciando mudanças relativas sobre a composição e estruturas dessas
654 assembleias. Isso é interessante, haja visto que, dentre as estratégias mais investigadas
655 para detectar padrões na biodiversidade, está a busca de grupos substitutos, que

656 representariam padrões de variação da riqueza de espécies incluindo o efeito da
657 dinâmica do distúrbio sazonal (Allen et al. 1999).

658 Os modelos explicativos mais parcimoniosos sobre a relação entre variáveis
659 preditoras, a riqueza e as métricas filogenéticas mostraram que os parâmetros de
660 qualidade da água (nutrientes e elementos-traço) e sedimentológicos são os fatores mais
661 importantes na explicação das regras de montagem, acima de tudo. Várias investigações
662 foram realizadas na tentativa de explicar a riqueza de plantas aquáticas através da
663 qualidade da água do meio (França et al., 2003; Terneus, 2007; Peralta-Peláez e
664 Moreno-Casasola, 2009; Moreno-Casasola et al., 2010; Durán-Suárez et al., 2011;
665 Pereira et al., 2012) e do sedimento (Clarke e Wharton, 2001; Costa e Henry, 2010;
666 Kisson et al., 2014), porém são poucos os trabalhos que avaliaram a toxicidade
667 ambiental causada por elementos-traço no ambiente (Küpper et al., 2007; Vardanyan et
668 al., 2008; Suwa et al., 2008).

669 Famílias como Cyperaceae, Gramineae, Leguminosae, Amaranthaceae e
670 Boraginaceae já são relatadas com relativa tolerância a efeitos ecotoxicológicos
671 (Kabata-Pendias e Pendias, 1992; Baker et al., 1994; Visoottiviseth et al., 2002) e como
672 essas famílias compõem clados representativos observados em floras aquáticas, esse
673 resultado indicou que o aumento na concentração de nutrientes ou elementos-traço no
674 meio potencialmente pode selecionar, positivamente ou negativamente, a (co)ocorrência
675 de determinados táxons. Essa interferência ambiental na diversidade e na regra de
676 montagem filogenética de uma assembleia também pode causar um potencial efeito de
677 reger maior tendência à cofamiliaridade dentre os táxons, que precisa ser melhor
678 explorada em estudos futuros.

679 Vale destacar que esse traço evolutivo de tolerância às concentrações de elementos-
680 traço ocorre em distintos clados botânicos, não necessariamente relacionados. Esse
681 caráter evoluiu mais de uma vez e de forma independente, mediante pressões e filtros
682 ecológicos seletivos, porém as razões evolutivas que facilitaram essa capacidade para a
683 bioacumulação nessas linhagens de plantas ainda são desconhecidas (Rascio e Navari-
684 Izzo, 2011).

685 E, por fim, o modelo climato-geográfico mostrou pouca explicação sobre as
686 variáveis filogenéticas. Vários pesquisadores já discutiram a importância dessas
687 variáveis na influência da produtividade (Mulholland et al., 1997; Santamaria e Van
688 Vierssen, 1997) e no grau de trofia (Mckee et al., 2002) para esses ecossistemas
689 límnicos. Porém, nossos resultados indicaram que essas características climato-
690 geográficas não explicam as variáveis biológicas analisadas, pois esses táxons
691 apresentam ampla distribuição geográfica e já estão bem adaptados a vários ecótipos
692 climáticos. A história natural dos ancestrais desses táxons, que surgiram e se
693 desenvolveram em cenários áridos e cálidos, passando, posteriormente, por diversos
694 câmbios climáticos nos últimos 65 milhões de anos (Soltis e Soltis 2004), pode explicar
695 esse modelo em que clima/geografia não impõe uma barreira na regra de montagem
696 filogenética nessas assembleias de plantas aquáticas tropicais.

697

698 **5. Conclusões**

699 Em termos filogenéticos, as plantas aquáticas do trecho tropical analisado, se
700 estruturam em assembleias que se diferenciam sazonalmente, compondo guildas com
701 tendência não cofamiliar, mais do que o esperado pelo acaso. Provavelmente, nem todos
702 os grupos devem apresentar homoplasias específicas para permanecerem com os efeitos

703 do distúrbio sazonal, o que regeu um novo rearranjo na regra de montagem das
704 assembleias causado pelas mudanças nas características de qualidade da água e do
705 sedimento. Esse resultado nos remete a regeitar a hipótese de “redundância” e de “ajuste
706 filogenético” para esse grupo.

707 Fatores climato-geográficos em geral parecem não exercer influencia preditora
708 sobre as relações evolutivas nas assembleias analisadas. Provavelmente, por esses
709 grupos já se encontrarem bem distribuídos e adaptados a uma ampla valência ecológica.
710 Porém, a qualidade de água e os atributos dos sedimentos, se mostraram bastante
711 eficientes para explicar a diversidade e a regra de montagem das assembleias de
712 plantas aquáticas analisadas.

713 Com os resultados desse trabalho, encorajamos o desenvolvimento de investigações
714 futuras, visem o monitoramento sazonal da estrutura filogenética de plantas aquáticas de
715 forma mais ampla e por um maior tempo para obtenção de conhecimentos sobre o limiar
716 que essa estrutura é alterada nas assembleias, além disso, verificar quais os grupos que
717 se coordenam dentro dos períodos de seca/chuva, àqueles que poderiam ser utilizados
718 como indicadores de mudanças ambientais ou, até mesmo, verificar um possível efeito
719 *turnover* ao longo do tempo nessas assembleias.

720

721 **Agradecimentos**

722 Esse estudo foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento ao Ensino Superior –
723 CAPES, através de bolsa sanduíche para o primeiro autor, e pelo Conselho Nacional de
724 Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Procs. 471603/2012–0,
725 304237/2015-9), concedidos à última autora. Ambos incentivos oriundos da política de
726 expansão científica proporcionada pelo governo Lula e Dilma Rousseff no Brasil.

727 **Referências**

- 728 Ackerley D., 2009. Conservatism and diversification of plant functional traits:
729 evolutionary rates versus phylogenetic signal. *Proceedings of the National*
730 *Academy of Sciences of the United States of America* 106, 19699–19706,
731 http://www.pnas.org/content/106/Supplement_2/19699.full.pdf.
- 732 AESA. 2015. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Dados
733 Meteorológicos Hídricos. Disponível em:
734 <http://www.aesa.pb.gov.br/meteoro/mapa_hidrografico_pb/index.html> (13
735 Janeiro 2015).
- 736 APHA. 2005. *Standard Methods for the examination of water and wastewaters*, 21th
737 edition, American Public Health Association, Washington, pp. 1360.
- 738 APG III (Angiosperm Phylogeny Group), 2009. An update of the Angiosperm
739 Phylogeny Group classification for orders and families of flowering plants.
740 *Botanical Journal of the Linnean Society* 161, 105-121, 10.1111/j.1095-
741 8339.2009.00996.x.
- 742 Armstrong, W., Braendle, R., Jackson, M.B., 1994. Mechanisms of flood tolerance in
743 plants. *Acta Botanica Neerlandica* 43, 307–358.
- 744 Bascompte, J., Jordano, P., 2006. The structure of plant-animal mutualistic networks.
745 In: Pascual, M. and Dunne, J. (eds.). *Ecological networks*. Oxford University
746 Press, Oxford, US, 143-159.
- 747 Baker, A.J.M., McGrath, S.P., Sidoli, C.M.D., Reeves, R.D., 1994. The Possibility of
748 in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal-
749 accumulating plants. *Resources, Conservation and Recycling* 11, 41-49,
750 10.1016/0921-3449(94)90077-9.

751 Bell, C.D., Soltis, D.E., Soltis, P.S., 2010. The age and diversification of the
752 angiosperms re-revisited. *American Journal of Botany* 97, 1296-1303,
753 10.3732/ajb.0900346.

754 Bornette, G., Puijalon, S., 2011. Response of aquatic plants to abiotic factors: a
755 review. *Aquatic Sciences* 73, 1-14, 10.1007/s00027-010-0162-7.

756 Boschilia, S.M., Oliveira, E.F., Thomaz, S.M. 2008. Do aquatic macrophytes co-occur
757 randomly? An analysis of null models in a tropical floodplain. *Oecologia* 156,
758 203–214, 10.1007/s00442-008-0983-4.

759 Braedle, R., Crawford, R.M.M., 1999. *Plants as amphibians*. Urban & Fischer Verlag
760 2, 56-78.

761 Brasil. Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, nº 357, de 17 de
762 Março de 2005. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, p. 58-63.

763 Bridson, D., Forman, L., 2004. *The Herbarium Handbook*. The Royal Botanic Garden.
764 Kew, 3. ed., p. 334.

765 Cavender-Bares, J., Keen, A., Miles, B., 2006. Phylogenetic structure of Floridian plant
766 communities depends on taxonomic and spatial scale. *Ecology* 87, 109-122,
767 10.1890/0012-9658(2006)87[109:PSOFPC]2.0.CO;2.

768 Chambers, P.A., Lacoul, P., Murphy, K.J., Thomaz, S.M., 2008. Global diversity of
769 aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia* 595, 9–26, 10.1007/s10750-
770 007-9154-6.

771 Charalambidou, I., Santamaría, L., Jansen, C., Nolet, B.A., 2005. Digestive plasticity
772 in Mallard ducks modulates dispersal probabilities of aquatic plants and
773 crustaceans. *Functional Ecology* 19, 513-519, 10.1111/j.1365-2435.2005.00998.x.

774 Cidade-Brasil, 2012. Cidades do Brasil. Disponível em: <[http://www.cidade-](http://www.cidade-brasil.com.br/)
775 [brasil.com.br/](http://www.cidade-brasil.com.br/)>(15 Janeiro 2015).

776 Climate-Date.Org, 2015. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/>>(15 Janeiro
777 2015).

778 Correa, S.B., Winemiller, K.O., López-Fernández, H., Galetti, M., 2007.
779 Evolutionary perspectives on seeds consumption and dispersal by fishes.
780 *Bioscience* 57, 748-756.

781 CRIA (Centro de Referência em Informação Ambiental), 2017. Species Link.
782 Disponível em: <<http://www.splink.org.br/index?lang=pt>>(16 Janeiro 2015).

783 Durán-Suárez, L.R., Terneus-Jácome, H.E., Gavilán-Díaz, R.A., Posada-García, J.A.,
784 2011. Composición y estructura de un ensamble de plantas acuáticas vasculares de
785 una represa alto andina (Santander), Colombia. *Actualidades Biológicas* 33, 51-
786 68, <https://doaj.org/article/cb6cb9f6a3a64f538dbbac589261bc36>.

787 Epstein, E., Bloom, A. J., 2004. Mineral nutrition of plants: principles
788 and perspectives. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, p. 400.

