



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO**  
**TECNOLÓGICA**

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DAS ÁGUAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE**  
**MESTRADO ACADÊMICO EM BIODIVERSIDADE**

**Marise Helen Vale de Oliveira**

**Ampliando o conhecimento sobre a flora**  
**Amazônica: Distribuição da riqueza de**  
**samambaias e licófitas na Amazônia Central**

**Santarém - Pará**

**2020**

**Marise Helen Vale de Oliveira**

**Ampliando o conhecimento sobre a flora  
Amazônica: Distribuição da riqueza de  
samambaias e licófitas na Amazônia Central**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade - Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como requisito para obtenção de grau de Mestre em Ciências Biológicas. Área de concentração: Sistemática e evolução.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra.: Thaís Elias Almeida

**Santarém - Pará**

**2020**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

---

O48a Oliveira, Marise Helen Vale de  
Ampliando o conhecimento sobre a Flora Amazônica: distribuição da  
riqueza de samambaias e licófitas na Amazônia Central./ Marise Helen  
Vale de Oliveira. – Santarém, 2020.  
56 p. : il.  
Inclui bibliografias.

Orientadora: Thaís Elias Almeida  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Pró-  
reitoria de Pesquisa, Pós Graduação e Inovação Tecnológica, Programa de  
Pós-Graduação em Biodiversidade.

1. Amazônia. 2. Conhecimento de Biodiversidade. 3. Rio Tapajós. I.  
Almeida, Thaís Elias, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 587.3098115

**Universidade Federal do Oeste do Pará**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE**



**ATA Nº 10**

Em acordo com o Regimento do Programa de Pós Graduação em Biodiversidade da Universidade Federal do Oeste do Pará, a dissertação de mestrado é julgada por uma Banca Avaliadora não presencial, constituída por três avaliadores titulares, sendo um deles obrigatoriamente externo ao curso, com título de doutor ou equivalente (Artigo 57 do referido regimento), e dois suplentes. O acadêmico é considerado aprovado quando ao menos dois membros avaliadores emitirem pareceres Aprovado ou Aprovado com Correções. Alternativamente, o acadêmico que comprovar o aceite ou a publicação de pelo menos um artigo resultante da sua dissertação, como primeiro autor, em co-autoria com orientador (ou orientador e co-orientador quando for o caso) em periódico avaliado pela CAPES, no sistema Periódico Qualis, nível A2 ou superior na área de biodiversidade, será dispensado da avaliação da dissertação, cabendo ao discente apenas a apresentação pública do trabalho (Artigo 59). O acadêmico que tiver sua dissertação aprovada deverá apresentá-la em sessão pública com duração entre 40 e 50 minutos, no prazo máximo de vínculo com o curso, ou seja, 24 meses desde o ingresso, a que se refere essa ata, de acordo com o Artigo 65 do Regimento do PPGBEES.

Assim, aos 17 (dezessete) dias do mês de fevereiro do ano de 2020 (dois mil e vinte), às 14h00min, na sala 304 do Bloco Modular Tapajós, instalou-se a apresentação de seminário público da dissertação de mestrado da aluna MARISE HELEN VALE DE OLIVEIRA. Deu-se início a abertura dos trabalhos, onde a Professora Dra. THAIS ELIAS ALMEIDA (ORIENTADORA), após esclarecer as normativas de tramitação da defesa e seminário público, de imediato solicitou à candidata que iniciasse a apresentação da dissertação, intitulada Ampliando o conhecimento sobre a flora Amazônica: Distribuição da riqueza de samambaias e licófitas na Amazônia Central. Concluída a exposição, a orientadora comunicou a discente que a versão final da dissertação deverá ser entregue ao programa, no prazo de 30 dias; contendo as modificações sugeridas pela banca examinadora e constante nos formulários de avaliação da banca.

A banca examinadora foi composta pelos examinadores professores doutores listados abaixo. Os pareceres assinados seguem em sequência.

---

THAIS ELIAS ALMEIDA  
Orientador

---

MARISE HELEN VALE DE OLIVEIRA  
Discente

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha mãe pelo apoio incondicional, meu pai, meu irmão, meu sobrinho por estarem sempre ao meu lado torcendo por mim. O Jhonathan Galúcio por ser meu companheiro de vida, meu melhor amigo e por sempre vibrar de felicidade a cada conquista minha.

À minha Orientadora Thaís Almeida por me apresentar o mundo das samambaias e licófitas, pela confiança em meu trabalho, por se fazer sempre presente em todos os momentos que precisei, por seus ensinamentos e pela linda amizade que construímos, gratidão.

Agradeço aos Curadores do Herbário HSTM (Thaís e Leandro) por me permitirem compartilhar momentos de muito aprendizado e pelo suporte para a realização do meu trabalho. Aos meus colegas do Herbário (Kelly, Rebeca, Marcos, Emeli, Kelves, Darlem, Keven e Carol) por sempre me acolherem com sorrisos e pelo carinho a mim dedicado.

Agradeço aos pesquisadores e professores: Benjamin Torke, Talita Machado, Deliane Penha, Thiago André, Augusto Santiago, Rafael de Fraga, Rodrigo Fadini, Leandro Giacomini e Amanda Mortati, Flávia Costa e Igor Kaefer por contribuírem com a minha formação e pelo conhecimento dividido comigo, meu muito obrigada.

Agradeço também aos membros da banca por todas as considerações que foram muito importantes para a conclusão do meu trabalho.

Aos meus colegas da segunda turma do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade pelas discussões produtivas em sala de aula que com certeza auxiliaram muito na minha formação profissional. Agradeço ao meu grande amigo Raul Fróis por estar sempre ao meu lado, por sempre ter as palavras necessárias a me dizer, por acreditar no meu potencial e por me ensinar a ser forte. A Daiane e Ellen por compartilhar momentos difíceis, por nos apoiarmos e pelo incentivo de sempre seguir em frente.

Aos meus amigos: Gustavo, Grace, Gerlane, Andressa e Daciele por sempre me apoiarem e sonharem comigo por dias melhores, pelas conversas, pelos momentos felizes e nos menos felizes por não soltarem minha mão, meu muito obrigada.

Ao curador do Herbário do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia Michael Hopkins pelo suporte para a realização do meu trabalho com as samambaias e licófitas tombadas nas coleções e pela estadia em Manaus. Agradeço também ao Curador do Herbário do Museu Nacional Emílio Goeldi Pedro Viana pelo suporte e pelo fornecimento dos dados de samambaias e licófitas do Herbário do museu para a construção da base de dados do estudo muito obrigada. Agradeço a todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desse estudo, gratidão.

## RESUMO

Samambaias e licófitas são plantas de origem antiga, desprovidas de sementes. Sua dispersão através de esporos ocorre pelo vento, o que torna possível sua distribuição para diversos locais. São importantes indicadores ambientais, se tornando um grupo especial quando o assunto é conservação. A região do Baixo Tapajós, localizada na região oeste do estado do Pará, na bacia do rio Tapajós, apresenta uma grande diversidade de samambaias e licófitas, mas toda essa riqueza está sob ameaça pelas constantes ações humanas como queimadas em Áreas de Proteção Ambiental e construção de barragens no curso do rio Tapajós. O objetivo desse trabalho foi analisar lacunas de coletas, vieses de amostragem, distribuição da riqueza e checar se as áreas protegidas na região do Baixo Tapajós estão contribuindo para a conservação da flora usando samambaias e licófitas como grupo modelo. Para isso, uma base de dados foi construída a partir de informações de cada espécime de samambaia e licófita coletado na região e depositado em coleções científicas ou disponíveis em trabalhos publicados. Esses registros foram verificados para precisão e correção da localização e foram georeferenciados quando necessário. Os registros foram checados e identificados com auxílio de chave dicotômica. A relação entre esforço amostral e riqueza de espécies foi avaliada assim como se os registros são enviesados para áreas próximas a rotas de acesso (definidos como estradas ou rios navegáveis). Foi feita uma comparação da composição das espécies entre as áreas de estudo e outras dezesseis áreas que possuem inventários de samambaias e licófitas na Amazônia brasileira. Apresentamos aqui o primeiro checklist para as samambaias da bacia do Baixo Tapajós, assim como para as quatro Unidades de Conservação que apresentaram registros dessas plantas. Foi possível identificar o estado de conservação das espécies assim como locais que apresentavam lacunas de coleta. O viés de amostragem também foi verificado a partir das rotas de acesso em rios e estradas e foi possível verificar um adensamento de coletas restrito a áreas de acesso facilitado e próximo de grandes municípios. Por se tratar de uma região alvo de ações destrutivas e um grupo de estudo tão sensível a mudanças ambientais, as informações obtidas a partir da pesquisa são de suma importância para o auxílio na conservação da flora da região do Baixo Tapajós. Obter esses dados a partir de acervo de herbário valoriza ainda mais a preciosidade dessas coleções científicas, e o quanto ele é capaz de guardar e registrar a história da flora de uma determinada região. Com base no referido estudo sobre informações a respeito da distribuição

dessas plantas se faz possível que gestores de Unidades de Conservação utilizem essas informações para elaborar políticas de proteção as espécies, para que assim minimizem conflitos de devastação em áreas de floresta ocasionada por ação humana.

Palavras-chave: Amazônia, conhecimento da biodiversidade, lacunas de coleta, Rio Tapajós, registros de herbário.

## **ABSTRACT**

Ferns and lycophytes are seedless plants of ancient origin. Its dispersion through spores occurs by the wind, which makes them possible to occur in several places. They are important environmental indicators, becoming a special group when it comes to conservation. The Lower Tapajós region, located in the western region of Pará state, in the Tapajós River basin, has a large diversity of ferns and lycophytes, but all this richness is under threat from constant human actions such as fires in Protected Areas and construction of dams in the Tapajós river . The objective of this work was to analyze collection gaps, sampling biases, richness distribution and assess if protected areas in the Lower Tapajós are contributing to the conservation of the flora using ferns and lycophytes as model group. For this, a database was built from information of each fern and lycophyte specimen collected in the region and deposited in scientific collections or available in published works. These records were verified for location accuracy and correctness and were georeferenced when necessary. The records were checked and identified using a dichotomous key. The relationship between sampling effort and species richness was evaluated as well as whether records were biased towards areas close to access routes (defined as roads or navigable rivers). A comparison of species composition was made between the study areas and sixteen other areas that have fern and lycophyte inventories in the Brazilian Amazon. Here we present the first checklist for the ferns of the Baixo Tapajós basin, as well as for the four Conservation Units that presented records of these plants. It was possible to identify the conservation status of the species as well as places that had collection gaps. The sampling bias was also verified from the access routes in rivers and roads and it was possible to verify a collection density restricted to areas with easy access and close to large municipalities. Because it is a target region of destructive actions and a study group so sensitive to environmental changes, the information obtained from the research is of paramount importance to aid in the conservation of the flora of the Lower Tapajós region. Obtaining this data



from an herbarium collection further enhances the preciousness of these scientific collections, and how much it is capable of storing and recording the history of the flora of a given region. Based on this study on information about the distribution of these plants, it is possible for managers of protected areas to use this information to develop species protection policies, so as to minimize conflicts of devastation in forest areas caused by human action.

