



## Distribuição geográfica das briófitas no Maranhão, Brasil: uma análise do conhecido para entender o desconhecido

Geographic distribution of bryophytes in Maranhão, Brazil: an analysis of the known to understand the unknown

R. F. Oliveira<sup>1</sup>; G. S. Silva<sup>2\*</sup>; D. L. S. Silva<sup>3</sup>; R. R. Oliveira<sup>4</sup>; D. F. Peralta<sup>5</sup>; G. M. Conceição<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centro de Estudos Superiores de Caxias, Laboratório de Biologia Vegetal, Departamento de Química e Biologia, Universidade Estadual do Maranhão, 65.604-380, Caxias-Maranhão, Brasil.*

<sup>2</sup>*Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 13083-862, Campinas-São Paulo, Brasil.*

<sup>3</sup>*Campus Nova Xavantina, Universidade Estadual do Mato Grosso, 78690-000, Nova Xavantina-Mato Grosso, Brasil.*

<sup>4</sup>*Centro de Estudos Superiores de Zé Doca, Universidade Estadual do Maranhão, 65365-000, Zé Doca-Maranhão, Brasil.*

<sup>5</sup>*Instituto de Pesquisas Ambientais, 04301-012, São Paulo-São Paulo, Brasil.*

\**guilhermecx.cx@hotmail.com*

*(Recebido em 03 de fevereiro de 2023; aceito em 25 de outubro de 2023)*

Analizamos a riqueza de espécies e densidade de coletas da brioflora maranhense e os principais vetores de pressão antrópica e indicamos as áreas prioritárias para novas amostragens visando a conservação das espécies. Elaboramos um banco de dados a partir da coleção de briófitas registrada no herbário Prof. Aluísio Bittencourt (HABIT), da Universidade Estadual do Maranhão/UEMA campus Caxias, além de coletas com registros de espécimes obtidos no Herbário Virtual, GBIF e SpeciesLink. A identificação das espécies e as informações sobre a distribuição geográfica foram confirmadas para os registros considerados nesse estudo, subsidiando as análises de riqueza (espécies) e densidade (ocorrência de coletas). Para a densidade de coletas utilizou-se o estimador de densidade kernel e para a identificação de áreas de endemismo foi utilizado o método de Interpolação Geográfica de Endemismo (IGE). Foram analisados 3.727 registros de coleta, observando que a maior parte das áreas do estado não possui registros de coleta de briófitas (65%). Em 35% das áreas coletadas observamos que o padrão de distribuição foi heterogêneo, com muitas áreas apresentando poucas espécies e poucas áreas apresentando muitas espécies. Apenas quatro áreas obtiveram densidade de coletas considerada boa, proporcionando áreas de endemismo de espécies. As atividades agrícolas são os principais vetores de ameaças para as briófitas no Maranhão. Recomenda-se que esforços de coleta sejam realizados para as regiões Norte, Oeste, Centro e Sul do Maranhão que apresentam áreas com baixo ou nenhum registro de briófitas.

Palavras-chave: Cerrado, Fitogeografia, conservação da brioflora.

We analyzed the species richness and collection density of Maranhão's bryoflora and the main vectors of anthropogenic pressure and indicated the priority areas for new sampling aimed at conserving the species. We created a database from the bryophyte collection registered in the Prof. herbarium. Aluísio Bittencourt (HABIT), from the Universidade Estadual do Maranhão/UEMA campus Caxias, in addition to collections with records of specimens obtained from the Virtual Herbarium, GBIF and SpeciesLink. Species identification and information on geographic distribution were confirmed for the records considered in this study, supporting analyzes of richness (species) and density (occurrence of collections). For the collection density, the kernel density estimator was used and to identify areas of endemism, the Geographic Interpolation of Endemism (GIE) method was used. 3,727 collection records were analyzed, observing that most areas of the state do not have bryophyte collection records (65%). In the 35% of areas collected, we observed that the distribution pattern was heterogeneous, with many areas presenting few species, and few areas presenting many species. Only four areas had collection density considered good, providing areas of species endemism. Agricultural activities are the main threat vectors for bryophytes in Maranhão. It is recommended that collection efforts be carried out in the North, West, Center and South regions of Maranhão, where there are areas with low or no records of bryophytes.

Keywords: Cerrado, Phytogeography, bryoflora conservation.

## 1. INTRODUÇÃO

A biodiversidade é distribuída de forma heterogênea através do planeta; enquanto alguns lugares possuem abundância e alta diversidade, como as florestas úmidas e barreiras de corais, outros possuem baixa diversidade, como os pólos [1]. No Brasil, a diversidade de plantas é consideravelmente alta, sendo reconhecidas 52.125 espécies (nativas, naturalizadas e cultivadas), entre elas: 5.027 de Algas, 1.616 de Briófitas, 1.411 de Samambaias e Licófitas, 116 de Gimnospermas, 35.787 de Angiospermas e 8.168 de Fungos [2].

Dentro do estudo da diversidade biológica, sabe-se que vários fatores são limitantes, o que faz com que haja estreita faixa de conhecimento sobre a distribuição mundial das espécies. Estima-se que o conhecimento completo da biodiversidade é praticamente impossível, devido a dinâmica da natureza e a capacidade humana para pesquisá-la [3]. O conhecimento sobre a distribuição das espécies também é influenciado pelos esforços de pesquisa e infraestrutura das instituições que resultam em alta variação espacial e temporal na qualidade dos dados disponíveis para o planejamento da conservação [4, 5].

As lacunas ou deficiências sobre a identidade, distribuição, evolução e dinâmica da biodiversidade global necessitam ser cuidadosamente estudadas, visto que o conhecimento não é representativo e os dados são tendenciosos, o que pode comprometer a capacidade para descrever ou fazer previsões precisas sobre como ela pode mudar no futuro. Esta preocupação tem aumentado cada vez mais entre os cientistas, levando os mesmos ao melhor entendimento da distribuição das espécies, além de alertar para a perda da biodiversidade [6].

As lacunas de conhecimento sobre a distribuição geográfica das espécies representam uma deficiência global para estudos de biodiversidade [7]. Essas lacunas podem sugerir a ocorrência de espécies em regiões não pesquisadas do mundo, incluindo regiões remotas, mas também ecossistemas mal estudados, como o mar profundo ou as copas superiores das florestas tropicais [8-11]. A ocorrência das espécies em determinadas áreas geográficas, contribuem para a sua conservação, pois são locais formidáveis que podem ser utilizados como refúgios [12].

O conhecimento acerca de quais organismos ocorrem em um local e sobre quantas espécies estão associadas, é uma condição primordial para propor estratégias de conservação, assim como para auxiliar na previsão dos impactos que poderão ser causados à vegetação natural devido às mudanças climáticas [13]. Esse conhecimento é importante pois as espécies apresentam exigências climáticas específicas definindo, assim, os seus respectivos nichos ecológicos [14-15]. Outro fator que limita o conhecimento das espécies são as atividades antrópicas que alteram profundamente o funcionamento dos ambientes, apresentando consequências devastadoras nas populações e comunidades das espécies, modificando a dispersão ou migração e prejudicando a forma de crescimento ou adaptação destas [16].

Tratando-se das briófitas, nas últimas décadas os pesquisadores perceberam que as lacunas de conhecimento eram grandes e, visando minimizá-las, houve um incremento de trabalhos realizados. Com isso, a diversidade de espécies tem sido cada vez mais documentada para o grupo, o que contribui de maneira significativa para o conhecimento da biodiversidade do planeta, sendo um importante elemento da diversidade de plantas terrestres, representadas por aproximadamente 18.000 espécies [17]. Essa grande diversidade está relacionada com os diferentes tipos de ambientes e/ou vegetações em que as briófitas são encontradas, principalmente em locais úmidos ou secos de florestas e ao longo de cursos d'água, e também à capacidade das briófitas colonizarem uma variedade de substratos como rochas, solos, folhas, troncos vivos ou mortos, entre outros [18].

Outra característica importante que contribui para a diversificação das briófitas (além de outros processos adaptativos) é a capacidade de tolerar condições ambientais extremas devido às suas estratégias de adaptação ao ambiente terrestre (como espécies do gênero *Grimmia* Hedw.) enquanto outras apresentam diferentes respostas ao clima e padrões de distribuição ecológica e geográfica, o que lhes permite que tenham uma distribuição ampla em todas as latitudes do globo (espécies do gênero *Fissidens* Hedw.) [19, 20-21].