789 Forzza, R.C., Leitman, P.M., Costa, A.F., Carvalho JR., A.A., Peixoto, A.L., Walter,
790 B.M.T., Bicudo, C., Zappi, D., Costa, D.P., Lleras, E., Martinelli, G., Lima, H.C.,
791 Prado, J., Stehmann, J.R., Baumgratz, J.F.A., Pirani, J.R., Sylvestre, L., Maia,
792 L.C., Lohmann, L.G., Queiroz, L.P., Silveira, M., Coelho, M.N., Mamede, M.C.,
793 Bastos, M.N.C., Morim, M.P., Barbosa, M.R., Menezes, M., Hopkins, M., Secco,
794 R., Cavalcanti, T.B., Souza, V.C., 2013. Lista de espécies da flora do Brasil.
795 Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:
796 <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/listaBrasil/>>(08 Dezembro 2015).

797 Flynn, D.F.B., Mirotchnick, N., Jain, M., Palmer, M.I., Naeem, S., 2011. Functional
798 and phylogenetic diversity as predictors of biodiversity-ecosystem function
799 relationships. *Ecology* 92, 1573–1581,
800 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/10-1245.1/pdf>.

801 França, F., Melo, E., Góes-Neto, A., Araújo, D., Bezerra, M.G., Ramos, H.M., Castro,
802 I., Gomes, D., 2003. Flora vascular de açudes de uma região do semi-árido da
803 Bahia, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 17, 549-559,
804 <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062003000400008>.

805 Genung, M.A., Schweitzer, J.A., Bailey, J.K., 2014. Evolutionary history determines
806 how plant productivity responds to phylogenetic diversity and species richness.
807 *PeerJ* 288, 1-14, 10.7717/peerj.288.

808 Global Biodiversity Information Facility. 2015. Free and Open Access to Biodiversity
809 Data. Disponível em: <[http:// www.gbif.org/](http://www.gbif.org/)>. (12 Dezembro 2015).

810 Global Invasive Species Database. 2015. Standard search. Disponível em:
811 <<http://www.issg.org/database/1>>. (3 Setembro 2015).

812 Gotelli, N.J., McCabe, D.J., 2002. Species co-occurrence: a metaanalysis of J. M.
813 Diamond's assembly rules model. *Ecology* 83, 2091–2096, 10.2307/3072040.

814 Guridi, X.M., Retana, A.N., Torres, A.C., 2004. Flora y vegetación acuáticas del lago
815 de Zirahuén, Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 68, 1–38,
816 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57406801>.

817 Hrivnák, R., Ořahel'ová, H., Gömöry, D. Seasonal dynamics of macrophyte
818 abundance in two regulated streams. *Central European Journal of Biology* 4, 241–
819 249, 10.2478/s11535-009-0004-6.

820 Jiang, X., Teng, T., Xu, W., Liu, X., 2014. Distribution and pollution assessment of
821 heavy metals in surface sediments in the Yellow Sea. *Marine Pollution Bulletin*
822 83: 366-375, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.03.020>.
823 Jstor Plant Science. 2015. JSTOR Plant Science. Disponível em:
824 <<http://plants.jstor.org>>. (3 Setembro 2015).
825 Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 1992. Trace elements in soils and plants. 2.ed. Boca
826 Raton: CRC Press, p. 403.
827 Kufner, D.C.L., Scremin-Dias, E., Guglieri-Caporal, A., 2011. Composição florística e
828 variação sazonal da biomassa de macrófitas aquáticas em lagoa de meandro do
829 Pantanal. *Rodriguesia*62, 803–812, [rodriguesia-](http://rodriguesia-seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/314/128)
830 [seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/314/128](http://rodriguesia-seer.jbrj.gov.br/index.php/rodriguesia/article/view/314/128).
831 Küpper H., Parameswaran A., Leitenmaier B., Trtílek M., Setlík I. 2007. Cadmium-
832 induced inhibition of photosynthesis and long-term acclimation to cadmium stress
833 in the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. *New Phytologist*, 655-674,
834 <http://10.1111/j.1469-8137.2007.02139.x>.
835 Lacoul P., Freedman B., 2006. Environmental influences on aquatic plants in
836 freshwater ecosystems. *Environmental Reviews* 14, 89–136, 10.1139/a06-001.
837 Les, D.H., Crawford, D.J., Kimball, R.T., Moody, M.L. Landolt, E., 2003.
838 Biogeography of discontinuously distributed hydrophytes: a molecular appraisal
839 of intercontinental disjunctions. *International Journal of Plant Sciences* 164, 917–
840 932,
841 [http://hydrodictyon.eeb.uconn.edu/people/les/Manuscript_Files/IJPS_164\(917\)%5](http://hydrodictyon.eeb.uconn.edu/people/les/Manuscript_Files/IJPS_164(917)%5B2003%5D.pdf)
842 [B2003%5D.pdf](http://hydrodictyon.eeb.uconn.edu/people/les/Manuscript_Files/IJPS_164(917)%5B2003%5D.pdf).

843 Machado-Filho, H.O., Cabral, L.L., Melo, J.I.M., Zickel, C.S., Moura, A.N., 2014.
844 Macrófitas aquáticas da região neotropical: uma abordagem cientométrica.
845 Revista Biociências 20, 90-106, [http://periodicos.unitau.br/ojs-](http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/biociencias/article/viewFile/1958/1431)
846 [2.2/index.php/biociencias/article/viewFile/1958/1431](http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/biociencias/article/viewFile/1958/1431).

847 McCullach, P., Nelder, J.A. 1989. Generalized linear models. Chapman and Hall,
848 London.

849 Mckee, D., Hatton, K., Eaton, J.W., Atkinson, D. Atherton, A., Harvey, I., Moss, B.,
850 2002. Effects of simulated climate warming on macrophytes in freshwater
851 microcosm communities. Aquatic Botany 74, 71–83,
852 [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3770\(02\)00048-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3770(02)00048-7).

853 Moreno-Casasola, P., Cejudo-Espinosa, E., Capistrán-Barradas, A., Infante-Mata, D.,
854 López-Rosas, H., Castillo-Campos, G., Pale-Pale, J. Campos-Cascaredo, A., 2010.
855 Composición florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos emergentes
856 en la planicie costera central de Veracruz, México. Boletín de la Sociedad
857 Botánica de México 87, 29-50,
858 <http://www.scielo.org.mx/pdf/bsbm/n87/n87a3.pdf>.

859 Mouillot, D., Gaillard, S., Aliaumea, C., Verlaque, M., Belsher, T., Troussellier, M.,
860 Chi, T.D., 2005. Ability of taxonomic diversity indices to discriminate coastal
861 lagoon environments based on macrophyte communities. Ecological Indicators 5,
862 1-17, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2004.04.004>.

863 Mulholland, P.J., Best, G.R., Coutant, C.C., Hornberger, G.M., Meyer, J.L., Robinson,
864 P.J., Stenberg, J.R., Turner, R.E., Vera-Herrera, F., Wetzel, R.G., 1997. Effects of
865 climate change on freshwater ecosystems of the southeastern United States and

866 the gulf coast of Mexico. *Hydrological Processes* 11, 949–970,
867 10.1002/(SICI)1099-1085(19970630)11:8<949::AID-HYP513>3.0.CO;2-G.

868 Padial, A.A., Bini, L.M., Thomaz, S.M., 2008. The study of aquatic macrophytes in
869 Neotropics: a scientometrical view of the main trends and gaps. *Brazilian Journal*
870 *of Biology* 68, 1051-1059, <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000500012>.

871 Peralta-Peláez, L.A., Moreno-Casasola, P., 2009. Composición florística y diversidad
872 de la vegetación de humedales en los lagos interdunarios de Veracruz. *Boletín de*
873 *la Sociedad Botánica de México* 85, 89-101,
874 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57712090009>.

875 Pereira, S.A., Trindade, C.R.T., Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., 2012. Aquatic
876 macrophytes as indicators of water quality in subtropical shallow lakes, Southern
877 Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 24, 52-63, [http://dx.doi.org/10.1590/S2179-](http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2012005000026)
878 [975X2012005000026](http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2012005000026).

879 Outtridge, P.M., Noller, B.N., 1991. Accumulation of toxic trace elements by
880 freshwater vascular plants. *Reviews of Environmental Contamination and*
881 *Toxicology* 121, 1-63, 10.1007/978-1-4612-3196-7_1.

882 Robledo-Arnuncio, J.J., Klein, E.K., Muller-Landau, H.C., Santamaría, L., 2014.
883 Space, time and complexity in plant dispersal ecology. *Movement Ecology* 2, 1-
884 17, 10.1186/s40462-014-0016-3.

885 Sabino, J.H.F., Araújo, E.S., Cotarelli, V.M., Siqueira-Filho, J.A., Campelo, M.J.A.,
886 2015. Riqueza, composição florística, estrutura e formas biológicas de macrófitas
887 aquáticas em reservatórios do semiárido nordestino, Brasil. *Natureza On Line* 13,
888 184-194.

889 Santamaria, L., van Vierssen, W., 1997. Photosynthetic temperature responses of
890 fresh- and brackish-water macrophytes: a review. *Aquatic Botany* 58, 135–150,
891 10.1016/S0304-3770(97)00015-6.

892 Santamaría, L., 2002. Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal
893 clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment. *Acta*
894 *Oecologia* 23, 137-154, [http://dx.doi.org/10.1016/S1146-609X\(02\)01146-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1146-609X(02)01146-3).

895 Santamaría, L., Klaassen, M., 2002. Waterbird-mediated dispersal of aquatic
896 organisms: An introduction. *Acta Oecologica* 23, 115–119, 10.1016/S1146-
897 609X(02)01144-X.

898 Scuthorpe, C.D. The biology of aquatic vascular plants. London: Edward Arnold,
899 1967. 610 p.

900 Soltis, P.S., Soltis, D.E., 2004. The origin and diversification of angiosperms.
901 *American Journal of Botany* 91, 1614–1626, 10.3732/ajb.91.10.1614.

902 Suwa, R.; Jayachandran, K.; Nguyen T. N.; Boulenouar. A.; Fujita, K.; Saneoka, H.,
903 2008. Barium Toxicity Effects in Soybean Plants. *Archives of Environmental*
904 *Contamination and Toxicology* 27, 397-403, 10.1007/s00244-008-9132-7.

905 Terneus, E., 2007. Las plantas acuáticas en el sistema lacustre-riberino lagartococha,
906 reserva de producción faunísticacuyabeno, ecuador. *Actualidades Biológicas* 29,
907 97-
908 106, [http://matematicas.udea.edu.co/~actubiol/actualidadesbiologicas/raba2007v29](http://matematicas.udea.edu.co/~actubiol/actualidadesbiologicas/raba2007v29n86art8.pdf)
909 [n86art8.pdf](http://matematicas.udea.edu.co/~actubiol/actualidadesbiologicas/raba2007v29n86art8.pdf).

910 The Plant List, 2013. A working list of all plants species, Royal Botanic Gardens, Kew
911 and Missouri Botanical Garden. Available in: <http://www.theplantlist.org/> (12
912 December 2013).

913 Thiers, B., 2015 [continuously updated]. Index Herbariorum: a global directory of
914 public herbaria and associated staff. New York Botanical Gardens Virtual
915 Herbarium. Disponível em <<http://sweetgum.nybg.org/ih>> (27 maio 2015).