Keywords: Amazonia, biodiversity knowledge, herbarium records, sampling gaps, Tapajós river

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figure 1 – Map showing the composite study area (Lower Tapajós) and the locations of protected areas within it.....	36
Figure 2- Map showing the number of species records of ferns and lycophytes in the Lower Tapajós. Light blue lines correspond to municipal boundaries.....	37
Figure 3- Linear regression between species and record number found per grid in the Lower Tapajós.....	37
Figure 4- Species sampling of ferns and lycophytes in a 0.7-degree radius heat map in the Lower Tapajós region.....	38
Figure 5- Two-dimensional projection of the NMDS analysis of fern and lycophyte species composition comparing the Lower Tapajós protected areas and 16 other areas of the Amazon.....	39

## LISTA DE TABELAS

Table 1 - Voucher of fern species registered in Baixo Tapajós region .....	40
Table 2. Voucher of lycophyte species registered in the Baixo Tapajós region .....	49
Table 3 - Studies conducted in the Amazon region consulted for floristic comparison with the present study.....	50

## SUMÁRIO

<b>1- INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>10</b>
<b>2- Ampliando o conhecimento da flora Amazônica: Distribuição da riqueza de samambaias e licófitas na Amazônia Central.....</b>	<b>14</b>
Introduction .....	18
Material and Methods.....	20
Results .....	23
Discussion.....	26
Conclusion .....	28
References.....	29
Figures and Tables .....	36

## INTRODUÇÃO GERAL

### Samambaias e licófitas do Baixo Tapajós

#### Qual o problema da pesquisa?

Samambaias e licófitas são plantas que tiveram origem no período devoniano. Essas plantas se diferenciam dos outros grupos pela ausência de flores e frutos e presença de esporos que ficam acondicionados em estruturas denominadas esporângios e o conjunto de esporângios formam os soros, que podem apresentar diversas formas. Os esporos se dispersam pelo vento e para germinar necessitam de um ambiente úmido, pois a água é um fator essencial para o crescimento e reprodução desses tipos de plantas.

Por necessitarem desse tipo de ambiente especial, essas plantas são abundantes em florestas tropicais. No Brasil, existem mais de mil e trezentas espécies de samambaias e licófitas que habitam principalmente áreas próximas a cursos de água. A região Amazônica, em especial a área do Baixo Tapajós, localizado no oeste do estado do Pará apresenta diversos ambientes propícios para ocorrência de samambaias, pois fornece condições necessários às especificidades do grupo. Na região são encontrados vários registros de ocorrência de diversas espécies com uma variedade de formas de vida, podendo ser aquáticas, epífitas, terrestres, rupícolas.



**Como a pesquisa foi realizada?**

A pesquisa foi desenvolvida na região do Baixo Tapajós pela necessidade e urgência de conhecer a flora de samambaias e licófitas da região tendo em vista as crescentes ameaças às espécies por ação humana. Para isso, buscamos compreender como essas plantas estão distribuídas na região, identificando a riqueza na área e fornecendo assim informações a respeito das lacunas de coleta que ainda existem. Por se tratar de um ambiente vasto e de difícil acesso em alguns locais, constatou-se a existência de um viés de amostragem estritamente relacionado a rotas de acesso como rios navegáveis e estradas, facilitando o acesso a determinadas áreas para que seja possível a obtenção do registro das espécies.

Outro aspecto que investigamos foi a distribuição dentro e fora das Unidades de Conservação localizadas dentro da região Baixo Tapajós, identificando o estado de conservação das espécies e ocorrência dessas em áreas desprotegidas. A pesquisa foi realizada a partir de um levantamento de todas as espécies de samambaias e licófitas ocorrentes na região do Baixo Tapajós, através da compilação de dados de ocorrência, pesquisas em banco de dados virtuais, trabalhos publicados para a região e visitas a herbários referência da flora. Nessas coleções científicas foram verificadas informações contidas em cada exsicata.

Exsicatas são amostras de uma determinada espécie que foi coletada e registrada acompanhada de uma etiqueta com todas as informações daquele exemplar e do lugar onde foi coletado. Essas amostras são depositadas em herbários que apresentam coleções científicas de valor inestimável para conservar a história de determinada espécie e provar se aquela espécie ocorre ou ocorreu em uma determinada região.

Com a junção de todas essas informações, foi possível construir uma base de dados para dar suporte a pesquisa, nela foram revisados um a um cada registro quanto a sua localização geográfica e grafia dos nomes científicos. Imagens de exsicatas depositadas em herbários também serviram de suporte para a pesquisa.

### **Qual a importância da pesquisa?**

A região do Baixo Tapajós está sob constantes ameaças à sua flora pelas crescentes e frequentes queimadas ocasionadas por ação humana que afetam consideravelmente Áreas de Proteção Ambiental. Outra ameaça são os planos de construção de barragens ao longo do Rio Tapajós que pode ocasionar o desaparecimento de muitas espécies. Samambaias e licófitas possuem um elevado potencial como indicadores ecológicos e são extremamente sensíveis a

mudanças ambientais, o que eleva a importância de divulgações desse estudo a respeito da distribuição.

Com base no conhecimento adquirido a respeito das espécies que habitam a área, é necessário o direcionamento de esforços para o conhecimento da flora em regiões sem registros de coleta, assim, informações importantes sobre a distribuição dessas plantas não serão perdidas. Esse estudo serve de suporte para auxiliar gestores de Unidades de Conservação a manter a flora dessa região, tendo em vista as crescentes ameaças a biodiversidade.

Autores: Marise Helen Vale de Oliveira, Thaís Elias Almeida

Instituição: Universidade Federal do Oeste do Pará

Sugestões de leitura:

Almeida TE & Salino A. 2016. State of the art and perspectives on neotropical fern and lycophyte systematics. *Journal of Systematics and Evolution* 54: 679-690.

Mehltreter K, Walker LR, Sharpe JM. 2010. *Fern ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Santos MG. 2011. Samambaias Perfumadas. *Ciência Hoje*, p.50-51.

Tom AR, Christopher HH. 2008. (eds.): *Biology and evolution of ferns and lycophytes*; Cambridge University Press, Cambridge, 480 pp. Price GBP 35.99, USD 59.-, EUR 41.-, ISBN 978-0-521-69689-0.

Zuquim G, Costa FRC, Prado J, Tuomisto H. 2008. *Guia de samambaias e licófitas da REBIO Uatumã, Amazônia Central*. Manaus, INPA. Pp. 316.

---

**Oliveira, M. H. V., et al. 2019.**  
**Ampliando o conhecimento da**  
**flora Amazônica: Distribuição**  
**da riqueza de samambaias e**  
**licófitas na Amazônia Central.**  
Manuscrito submetido para o  
periódico *Brittonia*.



**Increasing the knowledge of Amazonian Flora: richness distribution of ferns and lycophytes in Central Amazon**

**Ampliando o conhecimento da flora Amazônica: Distribuição da riqueza de samambaias e licófitas na Amazônia Central**

Marise Helen Vale de Oliveira<sup>1</sup>, Thaís Elias Almeida<sup>1</sup> Benjamin Torke<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará, Programa de Pós-graduação em Biodiversidade, CEP 68040-470, Santarém, PA, Brasil

<sup>2</sup> Institute of Systematic Botany, The New York Botanical Garden, 2900 Southern Boulevard, Bronx, NY, 10458-5126, USA

**Corresponding author:** [marisemvale@outlook.com](mailto:marisemvale@outlook.com)

**Abstract** - Ferns and lycophytes are an excellent group for conservation and species distribution studies because they are closely related to environmental factors.

In this study we analyzed collection gaps, sampling biases, richness distribution, and the effectiveness of protected areas in the Lower Tapajós river region using ferns and lycophytes as a model group. We built a database based on herbarium specimens that was taxonomically verified and georeferenced. We tested the correlation between sampling effort and species richness and the collection bias towards access routes (navigable rivers and roads). We made a comparison of species composition among the study areas and sixteen other areas in the Brazilian Amazon using non-metric multidimensional scaling (NMDS) and tested whether floristic similarity was correlated to geographic distance. We found that more 92% of the area is unsampled and that collecting effort is highly biased towards areas along access routes, such as roads and navigable rivers. Only four out of the seven protected areas in the Lower Tapajós Basin had records of ferns and lycophytes, and we present here the first checklists for those areas. We recorded 150 species of 59 genera and 23 families. Five species are new records for the state of Pará, and ten out of the 150 species recorded occur only outside protected areas. We found that species composition is most similar among areas sharing similar vegetation types and that geographic closeness does not necessarily reflect floristic similarity. Geographical distances between areas were negligible in relation to species composition. Even with the increased sampling in the Brazilian Amazon, the knowledge of the fern and lycophyte flora is still far from complete. It is extremely important to direct collection efforts in areas that are gaps to minimize sampling bias and thus to provide a better knowledge base for the conservation of species.

**Key words:** Amazonia, biodiversity knowledge, herbarium records, sampling gaps, Tapajós river

**Resumo:** As samambaias e as licófitas são um excelente grupo para estudos de conservação e distribuição de espécies, porque estão intimamente relacionadas à fatores ambientais. Neste estudo, analisamos lacunas de coleta, viés de amostragem, distribuição de riqueza e a efetividade de áreas protegidas na região do baixo rio Tapajós usando samambaias e licófitas como grupo modelo. Construimos um banco de dados baseado em amostras de herbário que foram taxonomicamente verificadas e georreferenciadas. Testamos a correlação entre o esforço amostral e a riqueza de espécies e o viés de coleta em relação às vias de acesso (rios e estradas navegáveis). Fizemos uma comparação da composição das espécies entre as áreas de estudo e outras dezesseis áreas na Amazônia brasileira usando escala multidimensional não métrica (NMDS) e testamos se a similaridade florística estava correlacionada com a distância geográfica. Nós descobrimos que mais de 92% da área não foi amostrada e que o esforço de coleta é altamente direcionado para áreas ao longo das rotas de acesso, como estradas e rios navegáveis. Apenas quatro das sete protegidos na bacia do Baixo Tapajós possuíam registros de samambaias e licófitas, e apresentamos aqui as primeiras listas de verificação para essas áreas. Registramos 150 espécies de 59 gêneros e 23 famílias, cinco são novos registros para o estado do Pará e dez ocorrem apenas fora das áreas protegidas. Descobrimos que a composição das espécies é mais semelhante entre as áreas que compartilham tipos de vegetação Essa proximidade geográfica não reflete necessariamente a semelhança florística. A distância geográfica entre as áreas não afetou a composição das espécies. Mesmo com o aumento da amostragem na Amazônia brasileira, o conhecimento da flora de samambaias e licófitas ainda está longe de ser completo. É extremamente importante direcionar os

esforços de coleta em áreas com lacunas para minimizar o viés de amostragem e, fornecendo uma melhor base de conhecimento para a conservação das espécies.

**Palavras-chave:** Amazônia, conhecimento sobre biodiversidade, registros de herbário, lacunas de amostragem, rio Tapajós.

## **1. Introduction**

Understanding the distribution of species as a basis for estimating their conservation status is urgently needed, and yet still a major challenge in many parts of the World (Steege et al., 2015). When it comes to the vastness of the Amazon rainforest, much remains to be discovered, especially because many areas remain unexplored (Almeida & Salino, 2016). It is of utmost importance to intensify efforts to improve the knowledge of biodiversity, especially in the Amazon basin, which is poorly sampled floristically (Cardoso et al., 2017; Hopkins, 2007). The low density of collections and the difficulty of access in this region makes it difficult to estimate plant diversity and distribution. More sampling efforts are needed in remote areas because the poor understanding of the Amazonian flora obscures the threat that its plant species may face (Hopkins, 2007; Prado et al., 2015).

The conservation of flora is linked to regional projects to train taxonomists with experience to inventory, identify and maintain herbarium collections, emphasizing the importance of research on the geographical distribution of plants and the occurrence of threatened species (Ahrends et al., 2011; Giuliatti, Harley, Queiroz, Wanderley, & van den Berg, 2005).