A ampla diversidade de briófitas está relacionada com a adaptação de muitas espécies ao longo do tempo, pois apesar de serem resistentes as diferentes condições ambientais, a sua sobrevivência depende da preservação desses habitats. A degradação das florestas primárias, em especial, é uma

ameaça direta às briófitas, pois esses locais proporcionam microclimas e substratos necessários para a colonização e diversificação das espécies [12, 22, 23-24].

Em relação ao status de conhecimento de briófitas para Maranhão, os primeiros relatos vêm de estudos de larga escala que incluíram amostras esparsas coletadas neste estado [25, 26-27]. Os primeiros levantamentos inteiramente realizados no Maranhão foram realizados entre o início de 2000 a 2010 [28-32]. Na última década houve um incremento de trabalhos publicados, apresentando mais de 100 novos registros de espécies de briófitas para o estado [33-47]. Dessa forma, existe uma necessidade de entender a distribuição dessas espécies catalogadas, conhecendo as áreas com maior e menor esforço amostral e contribuir no entendimento das lacunas de conhecimento do estado em relação a diversidade do grupo, pois a brioflora maranhense, assim como outros grupos, vem sofrendo com a pressão antrópica. Assim, objetivou-se verificar o padrão de distribuição de coletas e de espécies no estado do Maranhão inferindo sobre áreas prioritárias para realização de coleta e conservação de espécies deste grupo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estado do Maranhão ocupa uma área aproximada de 331.983,29 km<sup>2</sup>, sendo o oitavo maior estado brasileiro e o segundo do Nordeste em extensão territorial [48]. Possui 217 municípios, distribuídos em cinco mesorregiões geopolíticas: Norte Maranhense, Leste Maranhense, Oeste Maranhense, Centro Maranhense e Sul Maranhense. O estado está sob três domínios fitogeográficos distintos, onde 138 municípios associam-se ao Cerrado, 110 à Amazônia e 15 à Caatinga e muitos deles apresentam mais de um domínio em sua extensão territorial [49]. A cobertura vegetal mais abundante é o Cerrado e suas áreas de transição com a Amazônia e Caatinga (Figura 1). O clima é subúmido seco, com temperatura média anual em torno de 26 a 27 °C, umidade relativa do ar entre 70 a 73 %, precipitação pluviométrica entre 1600 a 2000 mm. A amplitude altitudinal é de 804 m e há duas estações bem definidas, uma chuvosa de janeiro a junho e outra seca, de julho a dezembro [50, 51].

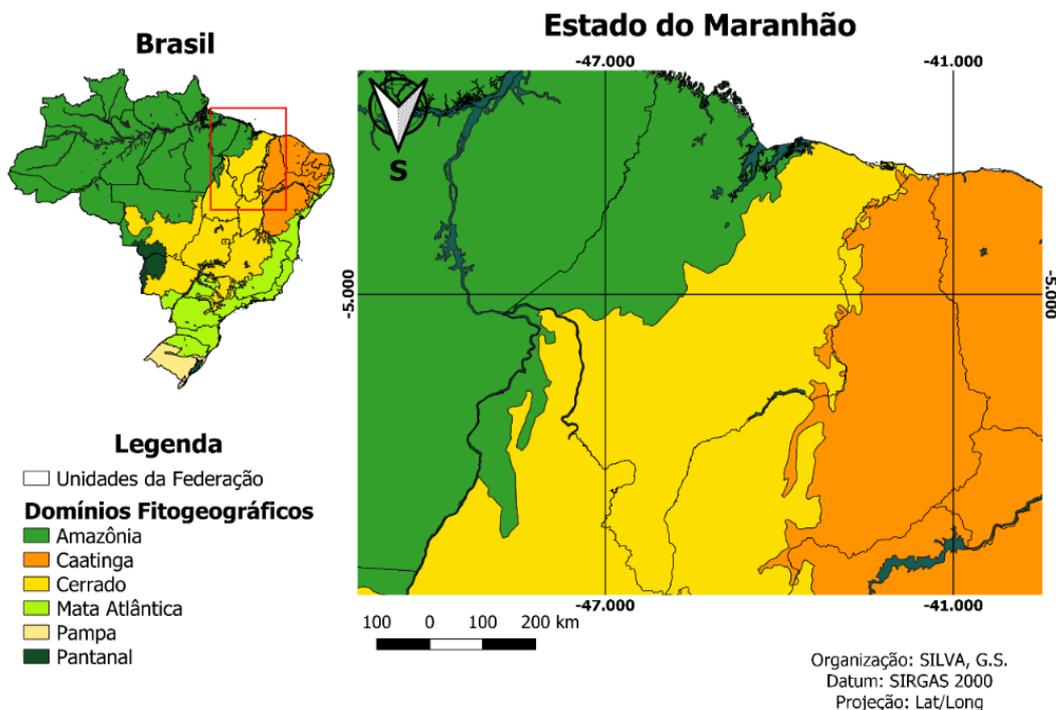


Figura 1. Localização geopolítica do estado do Maranhão e indicação dos domínios fitogeográficos.

## 2.2 Obtenção dos dados

Para a construção do banco de dados foram examinadas 4.791 exsicatas com informações sobre as coletas de Briófitas para o Maranhão, tendo como base o Herbário Prof. Aluízio Bittencourt (HABIT), da Universidade Estadual do Maranhão/UEMA campus Caxias, além de coletas com registros de espécimes obtidos no Herbário Virtual (<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual>), GBIF (<https://www.gbif.org/>) e SpeciesLink (<http://splink.cria.org.br/>). Foram utilizadas também as bibliografias com indicação de táxons de briófitas ocorrentes no estado com a indicação de voucher [33-46].

Os registros de coletas foram organizados em planilhas na versão Access do Pacote Office da Microsoft (Programa Faz Ficha). As coletas foram avaliadas quanto à determinação e sinônimos com base em banco de dados [52, 53].

As coletas também foram verificadas de forma espacial, com as correções e validações das coordenadas geográficas através do aplicativo Google My Maps, avaliando a correta distribuição dos registros em território Maranhense. Foram excluídos registros que apresentaram ocorrência fora do estado, ausência de voucher e/ou número de tombo e ausência de informações sobre a origem das coletas e coordenadas geográficas.

## 2.3 Análise do Padrão de Distribuição

Após conferir a identificação das espécies e as informações geográficas dos registros de ocorrência das briófitas consideradas nesse estudo, foram realizadas as análises de riqueza, número de ocorrências e distribuição geográfica. A riqueza de espécies e o número de ocorrências foram obtidos delimitando a área do Maranhão em 144 quadrículas de 1° latitude por 1° de longitude (Figura 2). Cada quadrícula foi nomeada por letras alfabéticas e números, indicando as quadrículas com maior e menor número de espécies e de ocorrências, além das áreas prioritárias para realização de coletas e para a conservação das espécies [54].