916 Tukey, J.W., 1953. The problem of the multiple comparisons. Unpublished
917 manuscript, Princeton University.

918 USERPA –United States Environmental Protection Agency. Method 3051a -
919 Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. 1998.
920 Available in: <http://www.epa.gov/SW-846/pdfs/3051a.pdf>. (27 de January 2013).

921 Vadstrup, M., Madsen, T.V., 1995. Growth limitation of submerged aquatic
922 macrophytes by inorganic carbon. *Freshwater Biology* 34, 411-419,
923 10.1111/j.1365-2427.1995.tb00899.x.

924 Van der Pijl, L., 1982. Principles of dispersal in higher plants. 3. ed. Springer-Verlag.
925 New York, p. 218.

926 Vander, W.S.B., Longland, W.S., 2005. Diplochory and the evolution of seed
927 dispersal. In: Forget et al., editors. Seed fate: predation, dispersal and seedling
928 establishment. CABI publishing, Cambridge, MA.

929 Visoottiviseth, P., Francesconi, K.; Sridokchan, W. 2002. The potencial of Thai
930 indigenous plant species for the phytoremediation of Arsenic contaminated land.
931 *Environmental Pollution* 118, 453-461.

932 Webb, C.O. 2000. Exploring the phylogenetic structure of ecological communities: an
933 example for rain forest trees. *The American Naturalist* 56, 145-155,
934 <http://www2.bren.ucsb.edu/~kendall/supertree/examples/Webb200AmNat.pdf>.

935 Webb, C.O., Ackerly, D.D., Kembel, S.W., 2008. Phylocom: software for the analysis
936 of community phylogenetic structure and trait evolution. Version 4.1
937 <http://www.phylodiversity.net/phylocom/> (28 Agosto 2015).

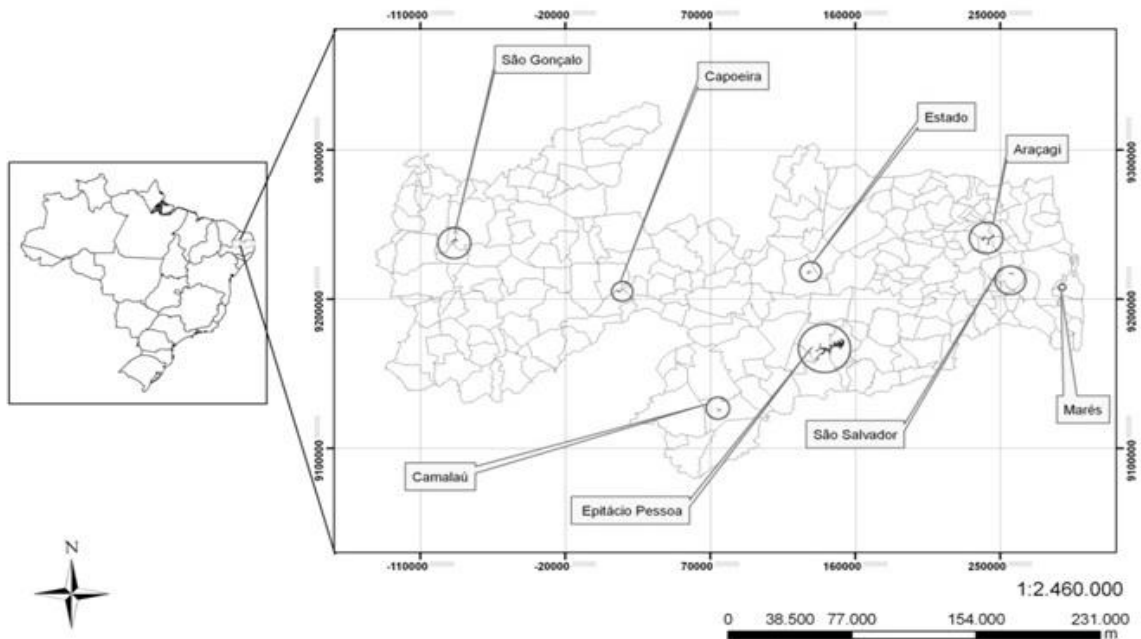
938 Webb, C.O., Donoghue, M.J., 2005. Phylomatic: tree assembly for applied
939 phylogenetics. *Molecular Ecology* 5, 181-183, 10.1111/j.1471-
940 8286.2004.00829.x.

941 Weiser, M.D., Enquist¹, B.J., Boyle, B., Killeen, T.J., Jørgensen, P.M., Fonseca, G.,
942 Jennings, M.D., Kerkhoff, A.J., Lacher Jr, T. E., Monteagudo, A., Núñez Vargas,
943 M.P., Phillips, O.L., Swenson, N.G., Vásquez Martínez, R., 2007. Latitudinal
944 patterns of range size and species richness of New World woody plants. *Global
945 Ecology and Biogeography* 16, 679 – 688, 10.1111/j.1466-8238.2007.00323.x.

946 Willig, M.R., Kaufman, D.M., Stevens, R.D., 2003. Latitudinal gradients of
947 biodiversity: pattern, process, scale, and synthesis. *Annual Review of Ecology and
948 Systematics* 34, 273–309, 10.1146/annurev.ecolsys.34.012103.144032.

949 Whittaker, R.J., Willis K.J., Field R., 2001. Scale and species richness: towards a
950 general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography* 28,
951 453–470, 10.1046/j.1365-2699.2
952

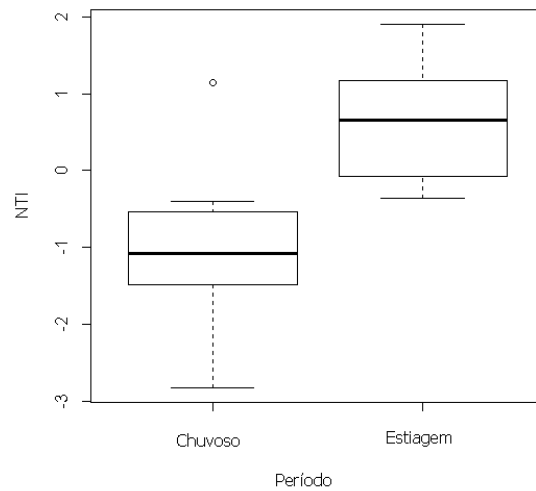
Geographic Coordinate System: GCS South American 1969
Datum: South American 1969
Prime Meridian: Greenwich
Angular Unit: Degree



953

954 **Fig. 1.** Mapa do estado da Paraíba (Nordeste do Brasil), com destaque para a localização dos oito
955 reservatórios estudados: Araçagi, Camalaú, Capoeira, Epitácio Pessoa, Estado, Marés, São Gonçalo e São
956 Salvador.

957



958

959 **Fig. 2.** Relação sazonal com a métrica de estrutura filogenética NTI, indicando a ocorrência de famílias
960 distintas entre os períodos chuvoso e seco.

961

962 **Tabela 1-** Médias das variáveis abióticas e resultados da ANOVA para as dimensões espaço-temporal em
 963 reservatórios das regiões Litoral (L), Borborema (B) e Sertão (C) da Paraíba (Nordeste do Brasil) nos
 964 períodos de estiagem e chuva.

Variáveis Abióticas	Und	Estiagem			Chuvoso			Estatística		
		L	B	S	L	B	S	F _{sazonal}	F _{espacial}	
Climato-geográficas	Temperatura do ar	°C	26,6	24,6	27,6	23,3	20,8	24,2	91,8	25,4^{a,b,a}
	Pluviosidade	mm	23,7	3,3	2,5	213,3	106,0	220,0	65,0	4,2^{a,b,ab}
	Insolação	h/a	251,9	249,2	278,6	197,2	211,3	241,5	17,9	3,8
	Umidade	%	74,6	59,8	46,3	81,0	72,0	69,0	6,8	5,4^{a,ab,b}
	Volumex(10 ⁴)	m ³	68,8	49,5	5,0	75,2	59,3	9,5	0,0 [†]	0,7
	Continentalidade	km	38,9	177,1	323,5	38,9	177,1	323,5	0,0	63,8^{a,b,c}
Sedimento	Carbono	mgL ⁻¹	25,1	23,9	32,1	22,8	33,5	28,4	0,1	0,5
	Nitrogênio	mgL ⁻¹	0,6	1,0	0,8	0,5	1,1	0,9	0,0 [†]	0,5
	Condutividade	µS/cm	731,6	796,1	453,7	609,1	527,4	216,7	0,4	0,3
	pH	mgL ⁻¹	6,8	6,9	5,6	6,0	7,4	5,9	0,0 [†]	2,6
	Dureza	mgL ⁻¹	166,0	291,3	134,4	262,5	392,7	243,0	1,2	1,3
	Fósforo	mgL ⁻¹	19,5	22,5	4,9	13,0	21,8	4,5	0,1	0,9
	Cádmio	mgL ⁻¹	0,0 [†]	0,0 [†]	ND	0,0 [†]	0,0 [†]	0,1	1,1	2,0
	Cobre	mgL ⁻¹	2,1	0,4	0,2	0,3	0,3	0,4	0,9	0,7
	Bário	mgL ⁻¹	3,3	3,3	2,8	5,7	3,3	2,9	0,3	0,3
	Manganês	mgL ⁻¹	8,9	10,3	5,6	10,9	8,4	7,7	0,0 [†]	0,2
	Chumbo	mgL ⁻¹	0,6	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,7	0,5
	Cromo	mgL ⁻¹	0,4	0,6	1,0	0,9	0,8	0,5	0,9	0,2
	Antimônio	mgL ⁻¹	0,1	0,0 [†]	0,0 [†]	0,0 [†]	0,0 [†]	0,1	1,0	0,4
	Níquel	mgL ⁻¹	0,3	0,4	0,6	0,5	0,6	0,2	0,1	0,2
	Zinco	mgL ⁻¹	0,6	1,0	0,7	0,8	1,1	0,7	0,3	1,2
Água	Condutividade	µS/cm	793,9	4425,8	226,9	553,6	7242,1	187,2	0,1	1,9
	pH	mgL ⁻¹	7,6	7,6	6,0	5,8	7,6	8,3	0,0 [†]	0,9
	Dureza	mgL ⁻¹	1052,7	2551,3	1280,0	1583,3	26023,3	1000,8	1,1	0,7
	Fósforo	mgL ⁻¹	0,3	0,3	ND	ND	0,3	0,5	ND	0,3
	Cádmio	mgL ⁻¹	ND	0,0 [†]	ND	ND	0,0 [†]	ND	0,5	1,2
	Cobre	mgL ⁻¹	0,2	0,0 [†]	0,0 [†]	ND	0,0 [†]	0,0 [†]	1,2	0,5
	Bário	mgL ⁻¹	0,4	0,9	0,1	0,1	0,8	0,3	0,1	1,4
	Manganês	mgL ⁻¹	0,0 [†]	0,0 [†]	0,0 [†]	0,0 [†]	0,0 [†]	0,0 [†]	2,7	2,1
	Chumbo	mgL ⁻¹	0,0 [†]	0,0 [†]	0,0 [†]	0,0 [†]	ND	0,0 [†]	2,4	0,3
	Cromo	mgL ⁻¹	0,0 [†]	0,0 [†]	ND	ND	ND	ND	1,0	0,8
	Antimônio	mgL ⁻¹	ND	0,0 [†]	0,0 [†]	ND	0,0 [†]	ND	2,0	0,8
	Níquel	mgL ⁻¹	0,1	0,0 [†]	0,0 [†]	0,0 [†]	0,0 [†]	0,0 [†]	1,3	0,5
Zinco	mgL ⁻¹	0,0 [†]	0,0 [†]	ND	ND	0,0 [†]	0,0 [†]	0,4	0,6	

965 (Nota: a) Resultados em negrito indicam valores significativos para $p < 0,05$; b) As notações “a”, “b” e “c” são
966 referentes as diferenças espaciais entre as regiões estabelecidas pelo teste de Tukey; c) † Valores abaixo de 0,01; d)
967 ND=não detectável.