Ferns and lycophytes have high potential as ecological indicators as they are vulnerable to environmental change (Ferrer-Castán & Vetaas, 2005; Moulatlet, Zuquim, &

Tuomisto, 2019; Tuomisto et al., 2019). These plants have several different life forms, including epiphytic, aquatic, terrestrial and rupicolous (Mehltreter, 2008). The life cycle is composed of a dominant sporophytic generation and an ephemeral gametophytic one (Haufler et al., 2016).

Worldwide, the diversity of ferns and lycophytes is estimated to be 11,916 species in 51 families and 337 genera (The Pteridophyte Phylogeny Group, 2016). They occur preferentially in wet tropical forests and subtropical mountains (Khine, Kluge, Kessler, Miehe, & Karger, 2019). The Neotropical region is one of the richest areas for fern diversity, with approximately 3,500 species (Moran, 2008). In Brazil, there are 1,330 species in 153 genera and 38 families recorded so far (The Brazil Flora Group, 2018). The Brazilian Amazon is the least sampled and studied region in the country (Prado et al., 2015). In the last two decades, however, studies have added many new records, improving the understanding of the distribution of ferns in the region (Costa & Pietrobon, 2007; Freitas & Prado, 2005; Pallos, Góes-Neto, Costa, Souza, & Pietrobon, 2016; Prado, Hirai, & Moran, 2017; Salino, Arruda, & Almeida, 2018; Sampaio, Coelho de Souza, & Pietrobon, 2015; Travassos, Jardim, & Maciel, 2014; Gabriela Zuquim et al., 2012). Pará state, despite being the second largest state in the northern region of the country, still has few specific works on its ferns and lycophytes (Costa & Pietrobon, 2007). Among the areas with the lowest collection effort are the Lower Amazon basin, and Southern Pará (Pallos et al., 2016).

Consequently, it is necessary to increase the understanding of the biodiversity of the Amazonian flora, more precisely in the Tapajós River Basin, State of Pará, where dam and waterway plans, associated to the evermore-frequent burnings, have major impacts on environments, especially in protected areas (Fearnside, 2015). Time is an unfavorable

factor when it comes to combating deforestation in the Amazon, where it is visible every year that passes critical thresholds are crossed (Barlow, Berenguer, Carmenta, & França, 2019). With this in mind, our goal was to analyze collection gaps and sampling biases, richness distribution, and to assess if the protected areas in the region are contributing to the conservation using ferns and lycophytes as a model group.

## **2. Materials and methods**

### **2.1 Study area**

Pará state is located in Northern Brazil, with an area of 1,247,955.238 km<sup>2</sup> (IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017). It is fully inserted in the Amazon Domain, covered by rainforests (terra firme forests) (FUNCATE, 2006), savannas, and várzeas and igapós, forests that are periodically flooded during the high-water phase of the flood pulse (Wittman, Schöngart, & Junk, 2010). The Tapajós River, a tributary of the Amazonas river with a drainage basin of 764,183 km<sup>2</sup> (Fearnside, 2015), is formed by the confluence of the Teles Pires and Juruena rivers (Ohara & Loeb, 2016). The region here defined as the Lower Tapajós is demarcated upstream by the rapids of São Luís do Tapajós, in the municipality of Itaituba and downstream by the mouth of the Tapajós river in the municipality of Santarém. The annual rainfall in the area is 1900–2500 mm with abundant rainfall from January to June and occasional rainfall from July to November (Albuquerque, Souza, Oliveira, & Souza Júnior, 2010; Alvares, Stape, Sentelhas, Gonçalves, & Sparovek, 2013). The mean annual temperature ranges from 24° to 26°C, and the climate is classified as Am (Alvares et al., 2013). The study area encompasses seven protected areas, one national park (Parque Nacional de Amazônia) and six sustainable use areas: Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns, Floresta Nacional do Trairão, Floresta Nacional do Tapajós,

Área de Proteção Ambiental (APA) Juá, APA Serra do Saubal, and APA Alter do Chão (Figure 1).

## **2.2 Data sampling**

We carried out a survey of all species of lycophytes and ferns occurring in the Lower Tapajós region. We reviewed published floristic surveys from the region and compiled records from online databases, such as speciesLink (<http://splink.cria.org.br/>), SiBBr (<http://www.sibbr.gov.br/>), GBIF (<https://www.gbif.org/>) and JABOT (<http://jabot.jbrj.gov.br>). We built a database with information from each specimen including locality data (municipality, protected area, geographic coordinates, specific locality) and habitat types. We found 1800 records, from which we removed 372 duplicated ones, and 502 incorrectly identified as ferns or lycophytes, or incorrectly assigned to the study area. For non-georeferenced records, we included coordinates from external sources such as speciesLink and Google Earth Pro® (Google, 2018) with accuracy corresponding to available locality information. Subsequently, we reviewed the identifications of the specimens and treated as accepted names those that appear in the Flora of Brasil (Flora do Brasil 2020 em construção, 2019). We visited herbaria with important reference collections for the flora of Pará, such as HSTM, INPA and MG and also compiled specimen data from herbaria that could not be visited, from online herbarium databases and/or images (acronyms according to Thiers (2020 onward: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>)). We assessed specimen identifications using specialized literature. The generic and higher-level classification used in our study follows that of the Pteridophyte Phylogeny Group (2016). For each registered species, we recorded its conservation status as given in the Brazilian Official Red List of Threatened Species (CNCFlora, 2019). For specimens that had label

data, but not specimen images available online, we accepted only those identifications made by recognized specialists. We removed those specimens from our analysis for which we were unable to verify identifications based on the above criteria.

### **2.3 Data analyses**

To assess spatial sampling effort, we elaborated a map of the study area using QGIS 3.4 (Quantum GIS Development Team, 2018) with a 0.1 x 0.1-degree grid. We used record density per grid unit as an indicator of sampling effort. The relationship between sampling effort and species richness was evaluated from a linear regression between the number of records and the number of species per grid cell, followed by the Shapiro-Wilk Normality test to verify whether the data had a normal distribution (Shapiro & Wilk, 1965).

To test whether records are biased towards access routes (defined here as navigable rivers and roads) we developed a map with all the records and access routes using QGIS 2.18 software (Quantum GIS Development Team, 2016). The route map was prepared from online databases ([www.ibge.gov.br/](http://www.ibge.gov.br/)). We quantified the distance from the nearest access route to each record, producing a null sampling model by randomly plotting on the map the same number of points in the database, and then calculating the distance from those points to the nearest access route. The distance from the database and random model points was measured in QGIS 3.14 and compared with a null model through a Mann-Whitney test with 1,000 repetitions. A comparison was made of species composition among the study areas and sixteen other areas that have inventories of ferns and lycophytes in the Brazilian Amazon (Supplementary material S3) using non-metric multidimensional scaling (NMDS) (Minchin, 1987) and the Bray-Curtis dissimilarity index with the aid of the vegan package (Oksanen et al., 2019). We assessed the suitability of the ordination by means of a stress



value. We tested correlation between geographic distance and floristic similarity through a Mantel test using the Pearson correlation index with 999 permutations. All statistical analyses were performed using the R language (R Core Team, 2019).

### **3. Results**

#### **3.1 Sampling effort and gaps**

The spatial distribution of fern and lycophyte records and number of species records was highly uneven (Figure 2): 723 grids (92.7%) had no records, 19 grids (2.43%) presented one to three records, 16 grids (2.05%) had four to 11 records, 11 grids (1.41%) had 12 to 25 records, nine grids (1.15%) had 26 to 31 records, and two grids (0.26%) had 32 to 61 records. The linear regression between the number of species encountered and the number of records per grid cell showed a positive relationship ( $r^2 = 0.9271$ ,  $p = 0.0007$ ; Figure 3). There is a sampling bias towards access routes, especially the Tapajós River margins and major highways (Figure 4). The proximity of records to access routes was significantly different from random in the Mann-Whitney test ( $p = 0.0001$ ). The municipalities of Belterra and Itaituba had the highest density of records among the municipalities of the Lower Tapajós region (Figure 4).

#### **3.3 Floristic composition**

We found 926 records of ferns and lycophytes, belonging to 150 species, 59 genera and 23 families in the Lower Tapajós region (Supplementary material S1 and S2). Ferns accounted for 803 records (86.7%) representing 137 species in 21 families and 54 genera, while lycophytes represented 123 records (13.3% of the total) of 13 species in two families and five genera. Forty-one species (27.3%) were represented by single specimens. The most

species-rich families in the study area were Pteridaceae, Polypodiaceae, and Hymenophyllaceae, with 32 (21.3%), 17 (11.3%) and 15 (10%) registered species, respectively. The most species-rich genus was *Adiantum* with 20 species (13.3%), followed by *Asplenium* with 10 (6.66%), *Microgramma* with nine (6%), *Trichomanes* with eight (5.33%), and *Selaginella* with seven species (4.66%). The most frequently recorded species were *Selaginella conduplicata* with 57 (6.1%) specimens, *Trichomanes pinnatum* with 38 (4.1%), *Adiantum obliquum* with 34 (3.6%), *Pleopeltis burchellii* with 31 (3.34%) and *Adiantum terminatum* with 28 (3.02%) records.

Regarding the habit of the species, 91 (60.6%) were terrestrial, 38 (25.3%) epiphytic, nine (6%) rupicolous, eight (5.3%) hemiepiphytic, and only four (2.6%) aquatic. Regarding origin, 147 (98%) records are of native species, while only three (2%) records are naturalized species. None of the species recorded in the study area were listed as threatened in CNCFlora (2019). Only four out of the seven protected areas presented records of ferns and lycophytes: Floresta Nacional do Tapajós, Parque Nacional da Amazônia, APA Juá, and APA Alter do Chão, the Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns, Floresta Nacional do Trairão and APA Saubal lacked records. Floresta Nacional do Tapajós had the highest number of recorded species, with 104 species, 96 (92.3%) of them ferns and eight (7.6%) lycophytes (Supplementary material S1 and S2). The second highest number of recorded species was from Parque Nacional da Amazônia, with 91 species, 84 (92.3%) corresponding to ferns and seven (7.7%) to lycophytes (Supplementary material S1 and S2). The APA Alter do Chão had records of 13 species, two (15.3%) of them lycophytes and 11 (84.6%) ferns (Supplementary material S1 and S2). In APA Juá, four species were recorded, three (75%) ferns and only one (25%) lycophyte (Supplementary material S1 and S2). *Vittaria lineata* and *Selaginella conduplicata* were recorded in all of the protected

areas with records. Two species of lycophytes (*Pseudolycopodiella contexta* and *Lycopodiella longipes*) and eight species of ferns (*Anemia mynsseniana*, *Salpichlaena volubilis*, *Cyclodium guianense*, *Trichomanes bicorne*, *Marsilea deflexa*, *Microgramma persicariifolia*, *Ceratopteris thalictroides*, and *Pteris propinqua*) were recorded only outside of protected areas (Supplementary material S1 and S2). According to the Flora of Brasil (Flora of Brazil 2020 under construction, 2019), four ferns and one lycophyte listed here are new records for the state of Pará (Table 1): *Anemia mynsseniana*, *Asplenium pearcei*, *Marsilea deflexa*, *Triplophyllum crassifolium*, and *Lycopodiella longipes*.