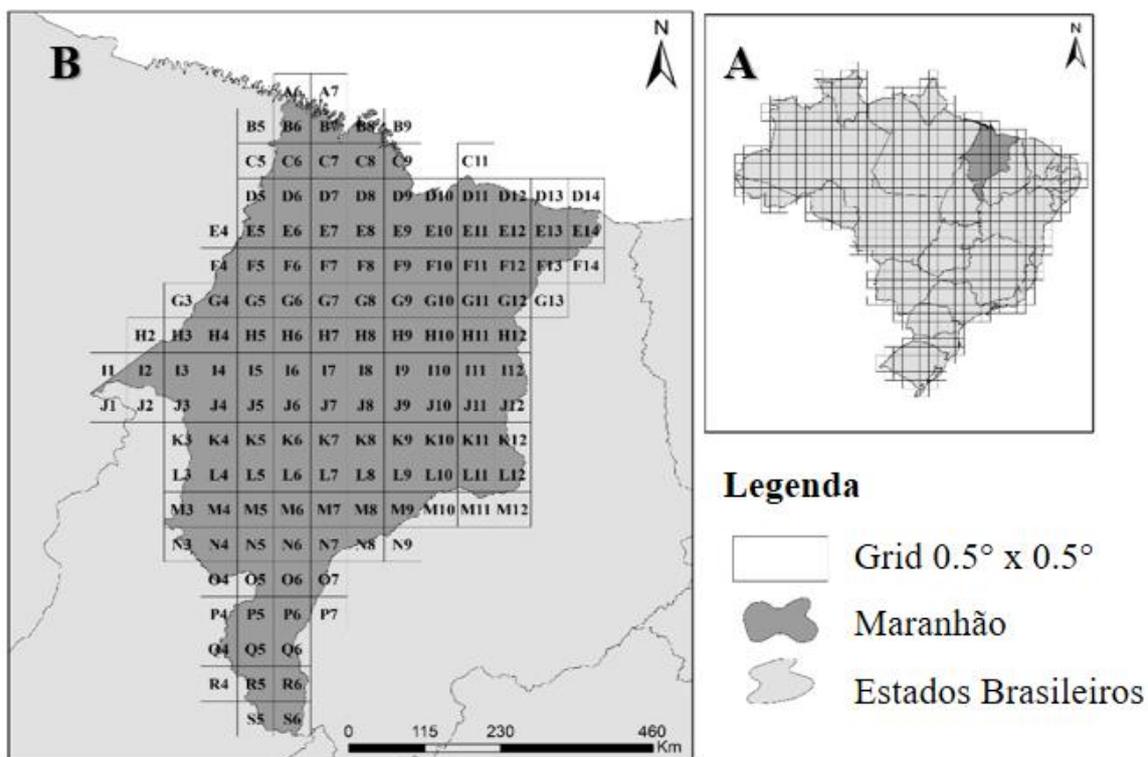


Figura 2. Distribuição das quadrículas com maior e menor concentração de espécies e número de coletas. A. Representação para o Brasil. B. Representação para o Maranhão com a nomeação das quadrículas.

Para análise de densidade de coleta (número de ocorrências por área), foi utilizado o estimador de densidade kernel contido na ferramenta Mapa de Calor do QGIS. O estimador de densidade kernel calcula uma área circular ao redor de cada ponto da amostra, correspondendo ao raio de influência, e então é aplicada uma função matemática de 1, na posição do ponto, a 0, entre os pontos. O valor para a célula é a soma dos valores kernel sobrepostos e divididos pela área de cada raio de pesquisa [55]. A partir da caracterização das áreas de ocorrência das espécies foram apontados os principais vetores de pressão espacial sobre a comunidade de briófitas do Maranhão, utilizando arquivos *shapefile* de uso e ocupação do solo conforme IBGE (2021)[56].

Para identificar as áreas prioritárias para conservação de briófitas no estado foi utilizado o método de Interpolação Geográfica de Endemismo (IGE) [57, 58]. Este método estima um ponto central (centróide) para os pontos de ocorrência de cada espécie e define uma área circular com um raio produzido pela distância entre o centróide e o ponto mais distante da ocorrência, que corresponde à estimativa da distribuição de cada espécie. Para realizar esses procedimentos, foi calculada a área de influência de cada espécie, ou seja, áreas de endemismo (o grau de sobreposição entre os intervalos da distribuição de espécies), de acordo com as ocorrências, plotando curvas interpoladas em mapas, onde as cores mais escuras no mapa (tendendo para o vermelho) corresponderão a áreas de maior riqueza [57]. Desta forma, foi possível identificar e avaliar as áreas (manchas) com maior ocorrência de espécies e de coletas, acompanhado com as áreas pouco coletadas, visando o reconhecimento de locais propícios para ações de conservação e/ou realização de futuras coletas de acordo com a presença de espécies endêmicas, ameaçadas de extinção e/ou baixo esforço amostral. Todas as análises e confecção dos mapas foram realizadas no Quantum GIS 3.6 (QGIS 2015, <http://www.qgis.org/en/site/>).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente para o estado do Maranhão são reconhecidas 269 espécies de briófitas, distribuídas em 110 gêneros e 43 famílias, de acordo com banco de dados verificado construído para o estudo [59]. Em relação ao número de coletas, foram validados 3.727 registros no Maranhão, onde 2.341 estão localizados na região Leste (134 espécies), seguido de 1020 coletados na região Sul (155 espécies), 219 coletados na região Oeste (88 espécies), 131 coletados na região Norte (37 espécies) e 16 na região Central (12 espécies) do Maranhão.

Em relação à distribuição das espécies de briófitas (Figura 3A), no estado do Maranhão, observa-se uma heterogeneidade, com a maior parte das áreas (65%), representando 163 municípios, sem registros de espécies, de 35% e 20% apresentam de uma ou mais espécies enquanto uma menor parte (5% e 2%) apresenta de 31 à 95 espécies. A região Sudoeste apresenta maior riqueza de espécie de briófitas, especificamente o município de Carolina e estreito, onde se localiza o Parque Nacional da Chapada das Mesas. Este Parque é uma área intacta de Cerrado, com vários tipos de fisionomias e com recursos hídricos e variação topográfica com elevado potencial para abrigar altos níveis de riqueza e abundância de espécies da flora maranhense [60]. A região Leste foi a segunda região mais rica em número de espécies, principalmente pela inclusão do município de Caxias, onde se concentra um polo de pesquisas direcionadas ao grupo de briófitas e, por esse motivo, a ocorrência de espécies é bem significativa nessas quadrículas. Evidencia-se que um maior número de espécies foi registrado em áreas próximas a instituições especializadas, com maior número de pesquisadores e com uma demanda relevante de investimento em pesquisas florísticas [61, 62].

As regiões com menor número de espécies são o noroeste, sudeste e o extremo sul do Maranhão, onde não existe representatividade de pesquisas direcionadas ao grupo. Um dos problemas da pesquisa no Brasil é a falta de condições favoráveis para os pesquisadores realizarem coletas e treinamentos em locais estratégicos. Dessa forma, aumentar o investimento em pesquisas sobre a biodiversidade, pode auxiliar na criação e/ou estruturação de postos específicos para pesquisadores trabalhar em redes multidisciplinares da biodiversidade em universidades e institutos de pesquisas, isso contribuirá para descrição de novas espécies em áreas menos amostradas [63].

Outro fator que influencia essas áreas a terem as maiores lacunas de conhecimento sobre as briófitas no Maranhão é a condição atual da conservação da vegetação nessas regiões, pois estão sendo impactadas pelo desmatamento, retirada de madeira, queimadas e aumento das atividades agrícolas. O estado do Maranhão passa por um processo de degradação acelerado, pois atividades madeireiras e agroindustriais nessas regiões são muito frequentes e representam uma importante atividade econômica para a população local, contribuindo com o crescimento econômico de várias cidades [64]. Assim, para as briófitas, todas essas problemáticas citadas alteram o habitat natural, especialmente o microclima, e causam distúrbios antrópicos que podem afetar os caracteres dos gametófitos e esporófitos das mesmas [65]. De acordo com Zartmann (2003) [66], ao estudar a brioflora epífila em fragmentos florestais, a riqueza florística é diretamente proporcional à qualidade ambiental.

Para a distribuição de coletas de briófitas no estado (Figura 3B), observa-se que 17% das áreas apresenta de um a cinco coletas enquanto apenas um município (Caxias) apresenta de 704 a 1.179 registros de coletas. Isso evidencia que muitas regiões do estado possuem lacunas de coletas e que poucas regiões são consideravelmente bem amostradas. Assim como o padrão de distribuição de espécies, o padrão de distribuição das ocorrências de coletas é heterogêneo no estado.

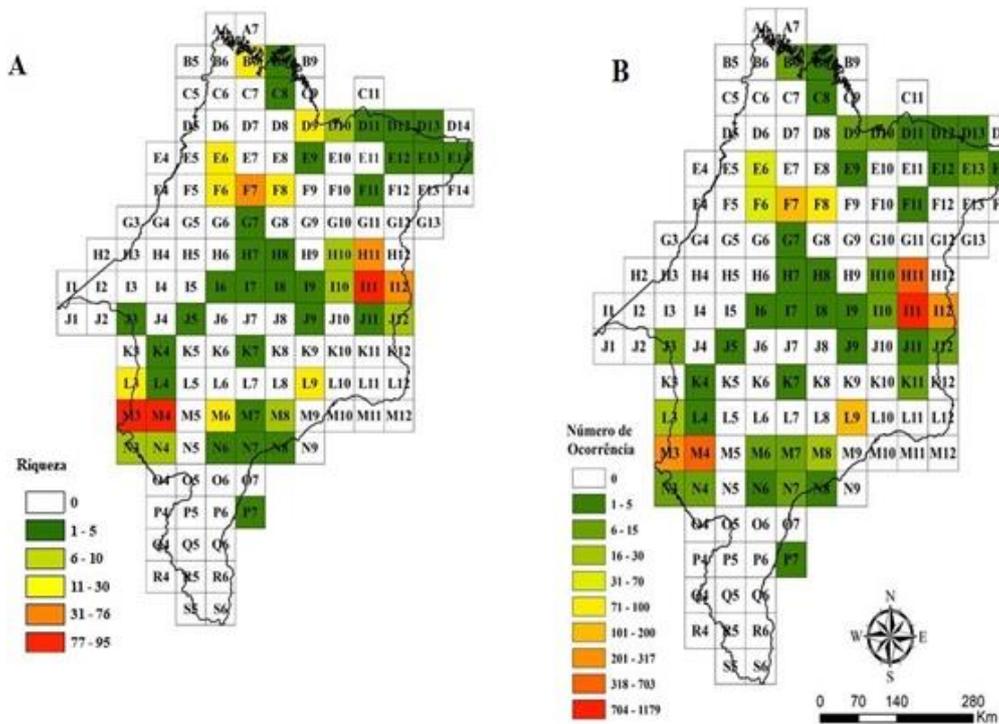


Figura 3. Demonstração cartográfica da distribuição especial de briófitas nas 144 quadrículas analisadas no estado do Maranhão. A. Distribuição das espécies de briófitas. B. Distribuição das coletas de briófitas.