968 **Tabela 2-** Riqueza, métricas filogenéticas e resultados da ANOVA, para as dimensões espaço-temporal, dos reservatórios analisadas da Paraíba (Nordeste do Brasil).

Métricas Filogenéticas	Reservatórios																Estatística	
	Litoral				Borborema				Sertão				F _{sazonal}	F _{espacial}				
	Marés		São Salvador		Araçagi		Epitácio Pessoa		Estado		Camalaú				Capoeira		São Gonçalo	
S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C			
Riqueza	9	18	39	14	23	25	43	18	4	12	29	39	22	36	25	19	0,057	0,127
MPD	246,0	250,0	266,0	248,0	251,0	246,0	247,0	243,0	150,0	241,0	247,0	260,0	254,0	249,0	253,9	260,3	0,637	1,247
MNTD	103,4	98,1	143,0	87,6	99,0	112,0	103,4	98,1	159,7	92,0	97,0	121,3	112,0	96,4	112,3	121,3	1,435	0,076
NRI	0,1	2,6	-1,9	0,8	0,6	-0,1	-0,1	2,6	-1,6	2,6	2,6	-0,8	0,04	1,5	0,05	-0,8	1,794	0,255
NTI	-1,5	1,9	1,14	-0,36	-0,4	0,5	1,55	-1,5	0,16	-1,5	-0,3	-0,7	0,8	-2,8	0,8	-0,7	9,772	0,701

969 (Nota: a) MPD = *Distância Filogenética Média Par-a-Par*; NRI = *Índice do Parentesco Líquido*; MNTD = *Distância Filogenética Média do Vizinho mais Próximo*; NTI =
 970 *Índice do Tâxon mais Cercano*; b) Resultados em negrito indicam valores significativos para $p < 0,05$.

971 **Tabela 3-** Riqueza e métricas filogenéticas dos reservatórios analisados da Paraíba (Nordeste do Brasil).
 972 (Note: r = Riqueza; MPD = *Mean Pairwise Distance*; NRI = *Net Relatedness Index*; MNTD = *Mean*
 973 *Nearest Neighbor Distance*; NTI = *Nearest Taxon Index*).

Reservatórios	Estação	r	MPD	NRI	MNTD	NTI
Marés	S	9	246,00	0,10	103,42	-1,49
	C	18	250,00	2,56	98,07	1,90
São Salvador	S	39	266,00	-1,85	142,97	1,14
	C	14	248,00	0,83	87,62	-0,36
Araçagi	S	23	251,00	0,60	99,00	-0,40
	C	25	246,00	-0,10	111,77	0,50
Epi. Pessoa	S	43	247,00	-0,08	103,42	1,55
	C	18	243,00	2,56	98,07	-1,49
Estado	S	4	150,00	-1,58	159,68	0,16
	C	12	241,00	2,56	92,00	-1,49
Camalaú	S	29	247,00	2,56	97,00	-0,30
	C	39	260,27	-0,75	121,25	-0,67
Capoeira	S	22	254,00	0,04	111,77	0,80
	C	36	249,42	1,51	96,40	-2,82
São Gonçalo	S	25	253,85	0,05	112,26	0,80
	C	19	260,27	-0,75	121,25	-0,67

974 **Tabela 3-** Modelos preditivos(GLM) que influencia a riqueza e as métricas filogenéticas Brasil).

Variáveis Abióticas	Riqueza		MPD		MNTD		NRI		NTI	
Modelo Clima-Geográfico										
Parcimônia/Explicabilidade	AIC=160,82; R ² =0,2		AIC=151,93; R ² =0,26		AIC=140,44; R ² =0,24		AIC=58,691; R ² =0,22		AIC=49,7;R ² =0,54	
	Estimador	<i>p</i> -valor	Estimador	<i>p</i> -valor	Estimador	<i>p</i> -valor	Estimador	<i>p</i> -valor	Estimador	<i>p</i> -valor
Intercepto	4,004	<0,001	226,83	0,003	41,511	0,226	5,543	0,047	-4,575	0,164
Temperatura do Ar	0,067	0,040	5,720	0,116	–	–	–	–	0,220	0,094
Pluviosidade	-0,001	0,082	–	–	–	–	–	–	-0,005	0,087
Insolação	-0,010	<0,001	-0,510	0,057	0,289	0,0546	-0,021	0,067	–	–
Umidade	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Volume	<0,001	0,070	–	–	–	–	–	–	–	–
Continentalidade	0,001	0,011	–	–	–	–	–	–	-0,002	0,185
Modelo Sedimento										
Parcimônia/Explicabilidade	AIC=101,17; R ² =0,79		AIC=130,94; R ² =0,935		AIC=132,93; R ² =0,893		AIC=15,574; R ² =989		AIC=66,85; R ² =0,01	
	Estimador	<i>p</i> -valor	Estimador	<i>p</i> -valor	Estimador	<i>p</i> -valor	Estimador	<i>p</i> -valor	Estimador	<i>p</i> -valor
Intercepto	1,632	<0,001	190,31	<0,001	3,146	0,970	-3,147	0,695	231,1	0,083
Carbono	0,025	<0,001	–	–	3,295	0,128	-0,361	0,086	4,195	0,037
Nitrogênio	1,098	<0,001	38,360	0,018	-18,73	0,305	3,658	0,223	-70,85	0,060
Condutividade	0,001	<0,001	0,070	0,005	-0,007	0,746	-0,001	0,303	-3,500	0,511
pH	–	–	–	–	–	–	2,905	0,230	-45,51	0,080
Dureza	0,004	<0,001	0,150	0,120	-0,216	0,216	0,013	0,188	-0,222	0,060
Fósforo	-0,016	0,001	-1,050	0,071	1,612	0,177	-0,128	0,145	2,156	0,043
Cádmio	–	–	305,63	0,083	21,04	0,918	16,53	0,800	-369,0	0,095

Cobre	–	–	-27,70	0,200	17,33	0,483	3,473	0,361	-66,38	0,104
Bário	0,271	<0,001	16,01	0,006	-11,99	0,106	0,873	0,141	-17,57	0,040
Manganês	-0,097	<0,001	-6,760	0,007	6,958	0,101	-0,598	0,980	8,758	0,033
Chumbo	–	–	136,270	0,161	-76,8	0,583	-17,48	0,326	294,3	0,104
Cromo	–	–	–	–	98,200	0,222	-3,636	0,383	31,23	0,241
Níquel	–	–	55,610	0,055	-19,92	0,125	11,17	0,166	-142,6	0,066
Zinco	-2,470	<0,001	-97,430	0,033	83,93	0,200	-8,482	0,187	169,5	0,050

Modelo Água

Parcimônia/Explicabilidade	AIC=100,95; R ² =0,862		AIC=51,364; R ² =0,999		AIC=50,086; R ² =0,894		AIC=48,008; R ² =0,87		AIC=27,159; R ² =0,97	
	Estimador	<i>p</i> -valor	Estimador	<i>p</i> -valor	Estimador	<i>p</i> -valor	Estimador	<i>p</i> -valor	Estimador	<i>p</i> -valor
Intercepto	4,138	<0,001	254,9	<0,001	2,401	0,245	3,817	0,118	-5,523	0,174
Condutividade	<0,001	<0,001	-0,018	0,004	<0,001	0,452	<0,001	0,248	-0,001	0,204
pH	-0,241	0,0370	-0,732	0,603	-0,282	0,363	-0,591	0,143	1,193	0,168
Dureza	<0,001	<0,001	0,0003	0,086	<0,001	0,97	0,0002	0,411	<0,001	0,168
Fósforo	3,562	<0,001	47,55	0,053	–	–	2,834	0,176	-6,548	0,349
Cádmio	-20660	<0,001	89900	89900	-1343	0,941	-17830	0,319	76440	0,144
Cobre	-278,5	0,001	-7554	0,018	-3,451	0,620	–	–	-912,4	0,202
Bário	–	–	22,09	0,031	-2,035	0,121	-2,954	0,063	3,591	0,197
Manganês	-12,01	0,005	-65,84	0,167	34,54	0,138	30,82	0,150	-15,12	0,407
Chumbo	–	–	-1455	0,055	-5,918	0,924	51,07	0,312	-489,5	0,099
Cromo	941,0	<0,001	-5478	0,251	6,387	0,994	809,1	0,332	-3827	0,14
Antimônio	–	–	55,9	0,304	–	–	–	–	24,65	0,327
Níquel	629,1	0,001	17710	0,018	–	–	-20,16	0,224	2213	0,192
Zinco	19,66	0,034	1281	0,071	54,79	0,251	–	–	388,7	0,149

975 (Nota: Resultados em negrito indicam valores significativos para $p < 0,05$)

976 MATERIAL SUPLEMENTAR

977 **Tabela 1-** Caracterização ambiental média do período amostrado nos reservatórios avaliados neste
 978 estudo, destacando temperatura anual média (Temp.), insolação anual média (Ins.) pluviosidade anual
 979 média (Pluv.), umidade relativa do ar em média (Umid.), volume do reservatório (Vol.) e continentalidade
 980 (Cont.).

Região	Reservatórios	Estação	Temp. (°C)	Ins. (h/a)	Pluv. (mm)	Umid. (%)	Vol. (m ³)	Cont. (km)
Litoral	Marés	S	26,4	251,9	37,0	74,6	19x10 ⁵	13,09
		C	23,4	197,2	314,0	81,0	20x10 ⁵	13,09
	São Salvador	S	26,1	251,9	18,0	74,6	11x10 ⁴	41,67
		C	22,8	197,2	161,0	81,0	12x10 ³	41,67
	Araçagi	S	27,3	251,9	16,0	74,6	55x10 ³	61,89
		C	23,6	197,2	165,0	81,0	60x10 ³	61,89
Borborema	E. Pessoa	S	25,1	227,6	4,0	79,8	12x10 ⁵	145,67
		C	21,5	175,6	85,0	86,0	15x10 ⁵	145,67
	Estado	S	24,0	285,1	2,0	54,0	25x10 ³	164,0
		C	20,6	244,2	104,0	68,0	49x10 ³	164,0
	Camalaú	S	24,8	235,0	4,0	45,7	21x10 ⁴	221,63
		C	20,3	214,0	129,0	62,0	23x10 ⁴	221,63
Sertão	Capoeira	S	26,8	276,9	1,0	47,2	20x10 ³	282,48
		C	23,3	240,1	213,0	69,0	60x10 ³	282,48
	São Gonçalo	S	28,4	280,2	4,0	45,4	80x10 ³	364,54
		C	25,1	242,8	127,0	69,0	13x10 ⁴	364,54

981 S= Estação Seca; C=Estação Chuvosa

982 **Tabela 2-** Tabela de atributos químicos da água dos reservatórios analisados no estado da Paraíba (Nordeste do Brasil), nos períodos de seca (S) e Chuva (C), comparando os
 983 resultados encontrados com os padrões de qualidade de água e equilíbrio da biota aquática estabelecidos pela legislação ambiental brasileira do CONAMA, Resolução nº
 984 357/05.