### 3.4 Similarity analyses

As shown in the NMDS analysis (Figure 5), Parque Nacional da Amazônia and Floresta Nacional do Tapajós in the Lower Tapajós were nested in a large cluster with Reserva Biológica do Uatumã, in Amazonas state, together with all other areas dominated by terra firme forest. APA Juá and APA Alter do Chão in the Lower Tapajós, as well as Parque Estadual de Monte Alegre, Serra do Itauajuri and Floresta Estadual de Trombetas, were located well outside of the main cluster and distant from each other (Figure 5). Those protected areas each present a mosaic of vegetation types, with savannas and other open vegetation types (Campinas and Campinaranas) occupying representative areas of their territory, along with terra firme forest (Pallos et al., 2016).

We found that there was little correlation between geographical distance and composition in the area of comparison (Mantel test  $r = -0.06$ ). Some areas showed high dissimilarity, such as APA Alter do Chão and APA Juá in the Lower Tapajós region (Supplementary material S4). These high dissimilarity values may reflect a bias caused by the low sampling of these areas compared to other protected areas included in the analysis.

#### **4. Discussion**

Here we present the first analyses of collection effort and sampling bias in a botanical inventory of a major basin in the Brazilian Amazon (Supplementary Material S1).

Collection gaps accounted for more than 90% of the delimited grids in the Lower Tapajós region; three of the seven protected areas present in the area lacked fern and lycophyte records (Figures 2, 4). That is an alarming finding since Brazil is a megadiverse country and a priority for conservation (Oliveira et al., 2017). Our analyses show that the Lower Tapajós region, like the Amazon region in general, harbors numerous and extensive spatial collection gaps in pteridophyte sampling. These gaps are closely associated with the large size of the region and the remoteness and limited access that characterize many areas within it. These findings highlight the need for greatly increased sampling, especially in previously neglected areas. They also demonstrate the importance of biological specimens in natural history collections and highlight the need to make specimen data more broadly accessible online (Heringer, Almeida, Dittrich, & Salino, 2020; Leão, Lucas, & Gurgel, 2017). Online access to herbarium specimen databases enables sharing of biodiversity information, providing geographic coordinates for records and high-resolution imagery, as well as resources for research and education (Harris & Marsico, 2017). These priceless collections have a critical role to play in efforts to minimize biodiversity loss (Schatz, 2002).

We found a strong sampling bias towards two large municipalities that are crossed by major access routes. More remote areas away from access routes are priorities for future inventories; only by increasing knowledge of these neglected areas will it be possible to gain a comprehensive view of the distribution of pteridophyte diversity in the lower Tapajós basin (Oliveira et al., 2016; Sastre & Lobo, 2009). The areas that lack records have

vegetation types similar to several areas with extensive sampling of ferns and lycophytes, such as Serra do Itauajuri, with savanna and associated forests and open field formations (Pallos et al., 2016), and Reserva Biológica do Uatumã, with terra firme forest (Zuquim, Prado, & Costa, 2009). Therefore absence of records reflects the lack of sampling effort rather than the unavailability of suitable habitats. We reaffirm the importance of targeting sampling efforts in these gap areas. Our results showed that the greater the sampling effort in the Lower Tapajós, the greater the recorded richness of fern and lycophyte species.

The species found in the Lower Tapajós region are the ones most commonly found in the lowlands of the Amazon and were the expected for the vegetation types present in the basin. The high richness of ferns and lycophytes found in the Floresta Nacional do Tapajós and in the Parque Nacional da Amazônia is comparable to the levels of fern and lycophyte richness found in other protected areas in the Amazon (Menezes-Júnior & Labiak, 2020; Salino et al., 2018; Zuquim et al., 2009).

We also presented here the first checklist for ferns and lycophytes in three protected areas of the Lower Tapajós (Floresta Nacional do Tapajós, APA Alter do Chão and APA Juá), and expanded the already available checklist of the Parque Nacional da Amazônia (Menezes-Júnior & Labiak 2020). We highlight the importance and appreciation of the information contained in each sample collected and stored in collections to improve knowledge of the flora of the Amazon.

Regarding the distribution of species inside and outside protected areas, out of the 150 taxa found, 10 were found only outside of protected areas (S1, S2), causing concern given that knowledge about biodiversity in Brazilian protected area is limited (Heringer et al., 2020). Even though this number represents less than 10% of the taxa found in the basin,

it is worrisome that the broad network of protected areas in the Lower Tapajós (Figure 1) is not covering all species. The lack of studies to support the creation and the effective management of protected areas hampers species conservation in the Amazon (Oliveira et al., 2017, Heringer, Almeida, Dittrich, & Salino, 2020).

We found that species composition is most similar among areas sharing similar vegetation types and that geographic closeness does not necessarily reflect floristic similarity. Geographical distances between areas were negligible in relation to species composition, which is expected for ferns and lycophytes due to their high dispersal capabilities that make distance between sites less important than habitat availability and environmental conditions in structuring floristic composition (Moran, 2008). The particular importance of soil type in this respect has been documented in several studies in the Amazon (Tuomisto & Poulsen, 1996; Tuomisto, Zuquim, & Cárdenas, 2014; Zuquim et al., 2019, 2012, 2014).

## **5. Conclusion**

Even with increased floristic sampling in the Brazilian Amazon, knowledge about the flora is still far from complete. Our example from ferns and lycophytes in the Lower Tapajós Basin showed there is a large sampling bias towards roads and rivers, with most of its area still unsampled. Nevertheless, we found a high number of species representative from the Amazonian lowlands, but not all of them occur inside the extensive network of protected areas existing in the basin. It is extremely important to direct collection efforts in areas that are gaps to minimize sampling bias and thus offer subsidies for the conservation of species, especially those occurring outside these protected areas.

## Acknowledgments

This study was partly financed by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – financing code 001. We thank the curators of the herbaria INPA and MG for allowing access to their specimens, Maria Jociléia Soares da Silva and ICMBio for their assistance with fieldwork and obtaining collection permits, and André Luis de Gasper, Augusto Santiago, Thiago André, and two anonymous reviewers that contributed to the improvement of this work since its conception. We also acknowledge the financial support of the National Science Foundation through a grant to the New York Botanical Garden (DEB1456232; Principal Investigator: BMT).

## References

- Ahrends, A., Rahbek, C., Bulling, M. T., Burgess, N. D., Platts, P. J., Lovett, J. C., ...  
Marchant, R. (2011). Conservation and the botanist effect. *Biological Conservation*, 144(1), 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.08.008>
- Albuquerque, M. F., Souza, E. B., Oliveira, M. do C. F., & Souza Júnior, J. A. (2010). Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências na últimas décadas (1978-2008). *Revista Brasileira de Climatologia*, 6, 151–168. Retrieved from <http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/download/25588/17156>
- Almeida, T. E., & Salino, A. (2016). State of the art and perspectives on neotropical fern and lycophyte systematics. *Journal of Systematics and Evolution*, 54(6). <https://doi.org/10.1111/jse.12223>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. de M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*,

22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

Cardoso, D., Särkinen, T., Alexander, S., Amorim, A. M., Bittrich, V., Celis, M., ...

Forzza, R. C. (2017). Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *114*(40), 10695–10700. <https://doi.org/10.1073/pnas.1706756114>

CNCFlora. (2019). Centro Nacional de Conservação da Flora. Lista Vermelha. Retrieved June 12, 2019, from <http://cncflora.jbrj.gov.br/>

Costa, J. M., & Pietrobon, M. R. (2007). Pteridófitas (Lycophyta e Monilophyta) da Ilha de Mosqueiro, município de Belém, estado do Pará, Brasil. *Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais*, *2*(3), 45–56. Retrieved from <http://scielo.iec.pa.gov.br/pdf/bmpegn/v2n3/v2n3a05.pdf>

Fearnside, P. M. (2015). *Hidrelétricas Na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras*. Editora INPA (Vol. 1).

Ferrer-Castán, D., & Vetaas, O. R. (2005). Pteridophyte richness, climate and topography in the Iberian Peninsula: Comparing spatial and nonspatial models of richness patterns. *Global Ecology and Biogeography*, *14*(2), 155–165. <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2004.00140.x>

Flora do Brasil 2020 em construção. (2019). Flora do Brasil online 2020 - Algas, Fungos e Plantas. Retrieved May 5, 2018, from <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>

Freitas, C. A. a. De, & Prado, J. (2005). Lista anotada das pteridófitas de florestas inundáveis do alto Rio Negro, Município de Santa Isabel do Rio Negro, AM, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, *19*(2), 399–406. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000200023>

FUNCATE – Fundação de Apoio para projetos de Pesquisa de Ciência e Tecnologia



- Espacial. (2006). *Uso e Cobertura da Terra na Floresta Amazônica. Subprojeto 106/2004 do PROBIO (Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira)*. São José dos Campos, São Paulo. Retrieved from [https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf\\_chm\\_rbbio/\\_arquivos/uso\\_e\\_cobertura\\_da\\_terra\\_na\\_floresta\\_amaznica.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/uso_e_cobertura_da_terra_na_floresta_amaznica.pdf)
- Giulietti, A. M., Harley, R. M., Queiroz, L. P. de, Wanderley, M. das G. L., & van den Berg, C. (2005). Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. *Megadiversidade*, 1(1), 52–61. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1001015>
- Google. (2018). Google Earth Pro® - version 7.3.2. Mountain View, California: Google, Inc. Retrieved from <https://www.google.com/earth/>
- Harris, K. M., & Marsico, T. D. (2017). Digitizing Specimens in a Small Herbarium: A Viable Workflow for Collections Working with Limited Resources. *Applications in Plant Sciences*, 5(4), 1600125. <https://doi.org/10.3732/apps.1600125>
- Haufler, C. H., Pryer, K. M., Schuettpelz, E., Sessa, E. B., Farrar, D. R., Moran, R., ... Windham, M. D. (2016). Sex and the single gametophyte: Revising the homosporous vascular plant life cycle in light of contemporary research. *BioScience*, 66(11), 928–937. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw108>
- Heringer, G., Almeida, T. E., Dittrich, V. A. de O., & Salino, A. (2020). Assessing the effectiveness of protected areas for the conservation of ferns and lycophytes in the Brazilian state of Minas Gerais. *Journal for Nature Conservation*, 53(October 2019), 125775. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2019.125775>
- Hopkins, M. J. G. (2007). Modelling the known and unknown plant biodiversity of the Amazon Basin. *Journal of Biogeography*, 34(8), 1400–1411. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01737.x>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). Panorama do Estado do Pará.

Retrieved May 2, 2018, from <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama>

Khine, P. K., Kluge, J., Kessler, M., Miehe, G., & Karger, D. N. (2019). Latitude-independent, continent-wide consistency in climate–richness relationships in Asian ferns and lycophytes. *Journal of Biogeography*, *46*(5), 981–991.

<https://doi.org/10.1111/jbi.13558>

Leão, V. M., Lucas, F. C. A., & Gurgel, E. S. C. (2017). Herbaria As Patrimony: the Contribution of the Mfs Collection in the Conservation of Amazonian Biodiversity.

*Ciência e Natura*, *39*(3), 467. <https://doi.org/10.5902/2179460x27080>

Mehltreter, K. (2008). Phenology and habitat specificity of tropical ferns. *Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes*, (1938), 201–221.

<https://doi.org/10.1017/CBO9780511541827.009>

Menezes-Júnior, E. A., & Labiak, P. H. (2020). Licófitas e Samambaias do Parque Nacional da Amazônia, Pará, Brasil. *Rodriguésia*, *In press*.

Minchin, P. (1987). An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination. *Plant Ecology*, *69*(1), 89–107.

Moran, R. C. (2008). Diversity, biogeography, and floristics. *Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes*, 367–394. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511541827.015>

Moulatlet, G. M., Zuquim, G., & Tuomisto, H. (2019). the Role of Soils for Pteridophyte Distribution in Tropical American Forests. *Fern Gazette*, *21*(1), 1–20.