O déficit de coletas no Maranhão pode estar associado a todos os grupos de vegetais, mas para as briófitas esse fator se agrava por ser um grupo por vezes negligenciado em levantamentos florísticos e de difícil identificação das espécies [67]. A região da Amazônia Maranhense possui 65% das áreas não amostradas, gerando baixa densidade de coletas e ocasionando que espécies endêmicas ou com ocorrência exclusiva do domínio fitogeográfico não sejam registradas [9]. Considerando o Cerrado maranhense, que possui mais áreas amostradas do que a Amazônia maranhense, ainda existem áreas que não possuem coletas (Figura 4A). No estado do Maranhão e Piauí, os índices de desmatamento vêm aumentando a cada ano [68], revelando a urgência da realização de levantamentos florísticos, levando em consideração que as últimas pesquisas sobre

o conhecimento da flora de briófitas no Brasil já têm destacado a região Nordeste como uma das regiões mais carentes de amostragem de espécies [69].

Quando relacionamos as áreas de endemismo (Figura 4B), quatro áreas se destacam: na região Leste (município de Caxias) e Sudoeste (Carolina, Estreito) apresentam alta densidade e duas manchas apresentaram densidades intermediárias, ocorrendo no Sudeste (Mirador) e Noroeste (Zé Doca e REBIO Gurupi). A maior parte das áreas do Maranhão não possui áreas de endemismos significativos, seja pelas amostragens baixas ou pela ausência de coletas demonstrando que, mesmo quando várias áreas apresentam de uma a cinco coletas, ao considerar todos esses valores eles não são representativos, nem consistentes.

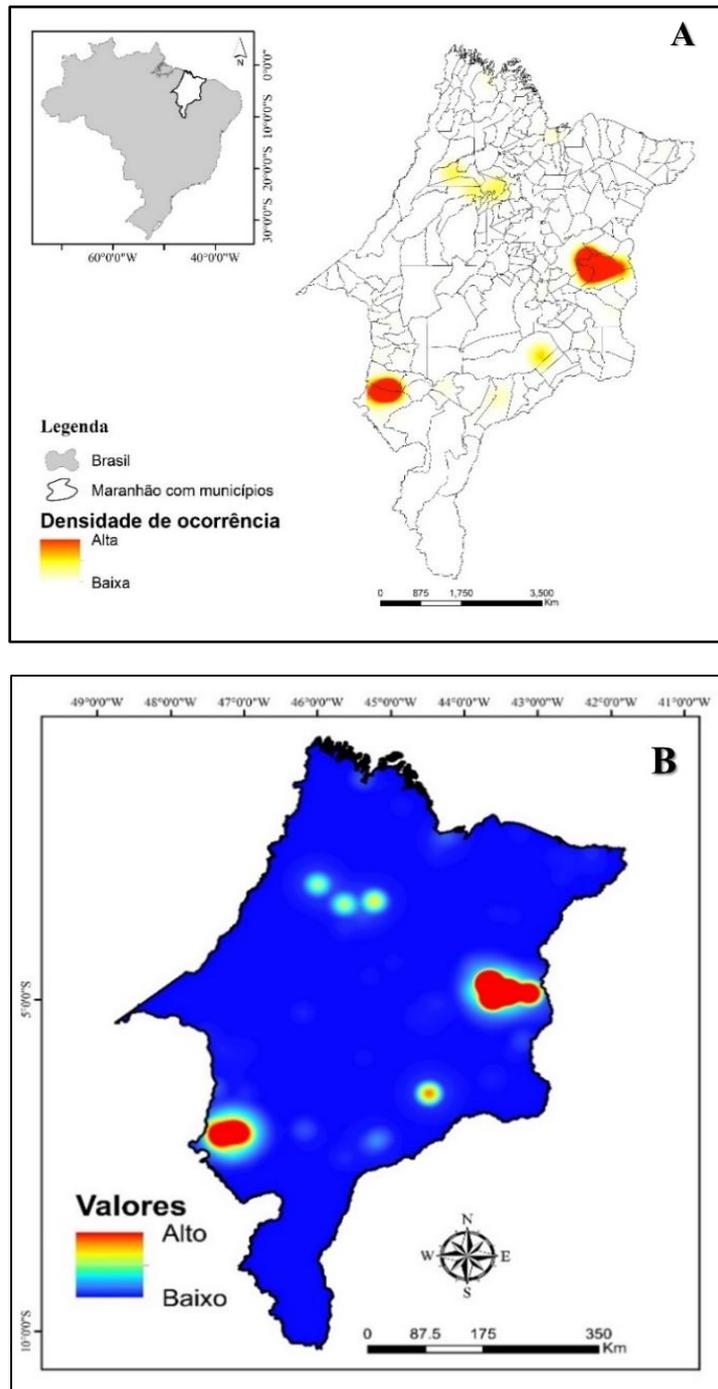


Figura 4. A. Mapa de distribuição da densidade de ocorrências de briófitas do estado do Maranhão. B. Mapa de distribuição das áreas de endemismo das espécies de briófitas no estado do Maranhão.

As manchas de densidade e áreas de endemismos presentes nos mapas apresentados aqui estão sendo influenciadas principalmente pela realização de pesquisas em unidades de conservação. A região Leste do estado foi a mais representativa, considerando as manchas significativas com alto valor de densidade e endemismo. Essa zona possui a maior coleção de briófitas da região Meio Norte (Maranhão e Piauí), localizada no município de Caxias, onde está o herbário HABIT, local que abriga as coletas dos grupos de estudos briológicos da UEMA.

Os pesquisadores que depositam amostras no herbário HABIT desempenham um papel fundamental para o aumento dos estudos florísticos com briófitas para o Maranhão, contribuindo de forma direta para a conservação da biodiversidade local e regional [34]. A área de atuação dos herbários que abrigam as maiores coleções de briófitas e os maiores centros de pesquisas são áreas que apresentam maior riqueza e maior número de registros da biodiversidade [62]. O município de Caxias foi o foco de um bom número de trabalhos já realizados [28-30, 43, 37-38, 76-77]. As unidades de conservação ambientais preservam os processos de reprodução e o desenvolvimento da biodiversidade, fazendo com que o desenvolvimento biológico transcorra sem abalos radicais de origem antrópica [78]. Um outro fator que explica esse alta diversidade e concentração de coletas é o próprio Cerrado, que abriga várias fisionomias florestais, onde o dossel pode se apresentar contínuo ou descontínuo, com predominância de espécies arbóreas com estratos diferenciados, o que acaba proporcionando vários ambientes com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, contribuindo na diversidade de ambientes para as briófitas [79].

Outra mancha com alta densidade e com uma área endêmica evidente está localizada na região Sul, uma área bem representativa em números de coletas que corresponde a localização do Parque Nacional da Chapada das Mesas, onde trabalhos resultaram nas ocorrências de novos registros de espécies para o Maranhão e Nordeste brasileiro [38, 53, 80, 81]. O parque é predominantemente coberto pelo domínio fitogeográfico do Cerrado, com matas de galeria e grandes manchas de Cerrado florestado denominado cerradão, com vasto recurso hídricos como rios, cachoeiras, lagoas que criam ambientes diversificados para as briófitas que tem afinidade por ambientes úmidos [45]. Em um consenso, as áreas de endemismo de briófitas para o estado estão localizadas em UCs, o que é de grande importância, pois auxilia na conservação das espécies.