Atributos Físico-Químicos	Unidade	Reservatórios e Períodos Sazonais																Resolução CONAMA nº 357/05	
		Litoral						Borborema						Sertão					
		Marés		São Salvador		Araçagi		Epitácio Pessoa		Estado		Camalaú		Capoeira		São Gonçalo			
		S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C		
Águas	pH	-	6,66	4,0	8,2	6,0	8,0	7,3	8,58	7,0	8,18	7,5	6,0	8,37	5,03	8,44	7,02	8,06	6-9
	Condutividade	µS/cm	207	104	1173	587	1000	970	1666	1111	10844	19465	767	1150	238	119	215	255	-
	Nitrogenio Total	mgL ⁻¹	0,7	0,6	0,12	0,8	0,13	0,9	0,32	0,33	0,05	0,25	1,11	1,1	0,68	0,67	0,12	0,25	-
	Fósforo Total	mgL ⁻¹	2	NQ*	40	NQ	40	NQ	80	NQ	10	NQ	NQ	90	NQ	50	NQ	50	0,02
	Cálcio	mgL ⁻¹	1500	90	1650	170	5	280	3450	290	19	2300	200	450	150	500	1600	1,6	-
	Magnésio	mgL ⁻¹	NQ	160	NQ	1300	3	3200	1650	3710	84	68620	2250	2700	810	1500	NQ	0,05	-
	Ca ⁺⁺ & Mg ⁺⁺	mgL ⁻¹	1500	250	1650	1470	8	3480	5100	4000	103	71320	2450	3150	960	2000	1600	1,65	-
	Cádmio	mgL ⁻¹	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	0,001
	Cobre	mgL ⁻¹	0,469	NQ	0,05	NQ	NQ	NQ	0,05	NQ	0,05	NQ	NQ	0,05	NQ	0,05	0,05	0,05	0,009
	Bário	mgL ⁻¹	0,16	0,05	0,99	0,14	0,1	0,1	0,11	0,13	2,43	1,25	0,07	0,98	0,06	0,03	0,04	0,61	0,7
	Manganês	mgL ⁻¹	0,01	0,03	NQ	0,02	0,01	0,01	NQ	0,06	0,03	0,06	0,01	NQ	0,01	NQ	NQ	NQ	0,01
	Chumbo	mgL ⁻¹	0,02	NQ	0,01	NQ	NQ	NQ	0,02	NQ	0,02	NQ	NQ	NQ	NQ	0,03	0,01	0,01	0,01
	Cromo	mgL ⁻¹	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	0,05
	Antimônio	mgL ⁻¹	NQ	0,01	NQ	0,05	NQ	0,03	NQ	0,04	NQ	0,03	0,05	0,01	0,03	NQ	NQ	NQ	0,005
	Níquel	mgL ⁻¹	0,2	NQ	NQ	0,2	NQ	NQ	0,02	NQ	0,02	NQ	NQ	0,02	NQ	0,02	0,02	0,02	0,025
Zinco	mgL ⁻¹	0,03	NQ	NQ	0,01	NQ	NQ	0,09	NQ	NQ	0,01	NQ	0,02	NQ	0,03	NQ	NQ	0,18	

985

986 *NQ=Não Quantificável, fração não detectada pelo equipamento utilizado;**O padrão de comparação foi
987 a classe especial, pois a maioria das comunidades humanas usam a água desses reservatório apenas com
988 uma desinfecção simples para consumo, estando apenas os reservatórios de Marés (João Pessoa) e
989 Epitácio Pessoa (Boqueirão), tratando de forma convencional.

990

Tabela 3- Tabela de atributos químicos do sedimento dos reservatórios analisados no estado da Paraíba (Nordeste do Brasil nos períodos de estiagem (S) e Chuva (C)).

Atributos Físico-Químicas	Unidade	Reservatórios e Períodos Sazonais																
		Litoral						Borborema						Sertão				
		Marés		São Salvador		Araçagi		Epitácio Pessoa		Estado		Camalaú		Capoeira		São Gonçalo		
		S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	
Sedimento	pH	-	5,93	4,74	6,50	5,73	8,00	7,51	6,51	6,90	8,01	8,05	6,04	7,16	5,53	5,93	5,63	5,84
	Condutividade		122	105	573	51,13	1500	1671	1124	1399	34,1	7,35	1230	175,6	694,5	181	213	253
	Carb.Orgânico	mgL ⁻¹	21,8	11	37,3	39,4	16,3	18,1	34,6	30,2	28,1	36,4	8,9	33,8	33,55	27	30,6	30
	Nitro.Total	mgL ⁻¹	1,4	1,16	0,25	0,16	0,26	0,17	0,65	0,67	0,1	0,5	2,22	2,2	1,36	1,35	0,25	0,5
	Fósf.Total	mgL ⁻¹	3	24,2	34,4	2,66	21	12	54,5	56,6	5,8	5,2	7,3	3,7	5,4	5,6	4,4	3,3
	Cálcio	mgL ⁻¹	150	116	74	180,4	236	254,8	154	596,8	190	132,8	234,8	250	126	246	54	112
	Magnésio	mgL ⁻¹	14	58	20	117,2	4	61,2	68	65,2	176	79,2	51,2	54	34,8	16	54	112
	Ca ⁺⁺ & Mg ⁺⁺	mgL ⁻¹	164	174	94	298	240	316	222	662	366	212	286	304	160,8	262	108	224
	Cádmio	mgL ⁻¹	0,01	NQ*	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ	0,01	NQ	NQ	0,01	NQ	NQ	NQ	0,11
	Cobre	mgL ⁻¹	5,8	0,21	0,07	0,48	0,55	0,28	0,88	0,68	0,34	0,1	0,12	0,2	0,41	0,31	0,01	0,41
	Bário	mgL ⁻¹	0,66	0,39	2,21	12,83	6,89	3,89	1,72	3,65	2,9	1,65	5,22	4,48	3,18	2,06	2,49	3,66
	Manganês	mgL ⁻¹	0,68	1,84	1,69	14,6	24,3	16,2	3,86	8,16	15,5	4,94	11,7	11,7	9,74	7,25	1,38	8,11
	Chumbo	mgL ⁻¹	1,46	0,21	0,13	NQ	0,26	0,13	0,18	0	0,26	0,28	0,08	0,34	0,1	0,23	0,14	0,23
	Cromo	mgL ⁻¹	0,56	1,04	0,18	1,22	0,38	0,57	0,69	1,51	0,76	0,6	0,33	0,3	1,15	0,5	0,95	0,57
	Antimônio	mgL ⁻¹	0,04	NQ	0,03	NQ	0,11	0,06	0,05	0	0,05	0,02	0	0,03	0	0,04	0,05	0,07
	Níquel	mgL ⁻¹	0,13	0,17	0,05	0,9	0,58	0,29	0,72	1,31	0,34	0,35	0,14	0,09	0,87	0,19	0,35	0,22
Zinco	mgL ⁻¹	0,85	0,23	0,23	1,32	0,62	0,94	0,55	1,8	0,82	0,51	1,76	1,1	1,0	0,62	0,33	0,69	

991

992

993 **Tabela 4-** Check list das plantas associadas aos ambientes aquáticos e tipos de formas de vida registradas nas áreas estudadas, reservatórios de abastecimento público do
 994 Estado da Paraíba, nordeste brasileiro. Legendas: Forma de vida - Submersa Fixa (SF), Submersa Livre (SL), Flutuante Fixa (FF), Flutuante Livre (FL), Emersa (Emer) e
 995 Anfíbia (Anf); Síndrome de Dispersão – Hidrocoria (Hidro), Anemocoria (Anemo), Autocoria (Auto) e Zoocoria (Zoo); Reservatórios - Araçagi (AR), Camalaú (CM),
 996 Capoeira (CA), Epitácio Pessoa (EP), Estado (ES), Marés (MA), São Salvador (SS) e São Gonçalo (SG); Distribuição Geográfica - Endêmica da Região Nordeste do Brasil
 997 (End), Sul-Americana (Sul), Neotropical (Neo), Americana (Ame), Godwânica (God), Pantropical (Pan) e Cosmopolita (Cos). (Nota: As espécies que apresentam "*" indicam
 998 distribuição geográfica incerta, não identificada ou disjunta não Godwânica).

Família/Espécie		Forma de vida	Síndrome de Dispersão	Distribuição Geográfica	MA	SS	AR	EP	CM	SG	CA	ES
1 – ACANTHACEAE												
1	<i>Dicliptera mucronifolia</i> Nees	Anf	Auto	Sul						X		
2	<i>Ruellia asperula</i> (Mart. & Nees) Lindau	Anf	Auto	End							X	
2 – AIZOACEAE												
3	<i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.) L.	Anf	Auto	Pan				X				X
3 – AMARANTHACEAE												
4	<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	Anf	Auto	Pan							X	
5	<i>Alternanthera ficoidea</i> (L.) Sm.	Anf	Zoo	Sul			X	X				
6	<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	Emer	Auto	Cos		X	X					
7	<i>Alternanthera pungens</i> Kunth	Anf	Auto	Cos								X
8	<i>Amaranthus deflexus</i> L.	Anf	Auto	Cos				X				
9	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Anf	Auto	Cos				X			X	
10	<i>Blutaparon portulacoides</i> (A.St.-Hil.) Mears	Anf	Auto	Sul				X				X
11	<i>Chenopodium murale</i> L.	Anf	Auto	Cos								X
12	<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) Mosyakin & Clemants	Anf	Auto	Cos				X				
13	<i>Froelichia humboldtiana</i> (Schult.) Seub.	Anf	Anemo	End					X			
4 – ANACARDIACEAE												
14	<i>Mangifera indica</i> L.	Anf	Zoo	*					X			
15	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anf	Zoo	Neo		X						
16	<i>Spondias</i> sp.	Anf	Zoo	*	X							
5 – ANGELONIACEAE												
17	<i>Angelonia cornigera</i> Hook.	Anf	Auto	End						X		
6 – APOCYNACEAE												