Ohara, W. M., & Loeb, M. V. (2016). Ichthyofauna of the upper Juruena river on Chapada dos Parecis, Mato Grosso, Brazil. *Biota Neotropica*, *16*(4), 1–10.

<https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2016-0224>

Oksanen, J., Blanchet, G. F., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., Mcglinn, D., ...

- Wagner, H. (2019). *vegan: Community Ecology Package*. Retrieved from <http://www1.cran.rproject.org/package=vegan>
- Oliveira, U., Paglia, A. P., Brescovit, A. D., de Carvalho, C. J. B., Silva, D. P., Rezende, D. T., ... Santos, A. J. (2016). The strong influence of collection bias on biodiversity knowledge shortfalls of Brazilian terrestrial biodiversity. *Diversity and Distributions*, 22(12), 1232–1244. <https://doi.org/10.1111/ddi.12489>
- Oliveira, U., Soares-Filho, B. S., Paglia, A. P., Brescovit, A. D., De Carvalho, C. J. B., Silva, D. P., ... Santos, A. J. (2017). Biodiversity conservation gaps in the Brazilian protected areas. *Scientific Reports*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08707-2>
- Pallos, J., Góes-Neto, L. A. de A., Costa, J. M., Souza, F. S. de, & Pietrobon, M. R. (2016). Licófitas e samambaias da Serra do Itauajuri, município de Monte Alegre, Pará, Brasil. *Rodriguesia*, 67(4), 997–1009. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201667410>
- Prado, J., Hirai, R. Y., & Moran, R. C. (2017). Fern and lycophyte flora of Acre state, Brazil. *Biota Neotropica*, 17(4). <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2017-0369>
- Prado, J., Sylvestre, L. D. S., Labiak, P. H., Windisch, P. G., Salino, A., Barros, I. C. L., ... Matos, F. B. (2015). Diversity of ferns and lycophytes in Brazil. *Rodriguesia*, 66(4), 1073–1083. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566410>
- Quantum GIS Development Team. (2016). QGIS Geographic Information System. Retrieved from <http://qgis.osgeo.org>
- Quantum GIS Development Team. (2018). Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project.
- R Core Team. (2019). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna,

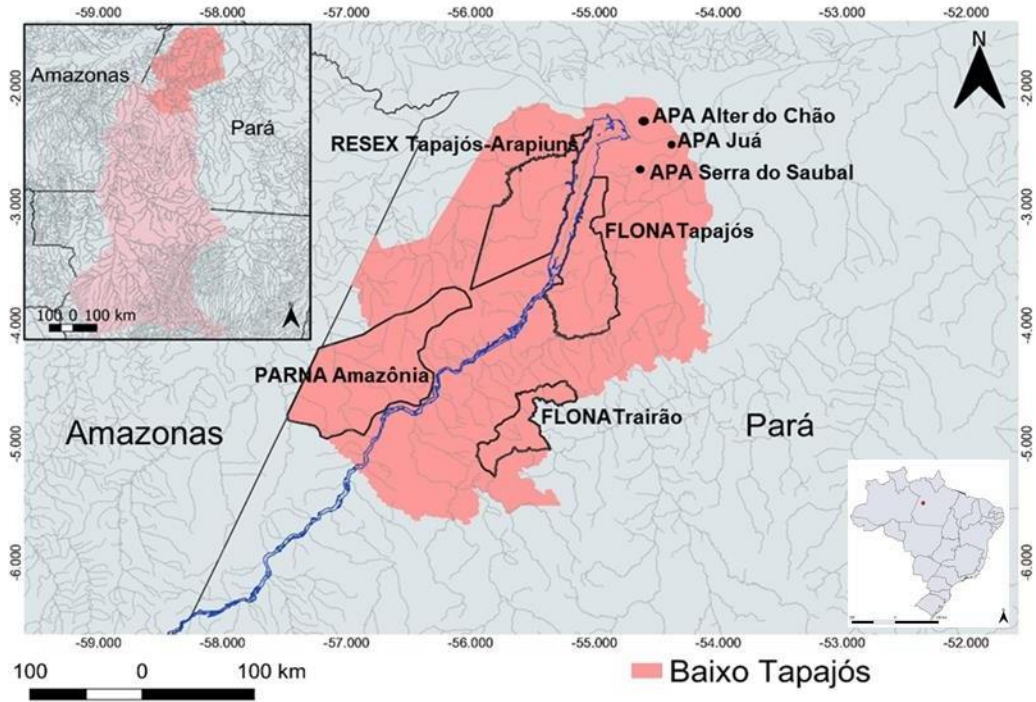
Austria: R Foundation for Statistical Computing.

- Salino, A., Arruda, A. J., & Almeida, T. E. (2018). Ferns and lycophytes from Serra dos Carajás, an Eastern Amazonian mountain range. *Rodriguesia*, *69*(3), 1417–1434. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869335>
- Sampaio, A. F., Coelho de Souza, M. G., & Pietrobon, M. R. (2015). Samambaias e licófitas da Bacia Petrolífera de Urucu, Coari, Amazonas, Brasil. *Acta Biológica Catarinense*, *2*(2), 33–48. <https://doi.org/10.21726/abc.v2i2.155>
- Sastre, P., & Lobo, J. M. (2009). Taxonomist survey biases and the unveiling of biodiversity patterns. *Biological Conservation*, *142*(2), 462–467. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.11.002>
- Schatz, G. E. (2002). Taxonomy and herbaria in service of plant conservation: lessons from Madagascar's endemic families. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, *89*(1), 145–152. <https://doi.org/10.2307/1221588>
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, *52*, 591–611.
- Steege, H. Ter, Pitman, N. C. A., Killeen, T. J., Laurance, W. F., Peres, C. A., Guevara, J. E., ... Gamarra, L. V. (2015). Estimating the global conservation status of more than 15,000 Amazonian tree species. *Science Advances*, *1*(10), 9–11. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500936>
- The Brazil Flora Group. (2018). Brazilian flora 2020: Innovation and collaboration to meet target 1 of the global strategy for plant conservation (GSPC). *Rodriguesia*, *69*(4), 1513–1527. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869402>
- The Pteridophyte Phylogeny Group. (2016). A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution*, *54*(6), 563–603.

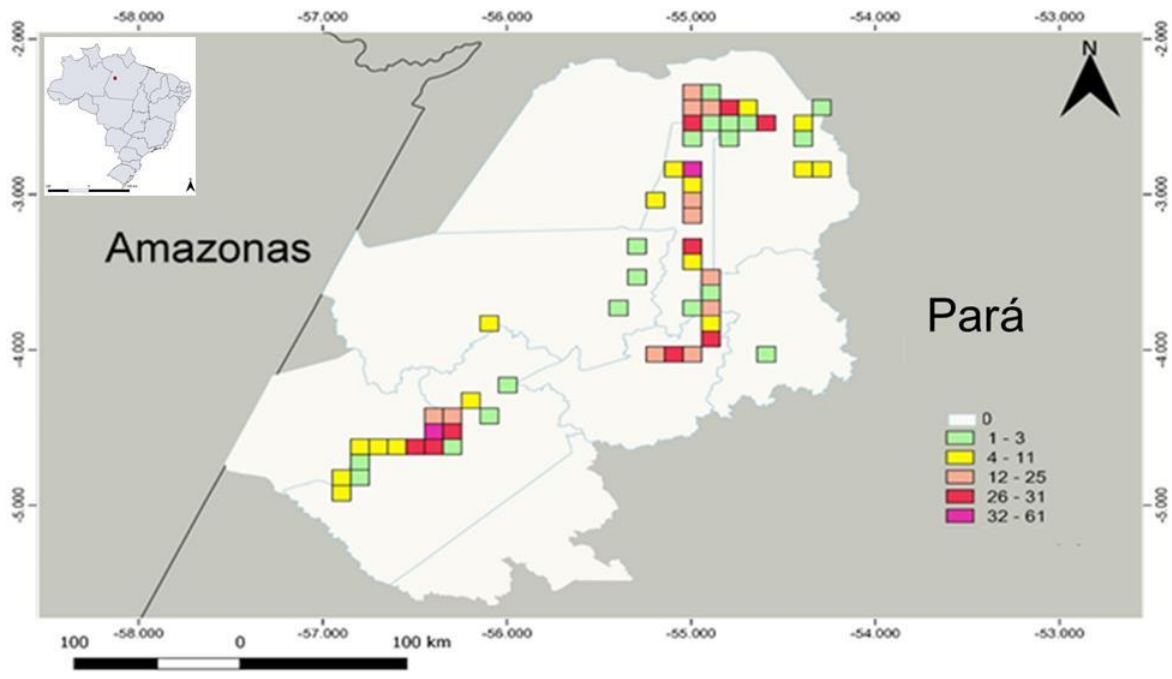
<https://doi.org/10.1111/jse.12229>

- Travassos, C. C., Jardim, M. A. ., & Maciel, S. (2014). Florística e Ecologia de Samambaias e Licófitas como Indicadores de Conservação Ambiental. *Biota Amazônia*, 4(4), 40–44. <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v4n4p40-44>
- Tuomisto, H., Van doninck, J., Ruokolainen, K., Moulatlet, G. M., Figueiredo, F. O. G., Sirén, A., ... Zuquim, G. (2019). Discovering floristic and geocological gradients across Amazonia. *Journal of Biogeography*, (March), 1–15. <https://doi.org/10.1111/jbi.13627>
- Wittman, F., Schöngart, J., & Junk, W. J. (2010). Phytogeography, species diversity, community structure and dynamics of Central Amazonian floodplain forests. In W. J. Junk, M. T. F. Piedade, F. Wittmann, J. Schöngart, & P. Parolin (Eds.), *Amazonian Floodplain Forests - Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management* (pp. 61–102). Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-8725-6>
- Zuquim, G., Prado, J., & Costa, F. R. C. (2009). An annotated checklist of ferns and lycophytes from the biological reserve of Uatumã, an area with patches of rich-soils in Central Amazonia, Brazil. *Fern Gazette*, 18(6), 286–306.
- Zuquim, Gabriela, Tuomisto, H., Costa, F. R. C., Prado, J., Magnusson, W. E., Pimentel, T., ... Figueiredo, F. O. G. (2012). Broad Scale Distribution of Ferns and Lycophytes along Environmental Gradients in. *Biotropica*, 44(6), 752–762. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00880.x>