As manchas com valores baixos estão concentradas em regiões diferentes, sendo uma mancha localizada no Parque Estadual do Mirador (região Sudeste). O Parque é uma UC que abriga uma considerável diversidade de briófitas, com 115 espécimes de briófitas divididos em 12 famílias 19 gêneros e 23 espécies, é uma das maiores unidade de conservação do Maranhão, o Parque pertence às regiões dos chapadões e planaltos, sendo o cerrado à vegetação característica, com várias fisionomias [70, 71]. O Parque Estadual do Mirador (na região Leste do Maranhão) é acometido principalmente pelas ações de desmatamento com queimadas, atribuindo vários impactos para as briófitas [72].

Outra mancha significativa, mas com valores de densidade baixos, foi amostrada na região da Amazônia maranhense (Noroeste) que inclui a REBIO Gurupi, uma UC de proteção integral que possui apenas 23% de floresta primária preservada [73, 74], sendo um dos últimos fragmentos de floresta Amazônica protegida no Maranhão, onde nos últimos anos têm se mostrado relevante com a realização de trabalhos com este grupo [34, 47, 75].

É necessário enfatizar que nessas unidades de conservação várias ameaças estão presentes como o processo de degradação acelerado por meio das agroindústrias, além do descaso da fiscalização que não é aplicada ao ecoturismo, como no Parque Nacional da Chapada das Mesas/PNCM (na região Sudoeste), local por onde circula um alto número de turistas e que aumenta o índice de poluição por meio de garrafas e sacolas. Todos esses fatores acabam prejudicando o desenvolvimento das briófitas que, em decorrência do turismo, por vezes são pisoteadas e arrancadas do seu habitat [39].

As diversas atividades da população dentro e no entorno do PNCM demonstra o grande impacto que essas áreas vêm sofrendo, tornando-se nítida a importância da manutenção do PNCM e controle turístico em áreas sensíveis às perturbações antrópicas por abrigar espécies raras [80-82]. A exploração ilegal de madeira é o principal motor da degradação florestal nas áreas protegidas do “Mosaico Gurupi” (na região Noroeste do Maranhão), aumentando os danos à floresta devido aos efeitos de fragmentação e de compactação do solo. A REBIO Gurupi sofre uma onda de queimadas de origem criminosa, o que representa uma grande ameaça à

biodiversidade [41]. Já a Área de Proteção Ambiental do Inhamum (região Leste do Maranhão) é afetada principalmente pela ausência de plano de manejo sofrendo sérias agressões, como desmatamento, queimadas ilegais, poluição das nascentes em decorrência do lixo deixado pela população local, o que é motivo de alerta, pois essas áreas possuem um importante papel na vida da população caxiense, contribuindo com os recursos hídricos que abastecem parte das residências da cidade [83].

Avaliando a distribuição das espécies de acordo com [84], a conservação das áreas quanto a sua utilização, verificou-se que a maioria das espécies estão em áreas de vegetação natural (Leste) e outra parte em áreas antropizadas (Oeste e Sul) (Figuras 5A e 5C). As modificações no uso da terra induzem variações ambientais, como alteração do ciclo hidrológico e a degradação progressiva do ecossistema, reduzindo assim a qualidade dos recursos da terra e da biodiversidade [84]. Por estas razões, o uso do solo deve ser uma questão primordial no estado do Maranhão, pois em várias regiões do estado houve uma redução na vegetação nativa, com níveis antrópicos elevados devido ao crescente uso das terras [85]. Comparando-se as classes de uso do solo no Maranhão nos últimos anos, percebe-se que as áreas de pastagens foram as que mais tiveram crescimento, pois substituíram áreas de mosaicos florestais e vegetação florestal principalmente no oeste do estado [85].

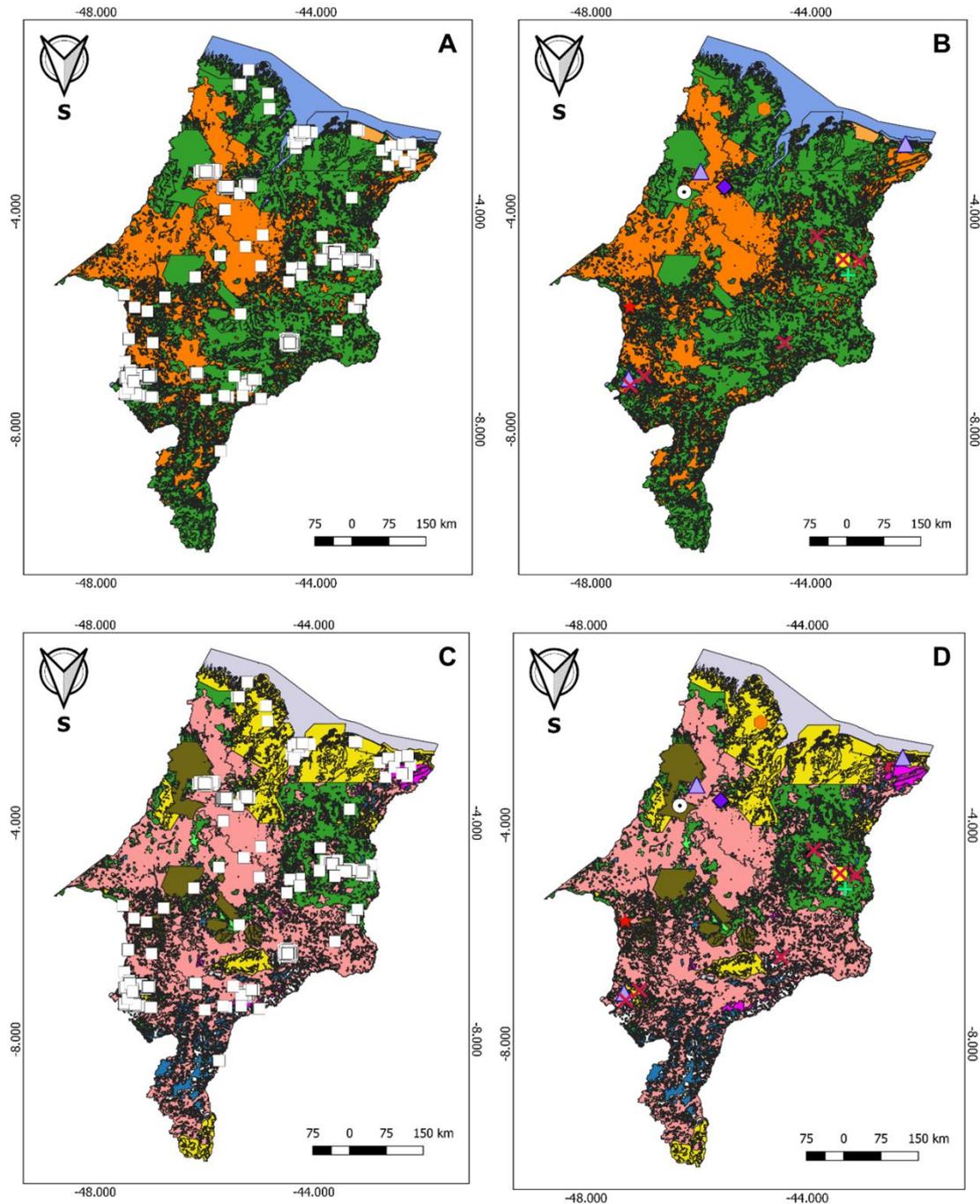


Figura 5. Caracterização dos principais vetores de pressão espacial sobre a comunidade de briófitas do Maranhão. A. Distribuição de briófitas de acordo com a utilização natural ou antrópica do solo. B. Distribuição das espécies endêmicas do Brasil de acordo com a utilização natural ou antrópica do solo. C. Distribuição de Briófitas de acordo uso e ocupação do solo. D. Distribuição das espécies endêmicas do Brasil no Maranhão de acordo com o uso e ocupação do solo.

Em relação às espécies endêmicas (Figuras 5B e 5D), *Aptychopsis estrellae* (Hornsch.) Ångström, *Cheilolejeunea clausa* (Nees & Mont.) R.M.Schust. e *Lejeunea parviloba* Ångstr. estão em área antropizada, enquanto que *Ceratolejeunea maranhensis* Silva Brito & Ilk.-Borg., *Cheilolejeunea neblinensis* Ilkiu-Borges & Gradst., *Cololejeunea diaphana* A. Evans, *Zoopsidella macella* (Steph.) R.M.Schust. e *Frullania caulisequa* (Nees) Nees in Gottsche et al., estão distribuídas em áreas vegetais naturais, mas pressionadas também por vetores antrópicos como desmatamento, extrativismo e, principalmente, o agronegócio. A preservação de ambientes

naturais é fundamental para a conservação de espécies, pois a quantidade de espécies de briófitas ameaçadas aumenta a cada ano, em todos os domínios fitogeográficos brasileiros, os quais estão seriamente ameaçados pelo o acelerado grau de degradação [39, 86, 87].

Visando o uso e ocupação do solo, as áreas de fazendas destinadas à agropecuária diminuem a adequabilidade ambiental para o desenvolvimento dos grupos, pois as espécies podem ser impactadas por diversos fatores como insolação e desidratação, sufocadas por esterco de boi, pisoteadas ou até mesmo servindo de alimento para os bois, causando dessa forma redução populacional [88]. O desmatamento e a degradação do solo estimulam a dispersão de espécies menos tolerantes a esses efeitos [89], porém as espécies sensíveis como a *Ceratolejeunea maranhensis*, *Cheilolejeunea neblinensis*, *Cololejeunea diaphana*, *Zoopsidella macella* e *Frullania caulisequa* possuem registros em áreas de conservação e algumas em reservas indígenas, o que é de grande importância para conservação das espécies. A permanência das populações tradicionais, incluindo os remanescentes das áreas indígenas na Amazônia maranhense, são importantes nas práticas de conservação, pois essas áreas são consideradas ambientes estratégicos para a conservação das espécies [90].

As espécies endêmicas do Brasil, que ocorrem no Maranhão de maneira geral são ameaçadas pela ocupação e uso do solo, pois apesar de *C. neblinensis*, *C. clausa*, *F. caulisequa* e *Z. macella* possuir registros em terra indígena que são áreas protegidas, *C. diaphana* está registrada em espaço de reflorestamento e *C. maranhensis* em unidades de conservação, todos esses territórios fragilizados pela antropização. Já *A. estrellae* e *L. parviloba* localizam-se em territórios agrícolas e com atividades de pecuária, o que potencializa a degradação das populações dessas espécies.

A expansão das agroindústrias no Maranhão vem modificando cada vez mais a paisagem da região, por meio da utilização intensiva dos recursos naturais, além de causar a poluição de aquíferos e do solo, e de transformar ambientes naturais em áreas antropizadas, como matas nativas em extensos campos de soja à margem de rodovias [91]. A redução no tamanho dos fragmentos e o seu isolamento em forma de ilhas desencadeiam alguns processos ecológicos e genéticos populacionais com consequências potencialmente desastrosas como destruição das populações e até extinção das espécies [92].

#### 4. CONCLUSÃO

O Maranhão em relação as briófitas possuem uma distribuição de espécies e número de ocorrências heterogêneas, o que resulta em áreas relativamente bem amostradas e outras áreas pouco e/ou nunca amostradas. As principais áreas de riqueza, número de ocorrências, densidade e endemismo encontram-se nas regiões Leste e Sudoeste do estado, associadas à localização de Unidades de Conservação e Centros de pesquisa. Recomenda-se que esforços de coleta sejam realizados para as regiões Norte, Oeste, Centro e Sul do Maranhão, onde possuem áreas com baixo ou nenhum registro de briófitas. As atividades agrícolas são a principal ameaça para as briófitas no estado. Em decorrência dessas ameaças, sugerimos a delimitação de novas áreas de conservação, revisão de planos de manejos, além de estudos que investiguem os efeitos das mudanças climáticas na distribuição das espécies das briófitas no Maranhão, como intervenções de extrema necessidade e urgência. Recomenda-se, que mais levantamentos de espécies sejam realizados nas regiões indicadas, aqui, com carência de coletas, com a realização de trabalhos brióflorísticos de maneira sistematizada, com amplo esforço amostral, e auxiliando no preenchimento de lacunas de conhecimento e na manutenção da biodiversidade de briófitas do estado do Maranhão.

#### 5. AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), pela bolsa concedida e ao Laboratório de Biologia Vegetal do CESC/UEMA e Herbário Prof. Aluizio Bittencourt (HABIT) pelo apoio prestado durante a execução desse trabalho. Agradecemos a todos os revisores e especialista de briófitas que contribuíram na melhoria do artigo, com correções e sugestões pertinentes.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gaston KJ. Biodiversity. In: Sodhi NS, Ehrlich PR, editors. Conservation Biology for all. Oxford (US): University Press; 2010. p. 27-44.
2. Flora e Funga do Brasil [Internet]. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro; 01 jan 2020 [citado em 10 Jan 2023]; Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/consulta/#CondicaoTaxonCP>
3. Ladle R, Hortal J. Mapping species distributions: living with uncertainty. *Front Biogeogr.* 2013;5:8-9. doi: 10.21425/F5FBG12942
4. Gaston KJ, Rodrigues, ASL. Reserve selection in regions with poor biological data. *Conserv Biol.* 2003;17:188-95. doi: 10.1046/j.1523-1739.2003.01268.x
5. Mace GM. The role of taxonomy in species conservation. *Philos T R Soc B.* 2004;359:711-19. doi: 10.1098/rstb.2003.1454
6. Balmford A, Crane P, Dobson AJ, Green RE, Mace GM. The 2010 challenge: Data availability, information needs and extraterrestrial insights. *Philos T R Soc B.* 2005;306:221-8. doi: 10.1177/194008290800100202
7. Lomolino MV. Conservation biogeography. In: Lomolino MV, Heaney LR, editors. *Frontiers of Biogeography: New Directions in the Geography of Nature*. Sunderland (MA): Sinauer; 2004. p. 293-96.
8. Bush MB, Lovejoy TE. Amazonian conservation: pushing the limits of biogeographical knowledge. *J Biogeogr.* 2007;34:1291-3. doi: 10.1111/j.1365-2699.2007.01758.x
9. Hopkins MJG. Modeling the known and unknown plant biodiversity of the Amazon Basin. *J Biogeogr.* 2007;34:1400-11. doi: 10.1111/j.1365-2699.2007.01737.x
10. Rex MA, Etter RJ. *Deep-Sea Biodiversity: Pattern and Scale*. Cambridge (UK): Harvard Univ. Press; 2010. doi: 10.5860/choice.47-6850
11. Ellwood MDF, Foster WA. Doubling the estimate of invertebrate biomass in a rainforest canopy. *Nature.* 2004;429:549-51. doi: 10.1038/nature02560
12. Hallingbäck T, Hodgetts N. *Mosses, liverworts, and hornworts: Status survey and conservation action plan for bryophytes*. Oxford (UK): Information Press; 2000.
13. Higuchi P, Silva AC, Budke JC, Mantovani A, Bortoluzzi RLC, Ziger AA. Influência do clima e de rotas migratórias de espécies arbóreas sobre o padrão fitogeográfico de florestas na região sul do Brasil. *Cienc Florest.* 2013;23:539-53. doi: 10.1590/2175-7860201869437
14. Manen JF, Barriera G, Loizeau PA, Naciri Y. The history of extant *Ilex* species (Aquifoliaceae): evidence of hybridization within a Miocene radiation. *Mol Phylogenet Evol.* 2010;57:961-77. doi: 10.1016/j.ympev.2010.09.006
15. Morales M, Wulff AF, Fortunato RH, Poggio L. Chromosome studies in southern species of *Mimosa* (Fabaceae, Mimosoideae) and their taxonomic and evolutionary inferences. *Plant Syst Evol.* 2014;300(5):803-17. doi: 10.1007/s00606-013-0920-9
16. Crutzen PJ. Albedo enhancement by stratospheric sulfur injections: A contribution to resolve a Policy Dilemma? *Clim Change.* 2006;77:211-9. doi: 10.1029/GL003i002p00073
17. Scott GAM. Desert bryophytes. In: Smith JE, editor. *Bryophyte ecology*. London (UK): Chapman and Hall; 1982. p. 105-22. doi: 10.1007/978-94-009-5891-3\_4
18. Gradstein SR, Churchill SP, Salazar Allen N. *Guide to the bryophytes of Tropical America*. Mem N Y Bot Gard. 2001;86:1-585.
19. Gradstein SR, Pócs T. Bryophytes. In: Lieth H, Werger MJA, editors. *Tropical Rain Forest Ecosystems*. Amsterdam (NL): Elsevier; 1989. p. 311-25.
20. Glime JM. *Bryophyte ecology*. United States: Michigan Technological University; Botanical Society of America; International Association of Bryology; 2009. Disponível em: [www.bryoecol.mtu.edu](http://www.bryoecol.mtu.edu)
21. Goffinet B, Shaw AJ. *Bryophyte biology*. 2. ed. Cambridge (UK): University Press; 2009.
22. Tan BC, Pócs T. Bryogeography and conservation of bryophytes. In: Shaw JA, Goffinet B, editors. *Bryophyte biology*. 1. ed. New York (US): Cambridge University Press; 2000. p. 403-48.
23. Vanderpoorten A, Hallingbäck T. Conservation biology of bryophytes. In: Goffinet B, Shaw AJ, editors. *Bryophyte biology*. New York (US): Cambridge University Press; 2009. p. 487-533.
24. Vanderpoorten A, Goffinet B. *Introduction to bryophytes*. New York (US): Cambridge University Press; 2009.
25. Churchill SP. Catalog of amazonian mosses. *J Hattori Bot Lab.* 1998;85:191-238.
26. Yano O. Novas ocorrências de briófitas para vários estados do Brasil. *Acta Amazon.* 2004;34:559-76.
27. Yano O, Peralta DF. Novas ocorrências de briófitas para os Estados de Alagoas e Sergipe, Brasil. *Arq Museu Nac.* 2006;64:287-97.