18	<i>Asclepias curassavica</i> L.	Anf	Anemo	Cos					X	X		
19	<i>Calotropis procera</i> (Aiton) Dryand.	Anf	Anemo	*				X	X	X		X
7 – ARACEAE												
20	<i>Montrichardia linifera</i> (Arruda) Schott	Emer	Zoo	Sul	X							
21	<i>Pistia stratiotes</i> L.	FL	Hidro	Cos			X					
8 – ARECACEAE												
22	<i>Roystonea</i> sp.	Anf	Auto	*	X							
9 – ASTERACEAE												
23	<i>Acmella uliginosa</i> (Sw.) Cass.	Anf	Auto	Pan		X					X	
24	<i>Ageratum conyzoides</i> (L.) L.	Anf	Anemo	Cos		X						
25	<i>Bidens pilosa</i> L.	Anf	Anemo	Cos							X	
26	<i>Centratherum punctatum</i> Cass.	Anf	Anemo	Cos			X				X	
27	<i>Conyza sumatrensis</i> (S.F.Blake) Pruski & G.Sancho	Anf	Anemo	Cos		X						
28	<i>Cyanthillium cinereum</i> (L.) H.Rob.	Anf	Anemo	Pan			X					
29	<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	Anf	Auto	Cos		X		X	X	X	X	
30	<i>Enydra sessilifolia</i> (Ruiz & Pav.) Cabrera	Emer	Anemo	God				X				
31	<i>Erigeron bonariensis</i> L.	Anf	Anemo	Cos				X				
32	<i>Platypodanthera melissaefolia</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	Anf	Anemo	End		X						
33	<i>Pluchea sagittalis</i> Less.	Anf	Anemo	Sul				X	X			X
34	<i>Sonchus oleraceus</i> (L.) L.	Anf	Anemo	Cos		X		X				X
35	<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski	Anf	Zoo	Pan		X		X	X			
36	<i>Tridax procumbens</i> (L.) L.	Anf	Anemo	Cos				X	X			X
37	<i>Vernonanthura</i> sp.	Anf	Anemo	*			X					
10 – BORAGINACEAE												
38	<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	Anf	Auto	Ame				X	X	X		
39	<i>Heliotropium elongatum</i> (Lehm.) Gürke	Anf	Auto	Sul				X			X	
40	<i>Heliotropium indicum</i> L.	Anf	Auto	Cos				X			X	
11 – CLEOMACEAE												
41	<i>Tarenaya spinosa</i> Jacq.	Anf	Anto	Cos			X	X	X			X
12 – COMBRETACEAE												
42	<i>Terminalia catappa</i> L.	Anf	Zoo	*	X							
13 – COMMELINACEAE												
43	<i>Callisia filiformis</i> (M.Martens & Galeotti) D.R.Hunt	Anf	Auto	Neo		X						

44	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Anf	Auto	Pan			X					
45	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	Anf	Auto	Pan					X			
46	<i>Commelina erecta</i> L.	Anf	Auto	God		X						
47	<i>Commelina obliqua</i> Vahl	Anf	Auto	*			X					
14 – CONVULVACEAE												
48	<i>Evolvulus filipes</i> Mart.	Anf	Auto	Neo					X		X	
49	<i>Evolvulus glomeratus</i> Nees & C. Mart.	Anf	Auto	*		X						
50	<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem. & Schult.	Anf	Auto	Pan		X			X		X	
51	<i>Ipomoea bahiensis</i> Willd. ex Roem. & Schult.	Anf	Auto	End						X		
52	<i>Ipomoea carnea</i> Jacq.	Emer	Auto	Pan		X					X	
53	<i>Ipomoea hederifolia</i> L.	Anf	Auto	Pan						X		
54	<i>Jacquemontia evolvuloides</i> Meisn.	Anf	Auto	Sul						X		
55	<i>Jacquemontia pentanthos</i> (Jacq.) G. Don	Anf	Auto	Neo						X		
56	<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urb.	Anf	Auto	Pan					X	X	X	
15 – CUCURBITACEAE												
57	<i>Cucumis anguria</i> L.	Anf	Zoo	Cos				X				
16 – CYPERACEAE												
58	<i>Cyperus articulatus</i> L.	Emer	Anemo	Pan		X	X					
59	<i>Cyperus compressus</i> L.	Anf	Anemo	Cos		X						
60	<i>Cyperus difformis</i> L.	Anf	Anemo	Cos								X
61	<i>Cyperus diffusus</i> Vahl	Anf	Anemo	Pan			X					
62	<i>Cyperus distans</i> L.f.	Anf	Anemo	Neo							X	
63	<i>Cyperus entrerianus</i> Boeckeler	Anf	Anemo	God		X						
64	<i>Cyperus esculentus</i> L.	Anf	Anemo	Cos						X		
65	<i>Cyperus giganteus</i> Vahl	Anf	Anemo	Neo				X				
66	<i>Cyperus iria</i> L.	Anf	Anemo	Cos				X				
67	<i>Cyperus ligularis</i> L.	Anf	Anemo	God				X				
68	<i>Cyperus meyenianus</i> Kunth	Anf	Anemo	Pan					X			
69	<i>Cyperus odoratus</i> L.	Anf	Anemo	Cos			X	X	X	X	X	
70	<i>Cyperus pohlii</i> (Nees) Steud.	Anf	Anemo	Sul					X			
71	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Anf	Anemo	Cos		X						
72	<i>Cyperus surinamensis</i> Rottb.	Anf	Auto	Pan			X					
73	<i>Eleocharis mutata</i> (L.) Roem. & Schult.	Emer	Auto	God			X					

74	<i>Eleocharis geniculata</i> (L.) Roem. & Schult.	Anf	Auto	Cos	X								X
75	<i>Fimbristylis cymosa</i> R. Br.	Anf	Auto	Pan			X						
76	<i>Fimbristylis spathacea</i> Roth	Anf	Auto	Pan			X						
77	<i>Fimbristylis vahlii</i> (Lam.) Link	Anf	Auto	*									X
78	<i>Kyllinga odorata</i> Vahl	Anf	Auto	Cos		X							
79	<i>Pycneus polystachyos</i> (Rottb.) P.Beauv.	Anf	Auto	Cos			X	X					
80	<i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Boeckeler	Anf	Auto	Neo									X
81	<i>Scleria gaertneri</i> Raddi	Anf	Auto	God	X								
17 – EUPHORBIACEAE													
82	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Anf	Auto	Cos								X	
83	<i>Euphorbia prostrata</i> Aiton	Anf	Auto	Cos				X					
84	<i>Cnidoscolus urens</i> (L.) Arthur	Anf	Auto	Ame			X						X
18 – GENTIANACEAE													
85	<i>Schultesia guianensis</i> (Aubl.) Malme	Anf	Auto	God		X							
19 – GRAMINEAE													
86	<i>Andropogon bicornis</i> L.	Anf	Anemo	Neo					X				
87	<i>Aristida adscensionis</i> L.	Anf	Anemo	Pan					X				
88	<i>Brachiaria mollis</i> (Sw.) Parodi	Anf	Anemo	Neo									X
89	<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf	Anf	Anemo	Pan				X	X				
90	<i>Chloris barbata</i> Sw.	Anf	Anemo	Pan				X	X				X
91	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Anf	Anemo	Cos									X
92	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	Anf	Anemo	Pan		X			X			X	X
93	<i>Digitaria bicornis</i> (Lam.) Roem. & Schult.	Anf	Anemo	Pan			X		X			X	
94	<i>Digitaria insularis</i> (L.) Mez ex Ekman	Anf	Anemo	Neo		X	X	X					
95	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Anf	Anemo	Cos			X						
96	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.Beauv.	Anf	Zoo	Cos				X					X
97	<i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitchc.	Anf	Zoo	*					X				
98	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Anf	Anemo	Cos		X							
99	<i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) Janch.	Anf	Anemo	Cos					X				
100	<i>Eragrostis hypnoides</i> (Lam.) Britton, Stern & Poggenb.	Anf	Anemo	Ame				X					
101	<i>Eriochloa polystachya</i> Kunth	Anf	Anemo	*									X
102	<i>Lasiacis divaricata</i> (L.) Hitchc.	Anf	Zoo	Neo	X								
103	<i>Leptochloa fascicularis</i> (Lam.) A.Gray	Anf	Anemo	Ame				X		X		X	X

104	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	Anf	Anemo	Cos					X	X		
105	<i>Panicum pilosum</i> Sw.	Anf	Anemo	Neo	X							
106	<i>Paspalidium geminatum</i> (Forssk.) Stapf	Anf	Anemo	Pan		X					X	
107	<i>Paspalum maritimum</i> Trin.	Anf	Anemo	Sul			X					
108	<i>Paspalum scutatum</i> Nees ex Trin.	Anf	Anemo	End			X					
109	<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E.Hubb.	Anf	Anemo	Pan				X				
110	<i>Scleria gaertneri</i> Raddi	Anf	Anemo	Neo	X							
111	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) M.Kerguelen	Anf	Anemo	Cos		X						
112	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Anf	Anemo	Cos							X	
113	<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R.Br.	Anf	Anemo	Pan		X	X					
114	<i>Sporobolus pyramidatus</i> (Lam.) C.L.Hitchc.	Anf	Anemo	Ame					X			
115	<i>Tragus berteronianus</i> Schult.	Anf	Anemo	Pan				X	X			
116	<i>Urochloa trichopus</i> (Hochst.) Stapf	Anf	Anemo	God								X
20 – GRATIOLACEAE												
117	<i>Scoparia dulcis</i> L.	Anf	Auto	Pan							X	
118	<i>Stemodia maritima</i> L.	Anf	Auto	Neo				X	X			
21 – GENTIANACEAE												
119	<i>Schultesia guianensis</i> (Aubl.) Malme	Anf	Auto	God		X						
22 – HELICONIACEAE												
120	<i>Heliconia psittacorum</i> L.f.	Anf	Zoo	Pan	X							
23 – HYDROCHARITACEAE												
121	<i>Egeria densa</i> Planch.	SF	Hidro	Cos	X			X	X	X		
122	<i>Najas arguta</i> Kunth	SF	Hidro	Neo					X			
24 – HYDROLEACEAE												
123	<i>Hydrolea spinosa</i> L.	Anf	Auto	Neo				X			X	X
25 – LECYTHIDACEAE												
124	<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Mart. ex Miers	Anf	Auto	End	X							
125	<i>Gustavia augusta</i> L.	Anf	Auto	Neo	X							
26 – LEGUMINOSAE												
126	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Anf	Auto	Cos			X					X
127	<i>Aeschynomene evenia</i> C.Wright	Anf	Auto	Neo		X						
128	<i>Aeschynomene sensitiva</i> Sw.	Anf	Auto	God			X					
129	<i>Canavalia dictyota</i> Piper.	Anf	Auto	Sul								X