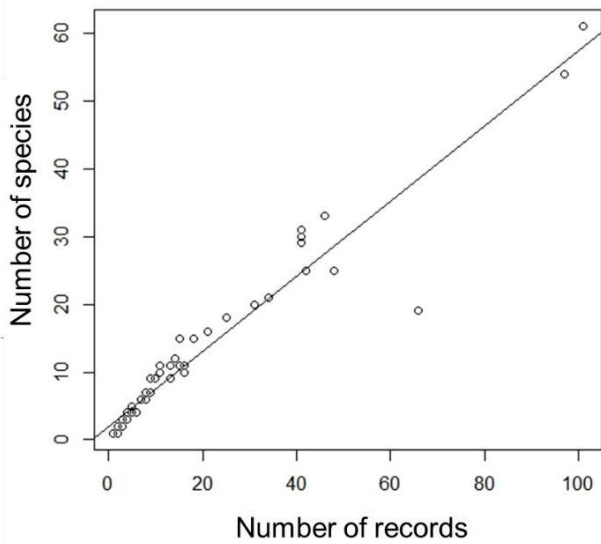
## Legends



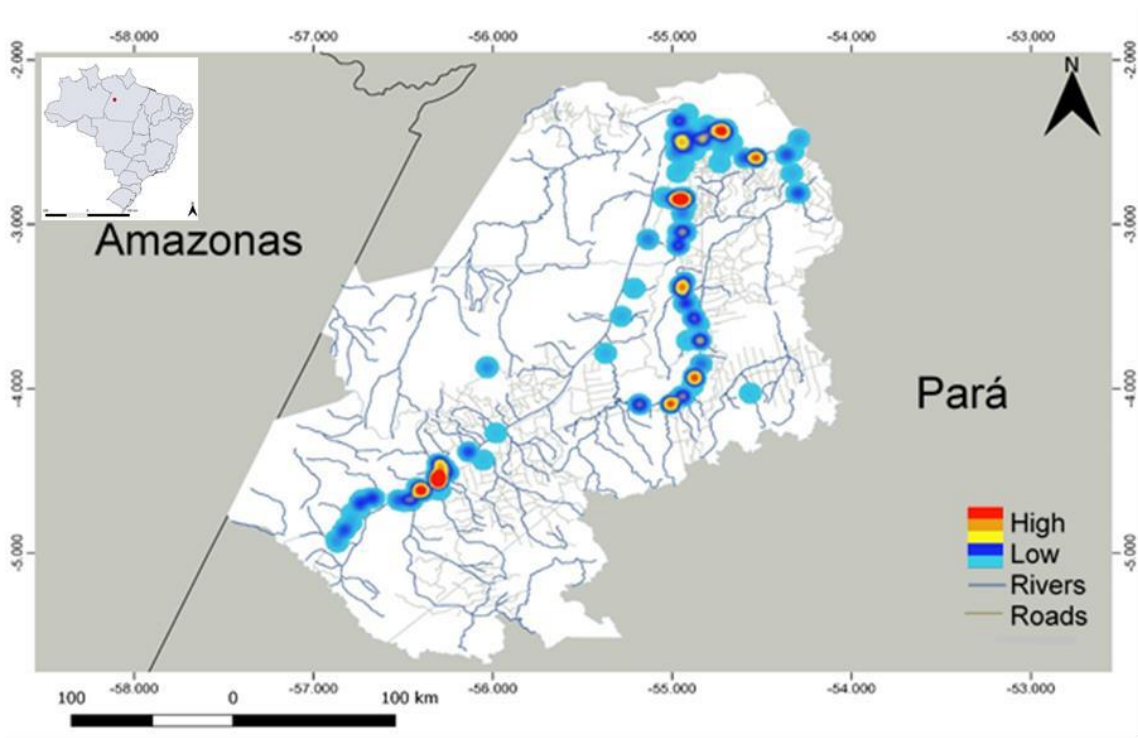
**Figure 1.** Map showing the composite study area (Lower Tapajós) and the locations of protected areas within it.



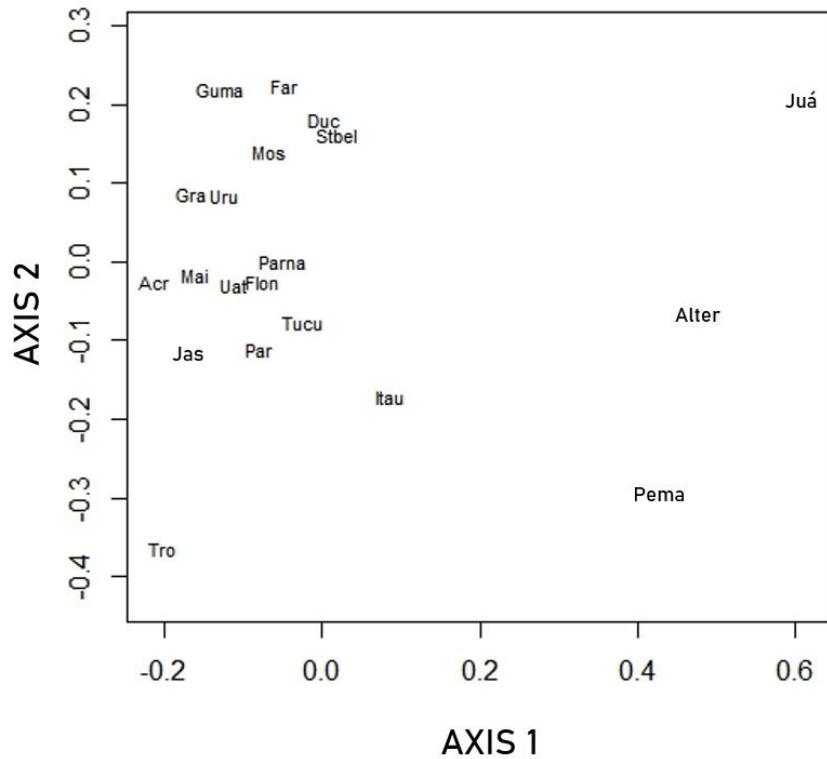
**Figure 2.** Map showing the number of species records of ferns and lycophytes per 0.1 x 0.1-degree in the Lower Tapajós. Light blue lines correspond to municipal boundaries.



**Figure 3.** Linear regression between species and record number found per 0.1 x 0.1-degree grid in the Lower Tapajós ( $r^2 = 0,9271$ ;  $p = 0,0007$ ).



**Figure 4.** Species sampling of ferns and lycophytes in a 0.7-degree radius heat map in the Lower Tapajós region. The colors within circles indicate species density. Grey lines correspond to roads and blue lines to the main rivers in the basin.



**Figure 5.** Two-dimensional projection of the NMDS analysis of fern and lycophyte species composition comparing the Lower Tapajós protected areas and 16 other areas of the Amazon. Par - Parque Nacional da Amazônia, Alter - APA Alter do Chão, Flon – Floresta Nacional do Tapajós, Jas - Floresta Nacional de Carajás, Acr - Acre, Uru - Base Petrolífera Urucu, Far - Floresta Estadual do Faro, Par - Floresta Estadual do Paru, Tro - Floresta Estadual do Trombetas, Mai - Reserva Biológica Maicuru, Gra - Estação Ecológica do Grão Pará, Juá - APA Juá, Uat - Reserva Biológica do Uatumã, Duc - Reserva Ducke, Stbel



- Santa Isabel, Tucu - Usina Hidrelétrica de Tucuruí, Itau - Serra do Itauajuri, Mos - Ilha do Mosqueiro, Guma - Parque Ecológico do Gunma, Pema - Parque Estadual de Monte Alegre.

Table 1. Voucher of fern species registered in Baixo Tapajós region. FV = life forms (E = epiphyte, R = rupicolous, T = terrestrial), RN = new records for the State, Conservation Units and Environmental protection areas and records found outside these Areas.

Táxon	F V	R N	FLONA TAPAJÓS	PARNA	APA ALTER	APA JUÁ	Fora de Ucs
<b>Anemiaceae</b>							
<i>Anemia mynsseniana</i> Mickel	R	PA					Holanda, A.S.S. 119
<i>Anemia oblongifolia</i> (Cav.) Sw.	R				Sanaïotti , T.M. 55		
<b>Aspleniaceae</b>							
<i>Asplenium angustum</i> Sw.	E			Almeida , T.E. 4594			
<i>Asplenium cristatum</i> Lam.	T			Torke, B.M. 1734			
<i>Asplenium cuneatum</i> Lam.	E		Almeida, T.E. 4654				
<i>Asplenium hostmanii</i> Hieron.	R			Menezes, E.A. 87			
<i>Asplenium juglandifolium</i> Lam.	E		Costa, E.C. 13				
<i>Asplenium pearcei</i> Baker	E	PA		Menezes, E.A. 208			
<i>Asplenium poloense</i> Rosenst.	R		Almeida, T.E. 4666				
<i>Asplenium serratum</i> L.	E		Almeida, T.E. 4282	Menezes, E.A. 113			Amaral, D.D. 343

<i>Asplenium</i> sp.	E		Menezes, E.A. 90	
<i>Asplenium stuebelianum</i> Hieron.	T	Rodrigues, D.B. 27		
<i>Hymenasplenium laetum</i> (Sw.) L.Regalado & Prada	T		Menezes, E.A. 105	
<b>Blechnaceae</b>				
<i>Salpichlaena volubilis</i> (Kaulf.) J.Sm.	T			Almeida, T.E. 4024
<i>Telmatoblechnum serrulatum</i> (Rich.) Perrie, D.J.Ohlsen & Brownsey	T	Oliveira, M.H.V. 31		Almeida, T.E. 4585
<b>Cyatheaceae</b>				
<i>Cyathea lasiosora</i> (Kuhn) Domin	T		Menezes, E.A. 205	
<i>Cyathea microdonta</i> (Desv.) Domin	T	Rodrigues, D.B. 4	Menezes, E.A. 169	Almeida, T.E. 4511
<i>Cyathea pungens</i> (Willd.) Domin	T	Almeida, T.E. 4935		
<b>Dennstaedtiaceae</b>				
<i>Pteridium esculentum</i> subsp. <i>arachnoideum</i> (Kaulf.) Thomson	T		Menezes, E.A. 238	Almeida, T.E. 4823
<i>Dennstaedtia cicutaria</i> (Sw.) T.Moore	T	Rodrigues, D.B. 8		
<b>Dryopteridaceae</b>				
<i>Ctenitis falciculata</i> (Raddi) Ching	T		Sousa, G.R. 16	
<i>Ctenitis refulgens</i> (Mett.) Vareschi	T	Sousa, D.C.S. 9	Torke, B.M. 1068	
<i>Cyclodium guianense</i> (Klotzsch) van der Werff ex L.D.Gómez	T			Costa, E.C. 27
<i>Cyclodium meniscioides</i> (Willd.) C.Presl	T	Almeida, T.E. 4931	Menezes, E.A. 177	

<i>Elaphoglossum glabellum</i> J.Sm.	T	Suemitsu, C. 1726	
<i>Elaphoglossum obovatum</i> Mickel	E	Almeida, T.E. 4224	
<i>Mickelia guianensis</i> (Aubl.) R.C.Moran, Labiak & Sundue	H	Rodrigues, D.B. 22	
<i>Mickelia nicotianifolia</i> (Sw.) R.C.Moran, Labiak & Sundue	H	Almeida, T.E. 4660	
<i>Polybotrya caudata</i> Kunze	T	Almeida, T.E. 4714	Menezes, E.A. 48
<i>Polybotrya pubens</i> Mart.	T	Rodrigues, D.B. 20	
<b>Gleicheniaceae</b>			
<i>Dicranopteris flexuosa</i> (Schrad.) Underw.	T	Almeida, T.E. 4280	Menezes, E.A. 242
<i>Gleichenella pectinata</i> (Willd.) Ching	T	Almeida, T.E. 4278	Menezes, E.A. 204
<b>Hymenophyllaceae</b>			
<i>Didymoglossum kapplerianum</i> (Sturm) Ebihara & Dubuisson	E	Almeida, T.E. 4650	Holanda, A.S.S. 9
<i>Didymoglossum krausii</i> (Hook. & Grev.) C.Presl	E	Almeida, T.E. 4218	Menezes, E.A. 335
<i>Didymoglossum ovale</i> E.Fourn.	R	Almeida, T.E. 4240	
<i>Didymoglossum punctatum</i> (Poir.) Desv.	E		Menezes, E.A. 336
<i>Didymoglossum</i> sp.	E		Menezes, E.A. 313
<i>Hymenophyllum polyanthos</i> (Sw.) Sw.	E	Suemitsu, C. 509	
<i>Trichomanes ankersii</i> C.Parker ex Hook. & Grev.	H		Menezes, E.A. 166 Sousa, G.R. 82
<i>Trichomanes arbuscula</i> Desv.	E	Almeida, T.E. 4656	