28. Brito ES, Rodrigues MS, Conceição GM. Ocorrência da família Sematophyllaceae (Bryophyta), da Área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum, Caxias, Maranhão, Brasil. *Inovação*. 2008;8:60-3.
29. Brito ES, Conceição GM, Peralta DF. Notes on geographic distribution: Pottiaceae, *Hyophila involuta* (Hook.) Jaeg. & Sauerb. (New occurrence in the state of Maranhão, Brazil), *Hyophila apiculata* Fleisch (New occurrence in Brazil). *Pesq Foco*. 2009;2:80-3. doi: 10.18817/pef.v28i1.3297
30. Conceição GM, Rugieri AC, Brito ES. Musgos pleurocárpicos do município de Caxias, Maranhão, Brasil. *Acta Tecnol*. 2010;5:32-42. doi: 10.35818/acta.v5i1
31. Santos FJL, Conceição GM. Espécies da brioflora do Parque Estadual do Mirador, Maranhão, Brasil. *Cader Geoci*. 2010;7:136-9.
32. Varão LF, Cunha IPR, Peralta DF. Levantamento de briófitas do distrito Bananal, município de Governador Edison Lobão, Maranhão, Brasil. *Rev Biol Ciênc Terra*. 2011;11:88-92.
33. Macedo LPC, Ilkiu-Borges AL. Richness of Marchantiophyta and Bryophyta in a protected area of the Brazilian Amazon. *Acta Bot Bras*. 2014;28:527-38.
34. Brito ES, Ilkiu-Borges AL. Briófitas de uma área de terra firme no município de Mirinzal e novas ocorrências para o estado do Maranhão, Brasil. *Iheringia Ser Bot*. 2014;69:133-42.
35. Costa DP, Peralta DF. Bryophytes diversity in Brazil. *Rodriguésia*. 2015;66:1063-71.
36. Vieira HC, Oliveira RR, Silva ML, Silva DLS, Conceição GM. Briófitas de ocorrências em São João do Sóter, Maranhão, Brasil. *Acta Brasiliensis*. 2017;1:8-12.
37. Oliveira RF, Silva GS, Oliveira RR, Oliveira HC, Conceição GM. Musgos (Bryophyta) de um fragmento do Cerrado Maranhense, Brasil. *Biota Amazon*. 2018;8:12-8. doi: 10.18561/2179-5746/biota
38. Oliveira RR, Medeiros DL, Oliveira HC, Conceição GM. Briófitas de área sob o domínio fitogeográfico do Cerrado e novas ocorrências para o Maranhão e região Nordeste do Brasil. *Iheringia Ser Bot*. 2018;73:192-5.
39. Oliveira RR, Oliveira HC, Peralta DF, Conceição GM. Acrocarpic mosses (Bryophyta) of Chapada das Mesas National Park, Maranhão, Brazil. *Check List*. 2018;14:967-75. doi: 10.15560/14.6.967
40. Oliveira RR, Sá NA, Conceição GM. Hepáticas (Marchantiophyta) do estado do Maranhão, Brasil. *Biota Amazon*. 2018;8:19-23. doi: 10.18561/2179-5746/biota
41. Celentano D, Miranda MVC, Mendonça EN, Rosseau GX, Muniz FH, Loch VC, et al. Desmatamento, degradação e violência no “Mosaico Gurupi”- A região mais ameaçada da Amazônia. *Estud Avançados*. 2018;32(92):315-339.
42. Silva AM, Oliveira RO, Conceição GM. Musgos (Bryophyta) do Morro do Alecrim, centro urbano de Caxias, Maranhão, Brasil. *Rev Arq Cient IMMES*. 2018;1:55-62. doi: 10.5935/2595-4407/rac.immes.v1n1p55-62
43. Costa AM, Oliveira RR, Santos-Silva DL, Sá NAS, Conceição GM. Briófitas do Cerrado Maranhense, Nordeste do Brasil. *Rev NBC*. 2018;8:1-13.
44. Bonfim MAS, Oliveira RF, Oliveira RR, Gomes GS, Araujo MFV, Silva MLA, Nascimento JM, et al. Bryophytes in Maranhão/Brazil: A new area, a new species list. *Int J Adv Eng Res Sci*. 2019;6:188-92.
45. Oliveira RR, Oliveira RF, Oliveira HC, Peralta DF, Conceição GM. Pleurocarpous and cladocarpous mosses (Bryophyta) of Parque Nacional da Chapada das Mesas, with newly recorded species from Maranhão and the northeast region of Brazil. *Check List*. 2020;16:1733-45. doi: 10.15560/16.6.1733
46. Fernandes RS, Silva JAS, Ottoni FP, Costa DP. Diversity of thalloid liverworts in Brazilian Savanna of Parque Nacional da Chapada das Mesas, Maranhão, Brazil. *Check List*. 2021;17:45-58. doi: 10.15560/17.1.45
47. Oliveira RR, Silva GS, Gomes GDS, Oliveira RF, Silva DLS, Peralta DF, et al. Diversity and conservation of bryophytes in the amazon cerrado transition of Northeastern Brazil. *Pesqui Bot*. 2021;75:291-313.
48. Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, [Fundação] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Resolução nº 05 de 10 de outubro de 2002. Diário Oficial da União; 2002. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=11/10/2002&journal=1&pagina=48&totalArquivos=152>
49. Stella A. Plano de prevenção e controle do desmatamento e queimadas do Maranhão. 1. ed. São Luís (MA): Secretária do Meio Ambiente do estado do Maranhão; 2011.
50. Maranhão. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no estado do Maranhão. São Luís (MA): Secretaria de estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais; 2011.
51. Montes ML, Costa RCR, Silva GB, Fonseca EG, Orlandi RP, Lima EA, et al. Zoneamento Geoambiental do Estado do Maranhão: Diretrizes gerais para a ordenação territorial. Salvador (BA): Ministério de Planejamento, Orçamento e Coordenação; 1997.

52. Costa DP, Peralta DF. Briófitas In: Lista de espécies da flora e funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro [Internet]; 01 jan 2020 [citado em 12 mai 2022]. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB128472>
53. The plant list. A working list of all plants. Version 1.1. [Internet]; 10 jan 2000 [citado em 30 nov 2022]. Disponível em: [www.theplantlist.org](http://www.theplantlist.org)
54. Menezes MOT, Taylor N, Loiola MIB. Flora do Ceará, Brasil: Cactaceae. *Rodriguésia*. 2013;64(4):757-74. doi: 10.1590/S2175-78602013000400007
55. Silverman BW. Density estimation for statistics and data analysis. London (UK): Chapman & Hall; 1986.
56. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Cobertura e uso da terra 2021 [Internet]; 10 mar 2021 [citado em 15 jan 2023]; Disponível em: [www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra.html](http://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra.html)
57. Oliveira U, Brescovit AD, Santos AJ. Delimiting áreas of endemism through Kernel Interpolation. *PloS One*. 2015;10:1-18. doi: 10.1371/journal.pone.0116673
58. Castuera-Oliveira L, Oliveira-Filho AT, Eisenlohr PV. Emerging hotspots of tree richness in Brazil. *Acta Bot Bras*. 2020;34(1):117-34. doi: 10.1590/0102-33062019abb0152
59. Oliveira RF, Silva GS, Oliveira RR, Carmo DM, Peralta DF, Conceição GM. Checklist of Bryophytes (Anthocerotophyta, Bryophyta and Marchantiophyta) of the state of Maranhão, Brazil. No prelo em *Phytotaxa*. 2023;1-25.
60. Galinkin M, Dias A, Latrubesse EM, Scardua FP, Mendonça AF, Arruda MB. Projeto Corredor Ecológico Araguaia – Bananal. In: Arruda MB, Sá LFSN, editores. Corredores ecológicos – Uma abordagem integradora de ecossistemas no Brasil. Brasília (DF): IBAMA; 2004. p. 81-132.
61. Ponder WF, Carter GA, Flemons P, Chapman RR. Evaluation of museum collection data for use in biodiversity assesment. *Conserv Biol*. 2001;15(3):648-57.
62. Amorim TE, Carvalho FA, Santos ND, Luizi-Ponzo AP. Distribution of bryophytes in South-Eastern Brazil: An approach on floristic similarity and environmental filtering. *Cryptogam Bryol*. 2017;38:3-17. doi: 10.7872/cryb/v38.iss1.2017.3
63. Magnusson WE, Ishikawa NK, Lima AP, Dias DV, Costa FM, Holanda ASS, et al. A linha de véu: Uma biodiversidade brasileira desconhecida. *Parcer Estrat*. 2016;21(42):45-60.
64. Celentano D, Rousseau GX, Muniz FH, Varga ID, Martinez C, Carneiro MS, et al. Towards zero deforestation and forest restoration in the Amazon region of Maranhão state, Brazil. *Land use Policy*. 2017;68:692-8. doi: 10.1016/j.landusepol.2017.07.041
65. Alvarenga LDP, Pôrto KC, Silva MPP. Relations between regional-local habitat loss and metapopulation properties of epiphyllous bryophytes in the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*. 2009;41:682-91. doi: 10.1111/j.1744-7429.2009.00532.x
66. Zartmann CE. Habitat, Fragmentation impacts on epiphyllous bryophyte. *Communities in Central Amazônia*. *Ecol*. 2003;84(4):948-54. doi: 10.1890/0012-9658(2003)084[0948:HFIOEB]2.0.CO;2
67. Oliveira U, Soares-Filho BS, Santos AJ, Paglia AP, Brescovit AD, Carvalho CJB, et al. Modelling highly biodiverse areas in Brazil. *Sci Rep*. 2019;9:6355. doi: 10.1038/s41598-019-42881-9
68. MapBiomias. RAD 2021: Relatório Anual do Desmatamento no Brasil. São Paulo (SP): MapBiomias; 2022.
69. Costa DP, Pôrto KC, Luizi-Ponzo AP, Ilkiu-Borges AL, Bastos CJP, Câmara PEAS, et al. Synopsis of the Brazilian moss flora: Checklist, distribution and conservation. *Nova Hedwig*. 2011;93(3-4):277-334. doi: 10.1127/0029-5035/2011/0093-0277
70. Santos FJL, Conceição GM. Espécies da brioflora do Parque Estadual do Mirador, Maranhão, Brasil. *Cader Geoci*. 2010;7:136-9.
71. Conceição GM, Castro AAJF. Florística de uma área cerrado marginal, Parque Estadual do Mirador, Maranhão. *Rev Acta Technol*. 2009;4(2):39-61.
72. Bezerra DS, Dias BCC, Rodrigues LHS, Tomaz RB, Santos ALS, Silva Junior CHL. Análise dos focos de queimadas e seus impactos no Maranhão durante eventos de estiagem no período de 1998 a 2016. *Rev Bras Clima*. 2018;14(22):446-62.
73. Silva JMC, Rylands AB, Fonseca GAB. O destino das áreas de endemismo da Amazônia. *Megadiv*. 2005;1(1):124-31.
74. Almeida AS, Vieira ICG. Centro de endemismo Belém: Status da vegetação remanescente e desafios para a conservação biológica e restauração Ecológica. *Rev Estud Universit*. 2010;36(3):95-111.
75. Macedo LPC, Ilkiu-Borges AL. Richness of Marchantiophyta and Bryophyta in a protected area of the Brazilian Amazon. *Acta Bot Bras*. 2014;28:527-38. doi: 10.1590/0102-33062014abb3416
76. Silva AM, Santos-Silva DL, Silva GS, Oliveira RR, Oliveira RF, Conceição GM. Muito além de uma coleção de plantas: Contribuições do Herbário Professor Aluizio Bittencourt (HABIT), para o conhecimento da Flora do Maranhão, Brasil. *Rev Arq Cient*. 2020;3:181-8.

77. Costa FB, Silva EO, Conceição GM. Hepáticas (Marchantiophyta) e musgos (Bryophyta) da Área de Proteção Ambiental do Buriti do Meio, município de Caxias, Maranhão, Brasil. *Sci Plena*. 2015;11:1-4.
78. Drummond JA, Franco JLA, Ninis AB. O estado das áreas protegidas no Brasil - 2005. Brasília (DF): Ministério do Meio Ambiente; 2006.
79. Ribeiro JF, Walter BMT. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, editors. *Cerrado: Ambiente e flora Planaltina*. Brasília (DF): EMBRAPA-CPAC; 1998. p. 89-166.
80. Fernandes RS, Silva JAS, Ottoni FP, Costa DP. Diversity of thalloid liverworts in Brazilian Savanna of Parque Nacional da Chapada das Mesas, Maranhão, Brazil. *Check List*. 2021;17(1):45-58. doi: 10.15560.17.1.45
81. Costa FB, Silva GS, Santos-Silva DL, Gomes GS, Peralta DF, Oliveira HC. Hepáticas (Marchantiophyta) do Parque Nacional Chapada das Mesas: Novos registros para o Bioma Cerrado. *Rev Princ*. 2021;56:191-202. doi: 10.18265/1517-0306a2021id4558
82. Coelho LOS, Moura RS, Nascimento L, Fernandes RTV. Impactos causados pela implantação do Parque Nacional da Chapada das Mesas em Carolina, Maranhão. *Acta Technol*. 2020;15(2):1-16. doi: 10.35818/acta.v15i2.806
83. Câmara JT, Lima AR. O uso de trilhas ecológicas para trabalhar educação ambiental. *Educ Amb Ação*. 2017;20(75):1-20.
84. Oliveira RR, Andrade IM. Bryophytes in conservation units: A scientometric analysis. *Res Soc Develop*. 2021;10(8):e4610816940. doi: 10.33448/rsd-v10i8.16940
85. Bajocco S, Angelis A, Perini L, Ferrara A, Salvati L. The impact of land use/land cover changes on land degradation dynamics: a Mediterranean case study. *Environ Manage*. 2012;49:980-9. doi: 10.1007/s00267-012-9831-8
86. Santos FS. A importância da Biodiversidade. *Rev Cient Educ Dist*. 2010;1-17.
87. Martins MB, Oliveira TG. *Amazônia maranhense: Diversidade e conservação*. Belém (PA): Museu Paraense Emílio Goeldi; 2011.
88. Kohl LP, Gardner TA. Conservation in human-modified landscapes. In: Sodhi NS, Ehrlich PR, editors. *Conservation biology for all*. New York (US): Oxford University Press Inc; 2011. p. 236-61. doi: 10.1093/acprof:oso/9780199554232.003.0014
89. Klink CA, Machado RB. A conservação do Cerrado Brasileiro. *Megadiversidade*. 2005;1:147-55.
90. Silva ATR. A conservação da biodiversidade entre os saberes da tradição e a ciência. *Ciênc Valor Alternat*. 2015;29(83):1-28.
91. Rodrigues SJD. Dinâmicas territoriais da expansão da fronteira da soja e da organização do trabalho no sul do Maranhão. *Rev Geogr Agr*. 2014;9(17):86-110. doi: 10.14393/RCT91722592
92. Hall P, Walker S, Bawa K. Effect of forest fragmentation on genetic diversity and mating system in a tropical tree, *Pithecellobium elegans*. *Conserv Biol*. 1996;10:757-68.