130	<i>Centrosema arenarium</i> Benth.	Anf	Auto	Neo						X		
131	<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth.	Anf	Auto	Sul			X					
132	<i>Chamaecrista duckeana</i> (P.Bezzera & Alf.Fern.) H.S.Irwin	Anf	Auto	End							X	
133	<i>Chamaecrista nictitans</i> (L.) Moench	Anf	Auto	Cos					X			
134	<i>Crotalaria holosericea</i> Nees & Mart.	Anf	Auto	End		X				X		
135	<i>Crotalaria incana</i> L.	Anf	Auto	Cos							X	
136	<i>Crotalaria pallida</i> Aiton	Anf	Auto	Cos		X				X		
137	<i>Crotalaria pilosa</i> Mill.	Anf	Auto	Neo							X	
138	<i>Crotalaria retusa</i> L.	Anf	Auto	Pan		X						
139	<i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Willd.	Anf	Auto	Pan				X				
140	<i>Dioclea grandiflora</i> Benth.	Anf	Zoo	End					X			
141	<i>Indigofera blanchetiana</i> Benth.	Anf	Auto	End						X	X	
142	<i>Indigofera microcarpa</i> Desv.	Anf	Auto	God				X		X	X	X
143	<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill.	Anf	Auto	Pan							X	
144	<i>Inga macrophylla</i> Willd.	Anf	Zoo	Sul	X							
145	<i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urb.	Anf	Auto	Pan				X				
146	<i>Macroptilium martii</i> (Benth.) Marechal & Baudet	Anf	Auto	End							X	
147	<i>Mimosa pigra</i> L.	Anf	Auto	Pan		X	X			X		
148	<i>Mimosa pudica</i> L.	Anf	Auto	Cos		X	X					
149	<i>Mimosa quadrivalvis</i> L.	Anf	Auto	God							X	
150	<i>Mimosa sensitiva</i> L.	Anf	Auto	Neo			X					
151	<i>Neptunia plena</i> (L.) Benth.	Anf	Auto	*						X		
152	<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Anf	Auto	Cos							X	
153	<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	Anf	Auto	End			X				X	
154	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Anf	Zoo	Pan		X	X					
155	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Anf	Auto	*					X			
156	<i>Schrankia leptocarpa</i> DC.	Anf	Auto	God			X					
157	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Anf	Auto	Pan							X	
158	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H. S.Irwin & Barneby	Anf	Auto	Cos							X	
159	<i>Senna rizzinii</i> H.S.Irwin & Barneby	Anf	Auto	End			X					
160	<i>Sesbania exasperata</i> Kunth	Anf	Auto	Neo				X	X			
161	<i>Tephrosia cinerea</i> (L.) Pers.	Anf	Auto	Pan							X	
162	<i>Vigna peduncularis</i> (Kunth) Fawc. & Rendle	Anf	Auto	Neo					X			

27 – LOGANIACEAE												
163	<i>Spigelia anthelmia</i> L.	Anf	Auto	Pan								X
28 – MALVACEAE												
164	<i>Corchorus hirtus</i> L.	Anf	Auto	Neo				X				
165	<i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky	Anf	Auto	*					X			
166	<i>Herissantia tiubae</i> (K.Schum.) Brizicky	Anf	Auto	End					X			
167	<i>Melochia tomentosa</i> L.	Anf	Auto	Neo					X			
168	<i>Pavonia cancellata</i> (L.) Cav.	Anf	Auto	Neo			X					
169	<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.–Hil.) A.Robyns	Anf	Anemo	Sul							X	
170	<i>Sida galheirensis</i> Ulbr.	Anf	Auto	End							X	
171	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Anf	Auto	Cos							X	
172	<i>Sidastrum micranthum</i> (A. St.–Hil) Fryxell	Anf	Auto	Neo								X
173	<i>Triumfetta semitriloba</i> Jacq.	Anf	Zoo	Pan			X					
174	<i>Waltheria albicans</i> Turcz	Anf	Auto	Sul							X	
175	<i>Waltheria indica</i> L.	Anf	Auto	Pan			X		X	X		
176	<i>Wissadula amplissima</i> (L.) R.E.Fr.	Anf	Auto	God			X					
29 – MELASTOMATACEAE												
177	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D. Don	Anf.	Zoo	Pan	X							
30 – MENIANTHACEAE												
178	<i>Nymphoides indica</i> (L.) Kuntze	FF	Hidro	Pan	X	X				X		
31 – MYRTACEAE												
179	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Anf	Zoo	Pan	X							
32 – MOLLUGINACEAE												
180	<i>Mollugo verticillata</i> L.	Anf	Auto	Cos					X			
33 – MORACEAE												
181	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam. *	Anf	Zoo	*	X							
34 – NYMPHAEACEAE												
182	<i>Nymphaea lasiophylla</i> Mart. & Zucc.	FF	Hidro	End							X	
35 – ONAGRACEAE												
183	<i>Ludwigia erecta</i> (L.) H.Hara	Anf	Auto	Pan		X					X	
184	<i>Ludwigia helminthorrhiza</i> (Mart.) H.Hara	FF	Hidro	Neo			X					
185	<i>Ludwigia leptocarpa</i> (Nutt) H.Hara	Anf	Auto	God		X						
186	<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H.Raven	Anf	Auto	Pan				X	X			

187	<i>Ludwigia peploides</i> (Kunth) P.H.Raven	Anf	Auto	Cos								X
188	<i>Ludwigia uruguayensis</i> (Cambess.) H.Hara	Anf	Auto	*				X				
36 – PASSIFLORACEAE												
189	<i>Passiflora foetida</i> L.	Anf	Zoo	Pan					X	X	X	
37 – PODOSTEMACEAE												
190	<i>Podostemum</i> sp.	SF	Hidro	*				X				
38 – POLYGALACEAE												
191	<i>Polygala violacea</i> Aubl.	Anf	Auto	Neo		X			X			
39 – POLYGONACEAE												
192	<i>Persicaria acuminata</i> (Kunth) M.Gómez	Anf	Auto	God		X				X	X	
193	<i>Persicaria ferruginea</i> Wedd.	Anf	Auto	Neo				X	X	X		
194	<i>Persicaria hispida</i> (Kunth) M.Gómez	Anf	Auto	Neo					X		X	
195	<i>Persicaria hydropiperoides</i> (Michx.) Small	Anf	Auto	Ame	X							
40 – PONTEDERIACEAE												
196	<i>Eichhornia azurea</i> (Sw.) Kunth	FL	Hidro	Neo					X			
197	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	FL	Hidro	Cos			X				X	
198	<i>Hydrothrix gardneri</i> Hook.f.	SF	Hidro	End				X				
41 – RHAMNACEAE												
199	<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	Anf	Zoo	Sul	X	X						
42 – RUBIACEAE												
200	<i>Borreria</i> sp.	Anf	Auto	*			X					
201	<i>Diodella teres</i> (Walter) Small	Anf	Auto	Pan								X
202	<i>Richardia grandiflora</i> (Cham. & Schltdl.) Steud.	Anf	Auto	Sul			X					
203	<i>Spermacoce ocyimifolia</i> Willd. ex Roem. & Schult.	Anf	Auto	Neo	X							
204	<i>Spermacoce scabiosoides</i> (Cham. & Schltdl.) Kuntze	Anf	Auto	Neo				X	X	X		
205	<i>Spermacoce verticillata</i> L.	Anf	Auto	Pan			X					
43 – SALVINIACEAE												
206	<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	FL	Hidro	Cos					X			
207	<i>Azolla microphylla</i> Kaulf.	FL	Hidro	Ame					X			
208	<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	FL	Hidro	Neo		X					X	
209	<i>Salvinia biloba</i> Raddi	FL	Hidro	Neo			X					
44 – SAPINDACEAE												
210	<i>Cardiospermum corindum</i> L.	Anf	Anemo	God						X		

211	<i>Paullinia pinnata</i> L.	Anf	Anemo	God	X							
212	<i>Serjania glabrata</i> Kunth	Anf	Anemo	Sul				X				
45 – SCROPHULARIACEAE												
213	<i>Bacopa</i> sp.	Anf	Auto	*			X					
46 – SOLANACEAE												
214	<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Anf	Auto	Cos			X	X				X
215	<i>Physalis pubescens</i> L.	Anf	Zoo	Cos							X	
216	<i>Solanum americanum</i> Mill.	Anf	Zoo	Cos			X		X			
47 – TURNERACEAE												
217	<i>Piriqueta guianensis</i> N.E. Br.	Anf	Auto	End				X				
218	<i>Turnera pumilea</i> L.	Anf	Auto	Neo							X	
219	<i>Turnera subulata</i> Sm.	Anf	Auto	Pan			X	X			X	
48 – TYPHACEAE												
220	<i>Typha domingensis</i> Pers.	Anf	Anemo	Cos								
49 – VERBENACEAE												
221	<i>Lippia alba</i> (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P.Wilson	Anf	Auto	Neo							X	
222	<i>Priva bahiensis</i> Schauer	Anf	Auto	End			X					
50 – VITACEAE												
223	<i>Cissus decidua</i> Lombardi	Anf	Zoo	End				X				
51 – ZYGOPHYLLACEAE												
224	<i>Kallstroemia tribuloides</i> (Mart.) Steud.	Anf	Auto	Sul				X				

6. Considerações Finais da Tese

Esta tese apresentou uma perspectiva filogenética para interpretar floras de espermatófitas aquáticas em diferentes escalas espaço-temporal no Neotrópico. Foi verificado que floras aquáticas ao longo de províncias biogeográficas, em um prisma macroecológico, as condições ambientais não explicam a diversidade e estrutura filogenética dessas assembleias. Porém, quando analisamos comunidades locais, foi observado que as condições ambientais que variaram ao longo do tempo regeu uma regra de montagem não aleatória.

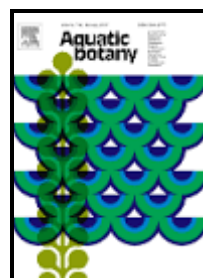
Ao se utilizar escalas distintas de análise podemos interpretar a relação da biodiversidade com o meio ambiente de diferentes formas. Essa constatação nos levou a questionar sobre como devemos proceder para sumarizar a fitodiversidade em busca de um padrão. Ainda é recente a ideia de se entender quais as condições que moldam assembleias de plantas para gerar grupos mais dispersos ou agregados filogeneticamente e como interpretar esses fenômenos.

Até o presente momento, os dois artigos gerados a partir das nossas hipóteses e estudos são inéditos quanto ao uso da filogenia na interpretação biológica de assembleias de plantas aquáticas. Portanto, são trabalhos pioneiros para gerar informações sobre as regras de montagem dessas assembleias e no entendimento das relações dos táxons sobre variáveis ambientais.

O estudo também apontou os rumos que as pesquisas nessa área devem avançar, tais como: monitoramento de assembleias para a detecção do

limiar da mudança na estrutura filogenética, avaliação do efeito *turnover* em assembleias que podem colapsar diante mudanças ambientais e, finalmente, indicou que deve-se explorar estudos que visem avaliar a influencia de gradientes altitudinais sobre assembleias de plantas aquáticas.