<i>Trichomanes bicorne</i> Hook.	E				Suemitsu, C. 322
<i>Trichomanes elegans</i> Rich.	T	Almeida, T.E. 4249	Menezes, E.A. 173		
<i>Trichomanes hostmannianum</i> (Klotzsch) Kunze	T		Menezes, E.A. 157		
<i>Trichomanes pedicellatum</i> Desv.	H	Almeida, T.E. 4239			
<i>Trichomanes pinnatum</i> Hedw.	T	Almeida, T.E. 4252	Torke, B.M. 1011	Almeida, T.E. 4490	Holanda, A.S.S. 8
<i>Trichomanes vittaria</i> DC. ex Poir.	T	Almeida, T.E. 4883	Almeida, T.E. 4400		Almeida, T.E. 4504
<i>Vandenboschia radicans</i> (Sw.) Copel.	R	Almeida, T.E. 4657			
<b>Lindsaeaceae</b>					
<i>Lindsaea divaricata</i> Klotzsch	T	Almeida, T.E. 4642		Almeida, T.E. 4534	
<i>Lindsaea falcata</i> Dryand.	T	Sousa, D.C.S. 57			
<i>Lindsaea lancea</i> (L.) Bedd.	T	Almeida, T.E. 4113			
<i>Lindsaea stricta</i> (Sw.) Dryand.	T		Menezes, E.A. 191	Sousa, H.D.M. s.n.	Almeida, T.E. 4586
<b>Lomariopsidaceae</b>					
<i>Cyclopeltis semicordata</i> (Sw.) J.Sm.	T	Almeida, T.E. 4712	Torke, B.M. 1069		Giacomin, L.L. 3136
<i>Lomariopsis japurensis</i> (Mart.) J.Sm.	H	Sousa, D.C.S. 18	Sousa, G.R. 13		Costa, E.C. 32
<i>Lomariopsis nigropaleata</i> Holttum	H	Rodrigues, D.B. 25			
<i>Lomariopsis prieuriana</i> Fée	H	Rodrigues, D.B. 28	Menezes, E.A. 220		Costa, E.C. 37
<i>Lomariopsis</i> sp.	H				Suemitsu, C. 328

<i>Nephrolepis biserrata</i> (Sw.) Schott	E		Menezes, E.A. 81	
<i>Nephrolepis brownii</i> (Desv.) Hovenkamp & Miyam.	E	Almeida, T.E. 4350	Menezes, E.A. 240	Pontes, H. s.n. HSTM 3879
<i>Nephrolepis exaltata</i> (L.) Schott	T			Deise s.n. HSTM 3872
<i>Nephrolepis rivularis</i> (Vahl) Mett. ex Krug	T	Giacomin, L.L. 2977	Menezes, E.A. 131	Castro, S. 3
<b>Lygodiaceae</b>				
<i>Lygodium venustum</i> Sw.	T	Sousa, G.R. 73	Menezes, E.A. 247	Suemitsu , C. 1689 Queiroz, R. 3
<i>Lygodium volubile</i> Sw.	T	Almeida, T.E. 4825	Menezes, E.A. 202	
<b>Marattiaceae</b>				
<i>Danaea leprieurii</i> Kunze	T		Menezes, E.A. 174	Almeida, T.E. 4022
<b>Marsileaceae</b>				
<i>Marsilea deflexa</i> A.Braun	A	PA		Oliveira, S. s.n. HSTM 3907
<b>Metaxyaceae</b>				
<i>Metaxya parkeri</i> (Hook. & Grev.) J.Sm.	T	Almeida, T.E. 4653	Menezes, E.A. 270	
<i>Metaxya</i> sp.	T		Menezes, E.A. 245	
<b>Polypodiaceae</b>				
<i>Campyloneurum phyllitidis</i> (L.) C.Presl	E	Almeida, T.E. 4363	Menezes, E.A. 84	Sousa, G.R. 84
<i>Campyloneurum repens</i> (Aubl.) C.Presl	E	Giacomin, L.L. 2728	Torke, B.M. 1002	

<i>Microgramma baldwinii</i> Brade	E		Menezes, E.A. 110		
<i>Microgramma lycopodioides</i> (L.) Copel.	E	Sousa, D.C.S. 14	Menezes, E.A. 213		
<i>Microgramma megalophylla</i> (Desv.) de la Sota	E		Menezes, E.A. 77		
<i>Microgramma nana</i> (Liebm.) T.E.Almeida	E		Menezes, E.A. 212		
<i>Microgramma percussa</i> (Cav.) de la Sota	E	Almeida, T.E. 4369	Menezes, E.A. 214		Sousa, H. P. s.n. HSTM 4015
<i>Microgramma persicariifolia</i> (Schrad.) C.Presl	E				Almeida, T.E. 4771
<i>Microgramma reptans</i> (Cav.) A.R.Sm.	E	Costa, E.C. 4	Menezes, E.A. 248		
<i>Microgramma tecta</i> (Kaulf.) Alston	E	Almeida, T.E. 4223			
<i>Microgramma thurnii</i> (Baker) R.M.Tryon	E	Almeida, T.E. 4251	Menezes, E.A. 78		
<i>Niphidium crassifolium</i> (L.) Lellinger	E	Almeida, T.E. 4272			
<i>Pecluma plumula</i> (Willd.) M.G.Price	E	Rodrigues, D.B. 31	Almeida, T.E. 4595		
<i>Phlebodium decumanum</i> (Willd.) J.Sm.	R	Almeida, T.E. 4583	Menezes, E.A. 254	Branch, L.C. 5	Oliveira, M.H.V. 20
<i>Pleopeltis burchellii</i> (Baker) A.R.Sm.	R	Almeida, T.E. 4681			Almeida, T.E. 3410
<i>Pleopeltis desvauxii</i> (Klotzsch) Salino	E	Almeida, T.E. 4890	Torke, B.M. 991		
<i>Serpocaulon triseriale</i> (Sw.) A.R.Sm.	E	Almeida, T.E. 4590	Menezes, E.A. 253		

#### Pteridaceae

<i>Adiantum adiantoides</i> (J.Sm.) C.Chr.	T	Almeida, T.E. 4286		
<i>Adiantum argutum</i> Splitg.	T	Almeida, T.E. 4351	Menezes, E.A. 74	Giacomin, L.L. 3122
<i>Adiantum cajennense</i> Willd.	T	Almeida, T.E. 4359	Menezes, E.A. 182	Oliveira, M.H.V. 15
<i>Adiantum cinnamomeum</i> Lellinger & J.Prado	T	Marinho, L.C. 1286	Menezes, E.A. 235	Almeida, T.E. 4516
<i>Adiantum dolosum</i> Kunze	T	Almeida, T.E. 4358	Almeida, T.E. 4397	
<i>Adiantum glaucescens</i> Klotzsch	T	Rodrigues, D.B. 11	Menezes, E.A. 199	
<i>Adiantum humile</i> Kunze	T	Almeida, T.E. 4692	Menezes, E.A. 50	Almeida, T.E. 4344
<i>Adiantum latifolium</i> Lam.	T	Costa, E.C. 2	Menezes, E.A. 72	Oliveira, M.H.V. 39
<i>Adiantum lucidum</i> (Cav.) Sw.	T	Costa, E.C. 10	Menezes, E.A. 130	Oliveira, M.H.V. 19
<i>Adiantum multisorum</i> Samp.	T	Sousa, D.C.S. 1	Menezes, E.A. 49	Almeida, T.E. 4027
<i>Adiantum nudum</i> A.R.Sm.	T	Almeida, T.E. 4665		
<i>Adiantum obliquum</i> Willd.	T	Rodrigues, D.B. 12	Menezes, E.A. 256	Costa, E.C. 29
<i>Adiantum paraense</i> Hieron.	T	Pereira, J.B.S. 1026	Menezes, E.A. 88	Giacomin, L.L. 3122
<i>Adiantum petiolatum</i> Desv.	T	Almeida, T.E. 4269	Menezes, E.A. 257	Holanda, A.S.S. 1
<i>Adiantum pulverulentum</i> L.	T	Almeida, T.E. 4355		

<i>Adiantum raddianum</i> C.Presl	T					Oliveira, M.H.V. 18
<i>Adiantum serratodentatum</i> Willd.	T	Almeida, T.E. 4910				
<i>Adiantum terminatum</i> Kunze ex Miq.	T	Rodrigues, D.B. 10	Meneze s, E.A. 211	Branch, L.C. 106		Oliveira, M.H.V. 14
<i>Adiantum tetraphyllum</i> Willd.	T			Torke, B.M. 1059		
<i>Adiantum tomentosum</i> Klotzsch	T	Rodrigues, D.B. 13	Meneze s, E.A. 329			Almeida, T.E. 4524
<i>Ananthacorus angustifolius</i> (Sw.) Underw. & Maxon	E	Almeida, T.E. 4057	Meneze s, 215			
<i>Ceratopteris thalictroides</i> (L.) Brongn.	A					Pimentel, L. s.n. HSTM 4009
<i>Hecistopteris pumila</i> (Spreng.) J.Sm.	E	Almeida, T.E. 4932	Meneze s, E.A. 210			
<i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.) Link	T	Couvreur, T.L.P. 322				Suemitsu, C. 805
<i>Polytaenium citrifolium</i> (L.) Schuettp.	E		Almeida , T.E. 4380			Almeida, T.E. 3416
<i>Polytaenium guayanense</i> (Hieron.) Alston	E	Almeida, T.E. 4946	Meneze s, E.A. 228			Suemitsu, C. 7
<i>Pteris biaurita</i> L.	T	Black, J. s.n.			Cardoso, A. s.n. HSTM 3993	
<i>Pteris cretica</i> L.	T	Almeida, T.E. 4713		Neves, A. s.n. HSTM 3989		Figueira, E.A. s.n. 3991
<i>Pteris propinqua</i> J.Agardh	T					Cruz, R.M. s.n. HSTM 3992
<i>Pteris pungens</i> Willd.	T	Sousa, D.C.S. 55				
<i>Vittaria lineata</i> (L.) Sm.	E	Almeida, T.E. 4943	CHS PNA, 40	André, T. 85	Curban, M. s.n. HSTM 4013	Almeida, T.E. 3417



**Saccolomataceae**

*Saccoloma elegans* Kaulf. T Black, G.A.  
s.n.

*Saccoloma inaequale* (Kunze) Mett. T Meneze  
s, E.A.  
172

**Salviniaceae**

*Azolla filiculoides* Lam. A Almeida,  
T.E. 3406 Suemitsu, C.  
1866

*Salvinia auriculata* Aubl. A Nascimento, Meneze Almeida,  
C.M.N. 189 s, E.A. T.E. 3405 Almeida, T.E.  
260 T.E. 3409

**Schizaeaceae**

*Actinostachys pennula* (Sw.) Hook T Meneze Magnuss Sofia, A. 149 Giacomini, L.L.  
s, E.A. on, W.E. 3000  
284 s.n.