Normas do Periódico: Aquatic Botany





AQUATIC BOTANY

An International Scientific Journal dealing with Applied and Fundamental Research on Submerged, Floating and Emergent Plants in Marine and Freshwater Ecosystems

**AUTHOR
INFORMATION
PACK**

TABLE OF CONTENTS

●	Description	p.1
●	Audience	p.1
●	Impact Factor	p.1
●	Abstracting and Indexing	p.2
●	Editorial Board	p.2
●	Guide for Authors	p.3



ISSN
:
0304-
3770

DESCRIPTION

Aquatic Botany is concerned with fundamental studies on structure, function, dynamics and classification of **plant-dominated aquatic communities** and **ecosystems**, as well as molecular, biochemical and physiological aspects of **aquatic plants**. It is also an outlet for papers dealing with applied research on plant-dominated aquatic systems, including the consequences of disturbance (e.g. transplantation, influence of herbicides and other chemicals, thermal pollution, biological control, grazing and disease), the use of aquatic plants, conservation of resources, and all aspects of aquatic plant production and decomposition.

Benefits to authors

We also provide many author benefits, such as free PDFs, a liberal copyright policy, special discounts on Elsevier publications and much more. Please click here for more information on our [author services](#).

Please see our [Guide for Authors](#) for information on article submission. If you require any further information or help, please visit our support pages: <http://support.elsevier.com>

AUDIENCE.

Aquatic Botanists, Marine and Freshwater Ecologists.

IMPACT FACTOR.

2015: 1.846 © Thomson Reuters Journal Citation Reports 2016

ABSTRACTING AND INDEXING.

Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts

BIOSIS

Current Contents/Agriculture, Biology & Environmental Sciences

Marine Science Contents Tables

Ecological Abstracts

Ecology Abstracts

Fisheries Review

Freshwater and Aquaculture Contents Tables

Scopus

EMBiology

EDITORIAL BOARD.

Editors-in-Chief:

E.M. Gross, Université de Lorraine, Metz, France

T. Wernberg, University of Western Australia, Crawley, Western Australia, Australia **J. Terrados**, IMEDEA (Institut Mediterrani d'Estudis Avançats), Spain

Honorary Editor:

G. Bowes, University of Florida, Gainesville, Florida, USA

Consulting Editor:

C. den Hartog, Nijmegen, Netherlands

Editorial Advisory Board:

Jean Armstrong, Hull, UK

Sven Beer, Tel Aviv, Israel

Irmgard Blindow, Kloster, Germany

Hans Brix, Aarhus, Denmark

Melinda Coleman, Coffs Harbour, New South Wales, Australia

William Dennison, Cambridge, Maryland, USA

John Eaton, Liverpool, UK

Sabine Hilt, Berlin, Germany

Michiel Hootsmans, Nieuwegein, Netherlands

Donald Les, Storrs, Connecticut, USA

Stephen Maberly, Ambleside, UK

Erik-Jan Malta, Cadiz, Spain

Nuria Marba, Esporles (Iles Balears), Spain

Morten Pedersen, Roskilde, Denmark

Gloria Peralta Gonzalez, Puerto Real Cadiz, Spain

Tenna Riis, Risskov, Denmark

Fred Short, Durham, New Hampshire, USA

Brian Sorrell, Aarhus, Denmark

Mads Thomsen, Christchurch, New Zealand

John Titus, Binghamton, New York, USA

Brigitta van Tussenbroek, Ciudad Universitaria, Mexico

Li Wei, Wuhan, Hubei, China

INTRODUCTION

Aquatic Botany is concerned with fundamental studies on structure, function, dynamics and classification of plant-dominated aquatic communities and ecosystems, as well as molecular, biochemical and physiological aspects of aquatic plants. It is also an outlet for papers dealing with applied research on plant-dominated aquatic systems, including the consequences of disturbance (e.g. transplantation, influence of herbicides and other chemicals, thermal pollution, biological control, grazing and disease), the use of aquatic plants, conservation of resources, and all aspects of aquatic plant production and decomposition.

Types of paper

1. Original research papers (Regular Papers)
2. Review articles
3. Short Communications
4. Letters to the Editor

Regular papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.

Review articles should cover subjects falling within the scope of the journal which are of active current interest. They may be submitted or invited.

A Short Communication

Results and discussion can be combined in a short communication, while they should be separate sections in regular papers. Short Communications should be as completely documented, both by reference to the literature and description of the experimental procedures employed, as a regular paper. They should not occupy more than 3500 words including references, 2 figures or 2 tables or one of each

Letters to the Editor offering comment or appropriate critique on material published in the journal are welcomed. The decision to publish submitted letters rests purely with the Editor-in-Chief.

Authors are encouraged to place all species distribution records in a publicly accessible database such as the national Global Biodiversity Information Facility (GBIF) nodes (www.gbif.org) or data centers endorsed by GBIF, including BioFresh (www.freshwaterbiodiversity.eu)"

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

Graphical Abstracts / Highlights files (where applicable) *Supplemental files* (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- Relevant declarations of interest have been made
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our [Support Center](#).

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

Please see our information pages on [Ethics in publishing](#) and [Ethical guidelines for journal publication](#).

Declaration of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. [More information](#).

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' section of our ethics policy for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service [CrossCheck](#).

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see [more information](#) on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. [Permission](#) of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has [preprinted forms](#) for use by authors in these cases.

For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' ([more information](#)). Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of [user license](#).

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. [More information](#).

Elsevier supports responsible sharing

Find out how you can [share your research](#) published in Elsevier journals.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some funding bodies will reimburse the author for the Open Access Publication Fee. Details of [existing agreements](#) are available online.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Open access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse.
- An open access publication fee is payable by authors or on their behalf, e.g. by their research funder or institution.

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our [universal access programs](#).

- No open access publication fee payable by authors.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following [Creative Commons user licenses](#):

Creative Commons Attribution (CC BY)

Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The open access publication fee for this journal is **USD 3300**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Green open access

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our [green open access page](#) for further information. Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form.

This journal has an embargo period of 24 months.

Elsevier Publishing Campus

The Elsevier Publishing Campus (www.publishingcampus.com) is an online platform offering free lectures, interactive training and professional advice to support you in publishing your research. The College of Skills training offers modules on how to prepare, write and structure your article and explains how editors will look at your paper when it is submitted for publication. Use these resources, and more, to ensure that your submission will be the best that you can make it.

Language services

Manuscripts should be written in English. Authors who are unsure of correct English usage should have their manuscript checked by someone proficient in the language. Manuscripts in which the English is difficult to understand may be returned to the author for revision before scientific review.

Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and post-submission please visit <http://www.elsevier.com/languagepolishing> or our customer support site at <http://support.elsevier.com> for more information. Please note Elsevier neither endorses nor

takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions: <http://www.elsevier.com/termsandconditions>.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/aqbot/>

Referees

Please submit, with the manuscript, the names and e-mail addresses of 4 potential referees.

Page charges

Aquatic Botany has no page charges.

PREPARATION

Use of wordprocessing software

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. The document must have line numbers inserted. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your wordprocessor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Experimental

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required, no longer than 250 words. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separate from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, they must be cited in full, without reference to the reference list. Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view [Example Graphical Abstracts](#) on our information site.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: [Illustration Service](#).

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). You can view [example Highlights](#) on our information site.

Keywords

Immediately after the abstract, provide keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI.

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.

- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed [guide on electronic artwork](#) is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi. TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;

- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. [Further information on the preparation of electronic artwork.](#)

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

A DOI can be used to cite and link to electronic articles where an article is in-press and full citation details are not yet known, but the article is available online. A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <http://dx.doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source

publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support [Citation Style Language styles](#), such as [Mendeley](#) and [Zotero](#), as well as [EndNote](#). Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide.

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/aquatic-botany>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text:

All citations in the text should refer to:

1. *Single author*: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors*: both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors*: first author's name followed by "et al." and the year of publication. Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed chronologically.

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication.

Use the following system for arranging your references: a. For periodicals

Stewart, D.A., Agnew, D., Boyd, R., Briggs, R., Toland, P., 1993. The derivation of changes in Nephrops per unit effort values for the Northern Ireland fishing fleet. *Fish. Res.* 17, 273-292.

b. For edited symposia, special issues, etc. published in a periodical
Roberts, R.J., 1993. Ulcerative dermal necrosis (UDN) in wild salmonids. In: Bruno, D.W. (Ed.), Pathological conditions of wild salmonids. Fish. Res. 17, 3 14.

c. For books

Gaugh, Jr., H.G., 1992. Statistical Analysis of Regional Yield Trials. Elsevier, Amsterdam. d. For multi-author books

Bucke, D., 1989. Histology. In: Austin, B., Austin, D.A. (Eds.), Methods for the Microbiological Examination of Fish and Shellfish. Wiley, New York, pp. 69-97.

In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained. However, the titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a notation such as "(in Russian)" or "(in Greek, with English abstract)" should be added.

Work accepted for publication but not yet published should be referred to as "in press".

References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the [List of Title Word Abbreviations](#).

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including [ScienceDirect](#). Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our [video instruction pages](#). Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary material

Supplementary material can support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Please note that such items are published online exactly as they are submitted; there is no typesetting involved (supplementary data supplied as an Excel file or as a PowerPoint slide will appear as such online). Please submit the material together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. If you wish to make any changes to supplementary data during any stage of the process, then please make sure to provide an updated file, and do not annotate any corrections on a previous version. Please also make sure to switch off the 'Track Changes' option in any Microsoft Office files as these will appear in the published supplementary file(s). For more detailed instructions please visit our [artwork instruction pages](#).

CONTENT INNOVATION

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. [More information and examples are available](#). Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Google Maps and KML files

KML (Keyhole Markup Language) files (optional): You can enrich your online articles by providing KML or KMZ files which will be visualized using Google maps. The KML or KMZ files can be uploaded in our online submission system. KML is an XML schema for expressing geographic annotation and visualization within Internet-based Earth browsers. Elsevier will generate Google Maps from the submitted KML files and include these in the article when published online. Submitted KML files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. [More information](#).

Interactive Phylogenetic Trees

You can enrich your online articles by providing phylogenetic tree data files (optional) in Newick or NeXML format, which will be visualized using the interactive tree viewer embedded within the online article. Using the viewer it will be possible to zoom into certain tree areas, change the tree layout, search within the tree, and collapse/expand tree nodes and branches. Submitted tree files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. Each tree must be contained in an individual data file before being uploaded separately to the online submission system, via the 'phylogenetic tree data' submission category. Newick files must have the extension .new or .nwk (note that a semicolon is needed to end the tree). Please do not enclose comments in Newick files and also delete any artificial line breaks within the tree data because these will stop the tree from showing.

For NeXML, the file extension should be .xml. Please do not enclose comments in the file. Tree data submitted with other file extensions will not be processed. Please make sure that you validate your Newick/NeXML files prior to submission. [More information](#).

Interactive plots

This journal enables you to show an Interactive Plot with your article by simply submitting a data file. [Full instructions](#).

AFTER ACCEPTANCE

Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author will, at no cost, receive a customized [Share Link](#) providing 50 days free access to the final published version of the article on [ScienceDirect](#). The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's [Webshop](#). Corresponding authors who have published their article open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

Author's discount

Contributors to Elsevier journals are entitled to a 30% discount on most Elsevier books, if ordered directly from Elsevier.

AUTHOR INQUIRIES

[Track your submitted article](#)

[Track your accepted article](#)

You are also welcome to contact the [Elsevier Support Center](#).

© Copyright 2014 Elsevier |
<http://www.elsevier.com>