*Schizaea elegans* (Vahl) Sw. T Meneze  
s, E.A. Silva, C.A. 56  
307

**Tectariaceae**

*Tectaria incisa* Cav. T Sousa, D.C.S. Meneze Giacomini, L.L.  
12 s, E.A. 3135  
222

*Tectaria trifoliata* (L.) Cav. T Almeida, T.E.  
4357

*Triplophyllum angustifolium* Holttum T Almeida, T.E.  
4220

*Triplophyllum crassifolium* Holttum T PA Costa, E.C. Meneze  
19 s, E.A.  
119

*Triplophyllum dicksonioides* (Fée) Holttum T Almeida, T.E. Meneze Suemitsu, C.  
4834 s, E.A. 324  
296

*Triplophyllum funestum* (Kunze) Holttum T Almeida, T.E. Meneze Almeida, T.E.  
4276 s, E.A. 3415  
122

*Triplophyllum glabrum* J.Prado & R.C.Moran T Rodrigues, Meneze Almeida, T.E.  
D.B. 21 s, E.A. 3414  
120

*Triplophyllum hirsutum* (Holttum) J.Prado & R.C.Moran T Sousa, D.C.S.  
53

**Thelypteridaceae**

<i>Cyclosorus interruptus</i> (Willd.) H.Ito	T		Menezes, E.A. 190	Regina, P. s.n. HSTM 4011
<i>Goniopteris abrupta</i> (Desv.) A.R.Sm.	T	Sousa, D.C.S. 64	Menezes, E.A.153	
<i>Goniopteris amazonica</i> (Salino & R.S.Fernandes) Salino & T.E.Almeida	T	Almeida, T.E. 4699		
<i>Goniopteris poiteana</i> (Bory) Ching	T	Sousa, D.C.S. 11	Nobre, K. s.n.	Giacomin, L.L. 3133
<i>Goniopteris tristis</i> (Kunze) Brade	T		Menezes, E.A. 112	
<i>Meniscium arborescens</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	T	Oliveira, M.H.V. 36		
<i>Meniscium chrysodioides</i> Fée	T	Rodrigues, D.B. 30		
<i>Meniscium hostmannii</i> (Klotzsch) R.S.Fernandes & Salino	T		Almeida, T.E. 4344	
<i>Meniscium longifolium</i> Desv.	T		Menezes, E.A. 176	Almeida, T.E. 4337
<i>Meniscium macrophyllum</i> Kunze	T	Almeida, T.E. 4924		
<i>Meniscium serratum</i> Cav.	T	Almeida, T.E. 4236		

Table 2. Voucher of lycophyte species registered in the Baixo Tapajós region. FV = life forms (E = epiphyte, R = rupicolous, T = terrestrial), RN = new records for the State, Conservation Units and Environmental protection areas and records found outside these Areas.

Taxon	F V	R N	FLONA TAPAJOS	PARNA	APA ALTER DO CHÃO	APA JUA	Outside Ucs
<b>Lycopodiaceae</b>							

<i>Lycopodiella longipes</i> (Grev. & Hooker) Holub	T	PA					Almeida, T.E. 4582
<i>Palhinhaea cernua</i> (L.) Franco & Vasc.	T		Marcus, J.F. 54	Menezes, E.A. 193			Holanda, A.S.S. 144
<i>Phlegmariurus dichotomus</i> (Jacq.) W.H.Wagner	E		Giacomin, L.L. 3054				
<i>Phlegmariurus linifolius</i> (L.) B.Øllg.	E					Almeida, T.E. 4289	
<i>Pseudolycopodiella contexta</i> (Mart.) Holub	T						Almeida, T.E. 4584
<i>Pseudolycopodiella meridionalis</i> (Underw. & Loyd) Holub	R						Giacomin, L.L. 3002
<b>Selaginellaceae</b>							
<i>Selaginella breynii</i> Spring	T		Rodrigues, D.B. 19	Almeida, T.E. 4607			Holanda, A.S.S. 02
<i>Selaginella conduplicata</i> Spring	T		Almeida, T.E. 4897	Silva, M.F. 2174	Giacomin, L.L. 2591	Pontes, H. 2	Almeida, T.E. 4507
<i>Selaginella haematodes</i> (Kunze) Spring	T		Oliveira, M.H.V. 27	Sousa, G.R. 23			
<i>Selaginella parkeri</i> (Hook. & Grev.) Spring	T		Sousa, D.C.S. 7	Almeida, T.E. 4399			
<i>Selaginella radiata</i> (Aubl.) Spring	T		Sousa, D.C.S. 60	Torke, B.M. 983			Schwacke, P. 156
<i>Selaginella sandwithii</i> Alston	T		Oliveira, M.H.V. 26				
<i>Selaginella sulcata</i> (Desv. ex Poir.) Spring	T			Menezes, E.A. 218			

Table 3 - Studies conducted in the Amazon region consulted for floristic comparison with the present study.

locality	State	Area Size (ha)	References
Floresta Nacional de Carajás	PA	411.949,00	Salino. A. et al. (2018)
Acre	AC	15.314.900	Prado, J.; Hirai, R.Y. & Moran, R.C. (2017)
Base Petrolífera de Urucu	AM	514,000	Sampaio, A.F.; Souza, M.G.C. & Pietrobom, M.R. (2015)

Floresta Estadual de Faro	PA	635,936	Góes-Neto, L.A.A. (2011)
Floresta Estadual do Paru	PA	3.612,914	Góes-Neto, L.A.A. (2011)
Floresta Estadual do Trombetas	PA	3.172,978	Góes-Neto, L.A.A. (2011)
Reserva Biológica do Maicuru	PA	1.151,761	Góes-Neto, L.A.A. (2011)
Estação Ecológica do Grão-Pará	PA	4.245,819	Góes-Neto, L.A.A. (2011)
Parque Nacional da Amazônia	PA	1.066.000,00	Menezes-Junior, E.A. (2017)
Reserva Biológica de Uatumã	AM	94.277,900	Zuquim, G.; Prado, J. & Costa, F.R.C. (2009)
Santa Isabel	AM	58082	Freitas, C.A.A. & Prado, J. (2005)
Reserva Ducke	AM	10000	Hopkins, M.J.G. (2005)
Tucuruí	PA	568.667	Fernandes, R.S. (2010)
Serra do Itauajuri	PA	1.598,21	Pallos, J. et al. (2016)
Ilha do Mosqueiro	PA	21.967	Costa, J.M.; Pietrobon, M.R. (2007)
Parque Ecológico do Gunma	PA	540	Costa, J.M.; Pietrobon, M.R. (2010)

---

## ANEXOS

### Comentários à coordenação do PPGBEES:

Eu assinaei poucas correções no manuscrito do artigo submetido. No entanto, os outros textos em português, como resumo e Introdução Geral estão pouco precisos em algumas partes. Acho que essas partes devem ser melhoradas de maneira que o texto fique mais preciso, informativo e objetivo.

### Avaliação final do projeto de dissertação de mestrado

#### I - Aprovado ( X )

*indica que o revisor aprova a dissertações em correções ou com correções mínimas*

#### II - Aprovado com Correções ( )

*indica que o avaliador aprova o projeto com correção extensas,mas que a dissertação não precisa retornar ao avaliador para reavaliação*

#### III - Necessita Revisão ( )

*indica que há necessidade de reformulação do trabalho e que avaliadorquer reavaliar a nova versão da dissertação antes de emitir uma decisão final*

#### IV - Reprovado ( )

*indica que a dissertação não é adequada, nem com modificações substanciais*

Identificação do membro da banca: Alexandre Salino

Data: 12/02/2020

Assinatura:



Comentários à coordenação do PPGBEES:

Prezados,

Considero o trabalho da estudante Marise Helen de Oliveira de grande importância para conhecimento da biodiversidade brasileira. Além de estudar uma região com grande carência de informação e com grande importância biológica, a dissertação tem qualidade e potencial para ser publicada em um periódico internacional de ampla circulação.

Nesse sentido, creio que algumas alterações sugeridas irão auxiliar a estudante a realizar algumas melhorias importantes no trabalho e, conseqüentemente, agilizar o processo de publicação. Destaco, por exemplo, a modificação na estrutura da introdução e dos resultados, assim como a necessidade de incrementar dois ou três parágrafos.

Todas as sugestões estão destacadas no arquivo PDF e possuem uma caixa de diálogo com observações.

Coloco-me à disposição para esclarecer qualquer dúvida e auxiliar no que for preciso.

Grato pela confiança,

Gustavo

#### Avaliação final do projeto de dissertação de mestrado

**I - Aprovado ( X )**

*indica que o revisor aprova a dissertação em correções ou com correções mínimas*

**II - Aprovado com Correções (        )**

*indica que o avaliador aprova o projeto com correção extensa, mas que a dissertação não precisa retornar ao avaliador para reavaliação*

**III - Necessita Revisão ( )**

*indica que há necessidade de reformulação do trabalho e que avaliador quer reavaliar a nova versão da dissertação antes de emitir uma decisão final*

**IV - Reprovado ( )**

*indica que a dissertação não é adequada, nem com modificações substanciais*

Identificação do membro da

banca

Data: 22/01/2020

Assinatura:

*Gustavo Moura*

## **Comentários à coordenação do PPGBEES:**

A dissertação é de boa qualidade e apresenta resultados muito interessantes. O estudo foi conduzido com metodologia adequada e o texto apresentado é claro quanto aos objetivos e resultados alcançados.

### **Comentários para a candidata**

Introdução geral

**Senti falta de um parágrafo no resumo geral e na introdução (que é um texto de divulgação) da apresentação dos resultados. Sugiro que informações como “150 espécies de 59 gêneros e 23 famílias, cinco são novos registros para o estado do Pará e dez em das 150 espécies registradas ocorrem apenas fora de áreas protegidas” sejam incorporadas ao texto de divulgação.**

Capítulo 1

Introdução - muito bem redigida e abordando literatura pertinente para embasar o estudo.

Metodologia –

Item 2.2. existe um erro de citação de uma das bases de dados utilizadas. Foi utilizado o Jabot ou o Re flora? O endereço é do link é do Re flora, mas cita Jabot.

*We reviewed published floristic surveys from the region and compiled records from online databases, such as speciesLink (<http://splink.cria.org.br/>), SiBBR (<http://www.sibbr.gov.br/>), GBIF (<https://www.gbif.org/>) and JABOT (<http://reflora.jbrj.gov.br>).*

**Neste mesmo item (2.2) eu sugiro que a frase *We found 1800 records, from which we removed 372 duplicated ones, and 502 incorrectly identified as ferns or lycophytes, or incorrectly assigned to the study area* seja retirada e transferida para resultados no item 3.3**

Resultados – são bem apresentados. Sugiro a inclusão do número de amostras que tiveram a identificação corrigida/alterada ao longo de trabalho. Qual a confiabilidade dos nomes atribuídos as exsiccatas nos acervos?

Discussão – Creio que caberia um parágrafo também discutindo porque existem mais coletas dentro das UCs do que fora delas. Nós botânicos preferimos trabalhar sob a “proteção” do ICMBio ou dos órgãos estaduais? Só gostamos de trabalhar em áreas mais bem conservadas? A urgência não seria catalogar o que não está protegido por UC? Será que os proprietários das áreas deixariam os botânicos trabalharem para minimizar as lacunas apontadas no artigo?

Outro assunto que merece ser abordado na discussão é a confiabilidade das determinações dos espécimes nos acervos como abordado por Cardoso et al. 2017. Alguém que não conhece as espécies de samambaias poderia ter realizado este estudo?



**Avaliação final do projeto de dissertação de mestrado**

**I - Aprovado ( X )**

*indica que o revisor aprova a dissertações em correções ou com correções mínimas*

**II - Aprovado com Correções (    )**

*indica que o avaliador aprova o projeto com correção extensas,mas que a dissertação não precisa retornar ao avaliador para reavaliação*

**III - Necessita Revisão (    )**

*indica que há necessidade de reformulação do trabalho e que avaliador quer reavaliar a nova versão da dissertação antes de emitir uma decisão final*

**IV - Reprovado (    )**

*indica que a dissertação não é adequada, nem com modificações substanciais*

Identificação do membro da banca: Rafaela Campostrini Forzza

Data: 26/01/2020

Assinatura:

