



REESMA, Humaitá - Amazonas, Ano 18, Volume XVIII, nº ESPECIAL, Jul-dez. 2025

PROTOCOLO PARA AMOSTRAGEM DE PLANTAS HERBÁCEAS TERRESTRES EM PARCELAS RAPELD

PROTOCOL FOR SAMPLING TERRESTRIAL HERBACEOUS PLANTS IN RAPELD PLOTS

Kely da Silva Cruz¹, Gabriel Massaine Moulatlet², Flávia Delgado Santana³, Carolina Volkmer de Castilho⁴, Gabriela Zuquim⁵, Thiago André⁶
& Flávia Regina Capelloto Costa⁷

Resumo:

As ervas terrestres (samambaias, licófitas e monocotiledôneas não-palmeiras) desempenham papéis ecológicos essenciais nos ecossistemas tropicais. No entanto, ainda existem grandes lacunas de conhecimento sobre a ecologia desse grupo. Nas últimas décadas, diversos métodos de amostragem têm sido empregados para investigar a estrutura e distribuição das ervas terrestres. Dentre estes, o sistema RAPELD de amostragem tem como um de seus objetivos obter dados comparáveis aos de outros grupos de plantas e animais obtidos nas mesmas parcelas. Este sistema também visa facilitar o levantamento da biodiversidade nas florestas tropicais. Neste artigo, nós descrevemos o sistema RAPELD para uma amostragem padronizada de ervas terrestres, detalhamos os critérios para realizar inventários florísticos e para realizar medidas de cobertura das espécies utilizando o método de interceptação de pontos. Embora tenha sido utilizado principalmente na Amazônia, este protocolo também pode ser uma ferramenta para permitir a integração de dados ecológicos de diferentes ecossistemas. Espera-se que os futuros inventários realizados com este protocolo, contribuam significativamente para preencher lacunas de conhecimento sobre plantas herbáceas e, de forma mais ampla, sobre a diversidade de plantas tropicais.

Palavras-chave: Amazônia; florestas tropicais, samambaias, sub-bosque, Poales, Zingiberales.

¹ Centro de Estudos Integrados da Biodiversidade da Amazônia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Avenida André Araújo, 2936, CEP 69067-375. Manaus-AM, Brasil. e-mail: cruzsk@outlook.com.



Abstract:

Terrestrial herbs (ferns, lycophytes, and non-palm monocotyledons) play essential ecological roles in tropical ecosystems. However, there are still large gaps in knowledge about the ecology of this group. This method also aims to facilitate the assessment of biodiversity in tropical forests. In recent decades, several sampling methods have been applied to investigate the structure and distribution of terrestrial herbs. Among these methods, the RAPELD sampling method has among its objectives obtaining data comparable to those of other groups of plants and animals sampled in the same plots. In this article, we describe the RAPELD method for standardized sampling of terrestrial herbs and detail the criteria for conducting floristic inventories and how to measure species coverage using the point intercept method. Although it has been primarily used in the Amazon, this protocol can also be used as a tool, allowing the integration of ecological data from different ecosystems. It is expected that future inventories carried out with this protocol will contribute significantly to filling knowledge gaps on herbaceous plants and, more broadly, on tropical plant diversity.

Keywords: Amazon, Tropical forests, ferns, understory, Poales, Zingiberales.

² Instituto de Ecología, A.C., Red de Biología Evolutiva, Xalapa, Veracruz, México.

³ Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Amazônica, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus-AM, Brasil.

⁴ Embrapa Roraima, Boa Vista-RR, Brasil.

⁵ CSC - IT Center for Science, Espoo, Finland.

⁶ Departamento de Botânica, Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brasil.

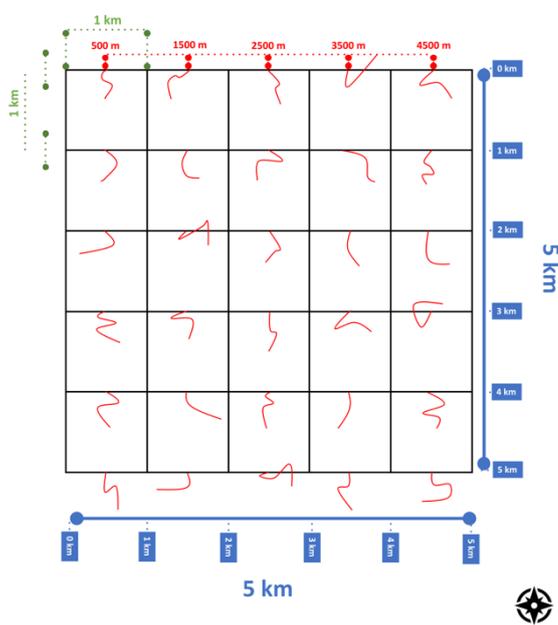
⁷ Coordenação de Pesquisas em Dinâmica Ambiental, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus-AM, Brasil.



O que é o RAPELD?

O RAPELD é um sistema padronizado de infraestrutura de campo voltado ao monitoramento integrado da biodiversidade e de processos ecossistêmicos. Ele combina padronização e flexibilidade, permitindo sua aplicação em diferentes ecossistemas. Seu objetivo é atender à demanda por **levantamentos rápidos de biodiversidade** (RAP) e por uma metodologia padrão para **pesquisas ecológicas de longa duração** (PELD). A infraestrutura consiste em grades (*grids*) ou módulos de pesquisa com trilhas principais de 5 km e parcelas uniformemente distribuídas de 250 metros, instaladas a cada 1 km. Em áreas com cursos d'água, incluem-se parcelas ripárias (250 metros) e aquáticas (50 metros), complementando a amostragem em ambientes específicos. Essa disposição maximiza a representatividade de diferentes grupos taxonômicos e variações ambientais, sendo facilmente replicável em outras localidades, o que permite comparações em diversas escalas espaciais e temporais. Além disso, favorece a integração de dados ecológicos e informações sobre uso sustentável de recursos, sendo amplamente aplicado no Brasil para subsidiar políticas de manejo ambiental.

Grid de amostragem com as trilhas principais de 5 km e parcelas dispostas a cada 1 km

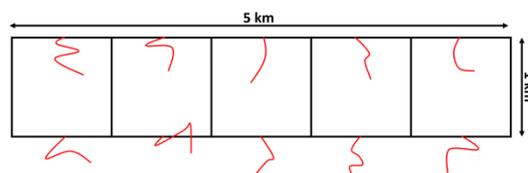


As **parcelas uniformemente distribuídas** são transectos de 250 metros de comprimento posicionados ao longo de curvas de nível, com larguras ajustadas conforme o grupo taxonômico ou variável estudada. Essa disposição minimiza os efeitos da topografia sobre as condições ambientais dentro das parcelas, garantindo que as variações sejam registradas entre parcelas, e não dentro delas, já que cada parcela é a unidade amostral central na maioria dos estudos. Piquetes são instalados a cada 10 metros e conectados por uma linha central marcada com barbante plástico ou fitilho, facilitando a aplicação dos protocolos metodológicos. À esquerda da linha central, localiza-se a **zona sensível**, uma faixa de 1,5 metros dedicada a estudos de

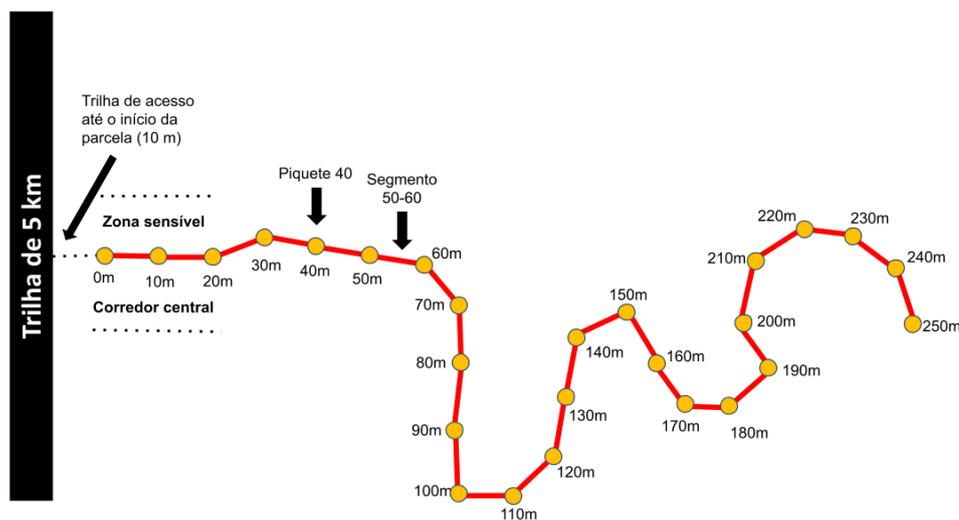
regeneração florestal, onde o trânsito de pesquisadores é restrito para evitar pisoteio. À direita, há um **corredor de deslocamento** de 1 metro de largura que permite a movimentação dos pesquisadores.

As **parcelas ripárias** estão localizadas às margens de pequenos cursos d'água, também com 250 metros de comprimento. Cada parcela é demarcada ao longo da margem direita do curso d'água, seguindo em direção à nascente (montante), com piquetes a cada 10 metros. Elas sempre começam onde a trilha principal do grid ou módulo cruza o curso d'água

Módulo de amostragem com as trilhas principais de 5 km e parcelas dispostas a cada 1 km



As **parcelas aquáticas fixas** são posicionadas nos canais dos riachos, geralmente a 10 metros da trilha principal. Cada parcela mede 50 metros de comprimento, com piquetes nos pontos 0, 16, 32 e 50 metros, instalados próximos às margens para representar adequadamente o ambiente aquático.





1 INTRODUÇÃO

As ervas terrestres são um grupo de plantas que habitam basicamente todos os ecossistemas. São abundantes nas vegetações abertas de campos, savanas e campinas, e menos abundantes - embora não pouco diversas - no sub-bosque das florestas. A diversidade e composição do grupo depende principalmente da sazonalidade climática e da fertilidade do solo (Gentry, 1988; Gentry & Emmons, 1987; Zuquim et al., 2009), embora na escala local os gradientes hidrológicos ligados à topografia sejam determinantes importantes (Costa, 2004, 2005; Moulatlet et al., 2014).

Ainda que amplamente estudadas, a definição utilizada para descrever o grupo é bastante variável. De acordo com o dicionário Merriam-Webster (2003), as ervas terrestres são classificadas como plantas anuais, bienais ou perenes que produzem sementes e não desenvolvem tecido lenhoso persistente, excluindo assim samambaias e licófitas. Contudo, existem exceções na classificação, como os subarbustos e algumas monocotiledôneas (plantas com apenas uma folha embrionária, ex: bananeira, arumã), que apresentam características intermediárias devido a estruturas que podem parecer lenhosas, mas não constituem madeira verdadeira (Linares-Palomino et al., 2009). Nesse protocolo, adotaremos a definição do The Kew Plant Glossary (Christenhusz, 2010) - “plantas sem caule lenhoso persistente acima do solo”, o que inclui todas as plantas de sub-bosque que comumente não são incluídas em inventários florísticos de plantas lenhosas, considerando, portanto, além das angiospermas, as samambaias e licófitas. As palmeiras, embora não possuam caule lenhoso típico (ou seja, com crescimento secundário), não são consideradas como ervas terrestres porque o caule possui uma quantidade de fibras grande o suficiente para sustentar plantas de grande porte, que historicamente são um grupo estudado a parte ou incluídas nos inventários de plantas lenhosas (Muscarella et al., 2020).

As ervas terrestres contribuem para a biodiversidade ao oferecer habitat e alimento para diversas espécies de invertebrados, aves e mamíferos (Gentry & Emmons 1987; Costa et al., 2011; Santana et al., 2016). É um grupo que auxilia na formação e preservação do solo, pois atua na prevenção da erosão (Gong et al., 2024) e na regulação do microclima (Heberling et al., 2019). Além disso, afeta a regeneração florestal, pois compete com mudas de árvores, influenciando assim a composição das espécies arbóreas (George & Bazzaz, 1999). Ademais, tem importância sociocultural, sendo utilizadas para



produção de diversos utensílios (p. ex. cestarias) e para fins medicinais e de alimentação (Costa et al., 2011). Por fim, o estudo das ervas fornece dados valiosos para a ecologia e a conservação, contribuindo para a formulação de estratégias de manejo sustentável e preservação da biodiversidade (Cárdenas-Ramírez et al., 2021; Spicer et al., 2022).

Tendo em vista a importância das ervas terrestres no estudo de ecossistemas tropicais, diversos investigadores desenvolveram nas últimas décadas, protocolos de amostragem deste grupo para responder perguntas ecológicas específicas. Tais metodologias propõem diferentes áreas de amostragem e restrições quanto aos grupos de plantas que devem ou não serem amostradas. Por exemplo, para responder perguntas sobre padrões regionais de biodiversidade especificamente na Amazônia, transectos com 500 m de extensão que cubram a maior diversidade possível de ambientes num mesmo local têm sido propostos (Tuomisto et al., 2003). Para ecossistemas não florestais na Amazônia, o Programa MONITORA do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) recomenda o uso do método de intercepção de pontos em linha (12 linhas de 50 m por fitofisionomia). Para amostragem da comunidade de plantas herbáceas em gradientes altitudinais em zonas montanhosas, parcelas de 20 m x 20 m têm sido utilizadas pois são mais fáceis de serem instaladas em áreas muito inclinadas, como a encosta de montanhas (Kessler et al., 2011). Nos exemplos citados, com exceção do protocolo do MONITORA, as parcelas e transectos de amostragem tendem a não ser permanentes, pois visam a amostragem da diversidade local apenas em um determinado momento e raramente são reamostrados. Por conta das diferenças metodológicas, a comparação de dados obtidos por diferentes metodologias pode ser difícil, ainda que alguns esforços para tal comparação tenham produzido resultados promissores (Figueiredo et al., 2018; Zuquim et al., 2021).

O sistema RAPELD de amostragem foi elaborado com o intuito de permitir integração de dados de uma maneira padronizada e rápida, que possa ser aplicada em diferentes ecossistemas e biomas, permitindo, inclusive, a integração de amostragens de diferentes organismos nas mesmas parcelas (Magnusson et al., 2013). Em comparação com os protocolos já mencionados, as parcelas RAPELD são permanentes, tem 250 m de extensão e seguem a curva de nível do terreno, minimizando a variação ambiental dentro das parcelas (Magnusson et al., 2005). O sistema RAPELD permite que diferentes táxons sejam inventariados nas mesmas parcelas, contribuindo para o levantamento da



biodiversidade de uma determinada região e para o avanço de pesquisas ecológicas integradas, uma vez que as variáveis ambientais utilizadas nesses estudos também são amostradas de forma padronizada para cada parcela.

Embora existam maneiras de combinar diferentes métodos de amostragem, escolher um método adequado é importante pois ele determina o custo, o esforço e a fração da biodiversidade amostrada (Gentry, 1982; Magnusson et al., 2005). Usando o sistema RAPELD para inventários de samambaias, Zuquim et al. (2007) testaram transectos com três larguras, 2.5, 2 e 1 m. A redução da largura de 2.5 a 1 m, resultou em uma diminuição de custos de 24%, mas também com a redução de 15% no número de espécies encontradas. No entanto, a redução de 2.5 a 2m na largura reduziu 8% dos custos e apenas 4% das espécies. Assim, para responder perguntas específicas, a amostragem de ervas usando parcelas RAPELD tem sido feita usando 2.5 m de largura (Zuquim et al., 2009) ou 1 m (Schietti et al., 2014) para inventários de samambaias, e de 1 a 2 m de largura em inventários de todas as ervas terrestres (Moulatlet et al., 2014; Figueiredo et al., 2018; Costa et al., 2005; Carvalho, 2007; Magalhães, 2010). Embora no protocolo aqui apresentado nós recomendamos a amostragem de 2 m de largura do lado direito das parcelas, é possível ajustar o esforço e fazer comparações com estudos usando outras larguras se a distância de cada planta em relação à linha de base for anotada.

Neste artigo vamos descrever com detalhes o método de amostragem em sistema RAPELD para ervas terrestres de sub-bosque, com o objetivo de sistematizar os detalhes metodológicos para uma amostragem padronizada e posterior curadoria dos dados. A vantagem de usar o sistema RAPELD é que ele permite entender padrões de variação local da biodiversidade, porque parcelas que seguem a curva de nível do terreno fazem com que as condições de solo e hidrologia local sejam mais semelhantes dentro de cada parcela e diferentes entre elas. A replicação do protocolo entre diferentes regiões da Amazônia permitirá preencher lacunas sobre a distribuição das plantas herbáceas, facilitando estudos comparativos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Materiais

Muitas parcelas RAPELD estão localizadas em unidades de conservação, o que implica que os pesquisadores devem estar atentos à necessidade de obter as devidas



autorizações para a realização de atividades científicas, como coleta e transporte de material botânico. Para garantir a conformidade com as normas locais e facilitar a realização de amostragens de forma ética e legal, é importante que os investigadores se informem sobre os requisitos específicos de cada localidade e obtenham as permissões necessárias com as autoridades competentes.

Além disso, ao planejar uma amostragem padronizada de plantas herbáceas terrestres nas parcelas RAPELD, recomenda-se incluir no planejamento os seguintes materiais de campo, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Lista de materiais e equipamentos necessários para coleta e identificação de herbáceas.

Item	Função	Observação
Trena com no mínimo 15 metros de comprimento	Demarcar a área de amostragem	Recomenda-se levar mais de uma trena para agilizar a amostragem
Aparelho de quadrado de pontos	Medir a cobertura	Na falta do aparelho recomenda-se o uso de uma vara de metal 2 mm de diâmetro e pelo menos 1 metro de comprimento
Vara de 2 metros	Para auxiliar na demarcação da faixa de amostragem	Recomenda-se que a vara seja de material resistente, a mesma pode ser confeccionada com madeira em campo
Lápis, borracha, apontador, régua de 10 cm e prancheta	Para anotar dados e informações referentes à amostragem	Recomenda-se a compra de caneta a prova d'água para anotação em dias chuvosos.
Pasta catálogo	Para confeccionar um álbum de referência da área amostrada	
Sacos plásticos e guarda-chuva	Para armazenar e transportar os espécimes coletados, além de	Recomenda-se um saco grande de 50L para o transporte dos indivíduos, e outros pequenos para a prancheta e ficha



	proteger a prancheta e as fichas de campo da chuva	
Tesoura de poda ou pazinha de mão	Para auxiliar na coleta dos indivíduos	
Prensa de campo e jornais	Para prensar o material coletado	
Máquina fotográfica	Para registro de detalhes dos espécimes coletados	
Etanol 90%	Para preservar o material coletado	Geralmente utilizado quando não há estufas de secagem de plantas nos locais de coleta
Recipientes de vidro contendo líquido conservante (70 partes de etanol, 27 partes de água e 3 partes de glicerina)	Para armazenar flores na forma úmida	
Sílica gel	Para preservar amostras de folhas para análises genéticas.	
Guias de identificação para herbáceas	Para auxiliar no reconhecimento e identificação das espécies	Alguns Guias podem ser encontrados no site do PPBio https://ppbio.inpa.gov.br/guias

2.2 Métodos

2.2.1 Inventário geral

Antes de iniciar as medidas quantitativas das ervas nas parcelas, sugerimos que sejam feitas caminhadas ao longo do maior número possível de trilhas no módulo onde ocorrerão as coletas, para coletar e registrar as espécies de ervas da área de interesse.



Estas coletas podem ser usadas para montar um álbum de referência para a área de interesse (Figura 1).



Figura 1 – Álbum de referência contendo amostras das espécies e morfotipos coletados em campo, após serem prensados e secos. Fonte: Flávia Costa, acervo pessoal.

2.2.2 Identificação das plantas durante a amostragem nas parcelas

Sempre que possível, fotografe a planta em sua totalidade no ambiente, além de capturar detalhes que possam ser relevantes para sua identificação (Material Suplementar S1 e S2). Também é importante documentar a variabilidade das características morfológicas vegetativas de cada espécie dentro de cada parcela, pelo menos por meio de fotos. Muitos grupos de ervas terrestres amazônicas podem ser identificados por especialistas a partir de boas fotografias dos espécimes.

Tire pelo menos uma foto do indivíduo completo, uma folha inteira e quaisquer partes férteis presentes (flores, frutos, soros). Além disso, é essencial coletar exemplares de cada espécie e morfotipo para comparação com exsicatas de herbários próximos à sua região e para consultas com especialistas. Como as parcelas seguem o sistema RAPELD e são permanentes, é fundamental que nenhuma planta inteira seja removida. Isso porque o objetivo central do RAPELD é possibilitar o monitoramento temporal da vegetação, e a retirada de indivíduos comprometeria a integridade da parcela e inviabilizaria comparações futuras. No caso de plantas clonais, uma parte completa do clone pode ser coletada, neste caso, é importante cavar a base do indivíduo para acessar o rizoma e assim



retirar uma das rosetas com cuidado para não danificar as demais estruturas clonais. No caso de plantas não-clonais pode ser coletada uma folha completa, com o cuidado de não prejudicar o resto da planta. Quando algum indivíduo tiver somente uma folha e não puder ser coletado, deve-se procurar um indivíduo da mesma espécie fora da parcela amostrada, porém na mesma área para a coleta completa. Para muitas espécies de samambaias o rizoma é importante para a identificação das diferentes espécies (Zuquim et al., 2017). Para evitar matar indivíduos grandes, a amostragem pode ser restrita apenas às folhas, mas então o tipo de rizoma deve ser documentado por fotografia ou descrição nos metadados do espécime. Por fim, algumas espécies de samambaias produzem folhas férteis morfologicamente diferentes das folhas não-férteis, quando for este o caso, coletar ambas as folhas.

As plantas coletadas precisam ser identificadas com etiquetas, e seu número de registro deve ser anotado na ficha de coleta. É importante armazená-las em sacos plásticos selados para impedir que o material seque antes do processo de prensagem. Para plantas férteis, é necessário coletar e armazenar flores e/ou inflorescências na forma úmida (de preferência 70 partes de etanol, 27 partes de água e 3 partes de glicerina) e depositar no herbário sob o mesmo número de voucher da exsiccata. Essa coleta úmida preserva a estrutura tridimensional das partes reprodutivas, o que é importante para a determinação da maioria dos grupos taxonômicos. Por último, todo o material deve ser depositado em um herbário e o material não reprodutivo guardado em coleções particulares ou que aceitem material não-fértil.

2.2.3 Critérios de inclusão dos indivíduos

As plantas herbáceas (samambaias, licófitas, e monocotiledôneas não-palmeiras) registradas devem ter altura superior a 5 cm, ou comprimento de fronde ≥ 5 cm no caso de samambaias e licófitas, e estar enraizadas dentro da faixa de até 2 m da parcela como critérios para entrarem na amostragem.

Ainda que este protocolo seja aplicado a espécies de hábito herbáceo e terrestres, muitas herbáceas podem ser epífitas ou hemiepífitas, como espécies das famílias Araceae, Orchidaceae, Cyathaceae, e alguns gêneros de samambaias (ex. *Asplenium* L., *Campyloneurum* C.Presl, *Trichomanes* L. e *Polybotrya* Willd.). Amostragens anteriores aplicando este protocolo usaram diferentes critérios para a inclusão de epífitas e



hemiepífitas, sendo que alguns consideraram apenas os indivíduos de espécies epífitas ou hemiepífitas encontrados enraizados no solo (Moulatlet et al., 2014; Zuquim et al., 2012), enquanto outros consideraram também indivíduos destas espécies encontradas até a altura máxima de 2 m acima do solo (Riaño & Moulatlet, 2022), para permitir comparação com outras bases de dados de plantas herbáceas da Amazônia que incluem epífitas e hemiepífitas (Tuomisto et al., 2019). O critério é variável nesse caso específico, sendo que sugerimos a inclusão das epífitas enraizadas em troncos de árvores a uma altura máxima até 2 m acima do solo.

Samambaias arborescentes são comumente encontradas em áreas florestadas e podem ser facilmente confundidas com árvores e passam despercebidas nos inventários de plantas herbáceas. No entanto, as samambaias arborescentes, grupo constituído por espécies dos gêneros *Cyathea* J.Sm., *Dicksonia* L'Hér., *Alsophila* R.Br. entre outras, devem ser incluídas nos inventários de plantas herbáceas. Coletas de folhas completas (ex. com ráquis e escamas) são suficientes para a identificação dessas espécies, não sendo necessário coletar indivíduos inteiros. Informações adicionais sobre os indivíduos, como o comprimento da folha e altura podem ser anotadas para auxiliar na identificação.

2.2.4 Amostragem das plantas herbáceas

A amostragem das plantas herbáceas deve ser realizada nas parcelas, dentro de uma faixa de 2 m x 250 m, localizada no lado direito da linha central da parcela e subdividida em segmentos de 10 metros. A delimitação da faixa de amostragem é feita com o auxílio de uma vara de 2 metros, posicionada horizontalmente e perpendicular à linha central da trilha (ver Figura 2). Durante a coleta, é fundamental minimizar o pisoteio dentro da faixa, uma vez que ela também é utilizada por outros pesquisadores para o estudo de diferentes grupos de organismos.



Figura 2 – Definição das áreas dos segmentos de amostragem de ocorrência das espécies em parcelas não lineares. As parcelas RAPELD não necessariamente são lineares pois são formadas por segmentos de 10 m que seguem a topografia do terreno. Para manter a área de amostragem em 250 m x 2 m é importante considerar a área de sobreposição dos segmentos, como indicado no texto. Fonte: Gabriel M. Moulatlet, acervo pessoal.

Como a parcela não é reta, existem áreas dentro da faixa de 2 m da linha central que não são claramente parte de um ou outro segmento. Nesses casos, os segmentos são definidos da seguinte forma: quando um segmento forma um ângulo convexo com o seguinte, haverá uma área semicircular entre os dois segmentos, que deve ser incluída na amostragem do segmento anterior ao ângulo. A área adicional entre os segmentos 1 e 2 será incluída na amostragem do segmento 1. No exemplo da área de sobreposição entre os segmentos 2 e 3 é incluída na amostragem do segmento 2 (Figura 3). Deve-se ter cuidado para não anotar novamente para o segmento 3 as espécies desta área. Este arranjo deve ser mantido em relação ao começo da parcela, mesmo que o levantamento esteja sendo feito a partir do final da parcela para o começo.

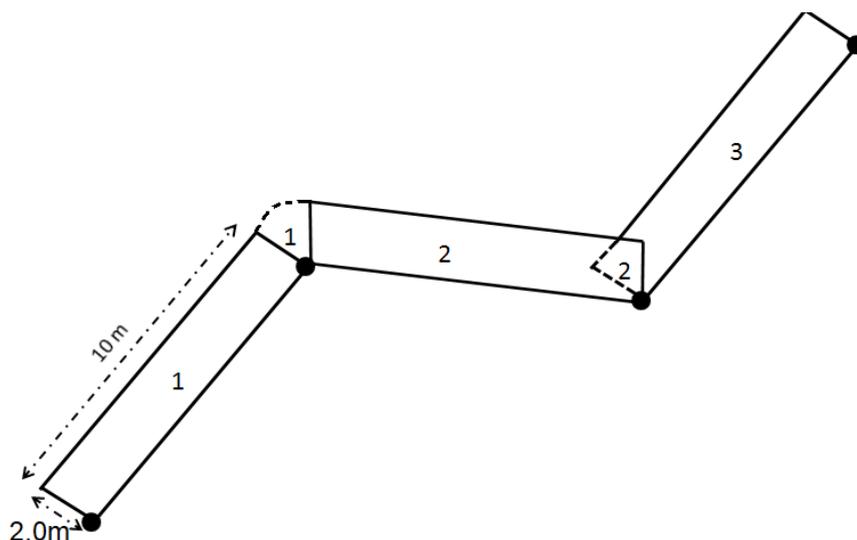


Figura 3 – Detalhamento de uma parcela RAPELD na Amazônia Central. Se destaca nessa imagem o corredor central formado por duas linhas paralelas, indicando o comprimento total das parcelas (250 m) e área de amostragem do lado direito, com a largura de 2 m. Fonte: Fernanda Coelho, adaptado de Costa e Magnusson (2014).

2.2.4.1 Contagem de indivíduos

Para a contagem de “indivíduos herbáceos” as plantas devem estar enraizadas dentro da faixa de até 2 m de largura da parcela, plantas com ramos ou folhas sobrepondo a faixa de 2 metros, mas não enraizadas nela devem ser desconsideradas. Para as espécies que se reproduzem de forma clonal, os conjuntos de caules ou folhas podem em geral ser considerados como indivíduos distintos se estiverem a uma distância maior que 20 cm de outros grupos. Esta distância entre potenciais indivíduos foi estabelecida na Reserva Ducke (Costa et al., 2005), e o ideal é que estudos específicos sejam conduzidos em cada localidade. Na ausência de dados específicos de cada localidade, o melhor é adotar o padrão de 20 cm de distância entre conjuntos de caules. Algumas espécies de samambaias de gêneros como *Selaginella* P.Beauv., *Trichomanes* L. e *Adiantum* L. possuem rizomas subterrâneos que produzem várias folhas, sendo difícil separar indivíduos. Nesse caso, cada ramo ou fronde deve ser considerado com um indivíduo diferente.

2.2.4.2 Medidas de Ocorrência

A amostragem da ocorrência nas parcelas é realizada em cada segmento de 10 x 2m são registradas as espécies que ocorreram (registrando 1 ou 0 na planilha para ocorrência da espécie em cada segmento). O número máximo de ocorrências será 25



numa parcela de 250 m e, portanto, o número de ocorrências da espécie dividido por 25 dá a frequência de ocorrência (Material Suplementar S3). Somente são incluídos os indivíduos que estiverem enraizados dentro da faixa limite de 2 m.

2.2.4.3 Amostragem de cobertura

A medida de cobertura de plantas herbáceas, baseada no método de interceptação de pontos em linha (Bullock, 2006), é quantitativa, mas pode não ser eficiente para registrar espécies com pouca cobertura. A coleta de dados de cobertura é realizada ao longo de uma faixa paralela ao corredor central, situada a 50 cm do lado direito (zona sensível). Essa faixa é demarcada com o uso de uma trena, iniciando no piquete zero da parcela. A posição final de cada segmento de amostragem é definida pelo ponto de encontro com a linha de cobertura do segmento seguinte, que também é paralela e igualmente posicionada a 50 cm da linha central (Figura 4). Com uma vara de metal de 2 mm de diâmetro deve ser suspensa verticalmente, formando um ângulo de 90° em relação ao chão, a cada 10 cm ao longo da trena e as espécies tocadas pela vara são registradas. Se a vara não tocar em nenhuma herbácea, isto também é registrado com o número zero (0). É necessário tomar cuidado para que a vara desça verticalmente e somente depois registrar as espécies tocadas. Outro cuidado importante, é não desviar a vara fazendo com que toque plantas muito próximas da vara, pois tem a impressão errada de que o objetivo é maximizar o número de toques. Deve-se também tomar cuidado para não entortar a vara. Se a vara tocar mais de uma espécie no mesmo ponto, cada espécie é registrada em linhas diferentes na planilha de dados (Material Suplementar S4). Se a vara tocar somente a parte morta de uma planta, a espécie não é registrada para aquele ponto. Se a vara passar em um buraco numa folha o toque não é registrado para aquele ponto caso a vara não toque na planta. O objetivo é calcular a área coberta, portanto, se a vara toca o mesmo indivíduo em pontos de amostragem diferentes, os toques são registrados para cada ponto.

A porcentagem de cobertura de cada espécie é calculada como:

$$\% \text{ Cobertura} = \frac{\text{Número de pontos em que a espécie foi registrada}}{\text{Número de pontos amostrados}} \times 100.$$

Embora medidas rápidas de cobertura possam ser obtidas como descrito acima, para uma coleta de dados de cobertura mais precisa, recomenda-se usar um equipamento

de quadrado de pontos. O equipamento pode ser confeccionado com uma ripa de madeira de 1m de comprimento (~ 5 cm largura) perfurada em 10 pontos distantes 10 cm entre si, e montada em cada extremidade em duas ripas de madeira perpendiculares. Os furos na ripa horizontal devem ser estreitos, permitindo apenas a passagem de uma varinha de metal fina (2 mm), que será inserida em cada um dos furos consecutivos para a medição. O equipamento vai sendo deslocado a cada 1m ao longo da linha de amostragem, da mesma forma como descrito acima.



Figura 4 – Amostragem da cobertura através do método de interceptação de pontos. Um equipamento de quadrado de pontos é posicionado a cada 1 metro ao longo do segmento de 10 metros, utilizando varas de metal de 2 mm dispostas a uma distância de 10 cm, para observar os pontos de contato das varas com as herbáceas terrestres. Elaborado por Flávia Santana.

2.2.5 Cuidados e recomendações gerais

Recomendamos que a zona de amostragem das parcelas seja feita na faixa lateral direita 2 m adjacente ao corredor central. Assim, os dados podem ser comparados com inventários anteriores. No entanto, é possível que para responder a determinadas perguntas seja necessário ajustar esse protocolo, tanto para inventários florísticos como para dados de cobertura de plantas. Por exemplo, dados podem ser coletados separadamente em três faixas distintas: uma faixa de 0,5 m de largura adjacente à linha central, uma faixa de 1,0 m ao lado desta e uma faixa adicional de 0,5 m além da faixa de 1,0 m. Dessa forma, os resultados podem ser comparados com levantamentos anteriores realizados em faixas menores, avaliar os efeitos de possíveis perturbações nas áreas adjacentes ao corredor central e até mesmo comparar dados com espécies de outros grupos coletadas com diferentes metodologias.

Em geral, os dados de densidade podem ser facilmente ajustados para diferentes larguras de faixa. No entanto, dados de inventários florísticos baseados na ocorrência (como o número de espécies em cada segmento da parcela) não apresentam uma relação



linear com a área amostrada (Magnusson et al., 2013), o que torna fundamental fazer comparações com diferentes faixas de largura.

3 PERSPECTIVAS

Dados ecológicos usando o protocolo descrito nesse artigo já foram coletados desde os páramos dos Andes, nas cabeceiras dos rios que drenam para o rio Amazonas (Riaño & Moulatlet, 2022) e em diversas regiões e ecossistemas florestais (Zuquim et al., 2012, 2014; Figueiredo et al., 2014, 2018; Moulatlet et al., 2014; Costa et al., 2005; Oliveira et al., 2024) e não-florestais (Cavalcante et al., 2014; Araújo et al., 2017) da Amazônia. A partir da disseminação deste protocolo, espera-se que este seja também utilizado em outras regiões e ecossistemas tropicais ampliando o conhecimento sobre as espécies herbáceas, a exemplo do que tem ocorrido para a bacia Amazônica.

Atualmente existem cerca de 700 parcelas RAPELD instaladas para inventários de plantas herbáceas na Amazônia, tanto permanentes como não permanentes, estando distribuídas principalmente na Amazônia central e oriental (André et al., 2023). Os dados provenientes dessas parcelas têm sido fundamentais para preencher lacunas de conhecimento sobre as plantas herbáceas, ainda que, em comparação com inventários de plantas lenhosas, os inventários de plantas herbáceas representem uma pequena fração dos inventários existentes. A necessidade de documentar o atual estado de conhecimento das plantas herbáceas levou a criação de projetos dedicados exclusivamente às ervas tropicais, como o HERBase (André et al., 2023), que tem como um dos objetivos, a integração de padronização taxonômica de dados vindos de amostragens RAPELD e de outros protocolos.

Ainda existe uma deficiência de informação para este grupo para diversas regiões da bacia Amazônica. No entanto, com o objetivo de aumentar o conhecimento sobre a diversidade de plantas herbáceas, dados provenientes de parcelas RAPELD têm sido usados em conjunto com dados de outras parcelas de outros grupos de investigação na descrição da padrões de diversidade globais (Weigand et al., 2020) e regionais (Zuquim et al., 2021). Além disso, o fato de o protocolo RAPELD ser pensado para integração de dados, permitiu que estudos inter-taxa tenham sido realizados na Amazônia. Por exemplo, Dambros et al. (2020) investigaram o papel de barreiras geográficas para explicar padrões de diversidade beta de espécies da Amazônia, exclusivamente com dados provenientes de



parcelas RAPELD, no qual se utilizou os dados existentes até aquele momento de parcelas de plantas herbáceas.

Alguns grupos, como as samambaias e as Zingiberales têm sido melhor inventariadas em parcelas RAPELD, e por isso seus padrões ecológicos são mais conhecidos. Ambos os grupos possuem relação com as características edáficas, mas especificamente a concentração de cátions, o que determina seus padrões de distribuição (Zuquim et al., 2012, 2014; Figueiredo, 2014) e evolução (Figueiredo et al., 2022). Além disso, as espécies desses grupos estão segregadas ao longo de gradientes formados pela disponibilidade hídrica dos solos, representada pela distância vertical ao lençol freático (Schietti et al., 2014; Moulatlet et al., 2014; Figueiredo et al., 2014). Dada a relação das plantas herbáceas com as condições edáficas, um produto dessa relação são os mapas de solo gerados a partir da presença das plantas indicadores da concentração de determinados cátions no solo (Moulatlet et al., 2017; Zuquim et al., 2019).

Embora a pesquisa em ecologia de plantas nas regiões tropicais tenha se concentrado predominantemente nas espécies arbóreas (Costa et al., 2004), a amostragem deste grupo pode ser demorada e trabalhosa. Em contrapartida, inventários de plantas herbáceas revelam padrões florísticos que refletem as mudanças na composição de espécies semelhantes à das árvores (Tuomisto et al., 2016; Ruokolainen et al., 2007), mas com um menor esforço de amostragem e menores custo, sendo uma alternativa rápida e viável para entender padrões de diversidade em diferentes ecossistemas, permitindo responder a perguntas ecológicas a diferentes escalas espaciais. Assim, esperamos que futuros inventários usando o protocolo aqui apresentado venham a contribuir para preencher lacunas de conhecimento sobre plantas herbáceas e da diversidade de plantas em geral.

4 MATERIAL SUPLEMENTAR

S1. Planilha de Organização dos Dados de Herbáceas;

S2. Ficha de Metadados;

S3. Modelo de planilha de campo para levantamento de herbáceas: método de ocorrência;

S4. Modelo de planilha de campo para levantamento de herbáceas: método de cobertura.



Material disponível em:
https://github.com/ProtocolosRAPELD/EducAmazonia_VolumeXVIII_N.ESPECIAL_2025/tree/main/MS_Protocolo_Herbaceas

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos diversos financiamentos recebidos ao longo dos anos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que financiaram várias pesquisas de ervas terrestres na Amazônia. Os inventários não teriam sido possíveis sem o apoio de vários assistentes de campo e estudantes, que muito contribuíram para a coleta de dados de plantas herbáceas. Somos gratos a dona Mariazinha, Joãozinho, Seu Sabá, Seu Antonio, Jailson, Quinha, Quinderé, Seu Pedro Anta, Juruna, entre tantos que apoiaram nas saídas de campo ao longo das últimas décadas. Dedicamos esse artigo à Maria Aparecida de Freitas, nossa eterna Cida. Este artigo integra uma edição especial financiada pelos projetos PPBio Amazônia Ocidental (CNPq, processos nº 441260/2023-3 e 441228/2023-2), INCT-CENBAM (CNPq, processo nº 406474/2022-2) e CAPACREAM (CNPq, processo nº 444350/2024-1).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- André, T., Moulatlet, G. M., Almeida, T. E., Alverga, P. P. D. P., Boelter, C. R., Drucker, D. P., Silva, J. G. D., Linares-Palomino, R., Lopes, M. A., Magalhães, J. L. L., Manzatto, A. G., Mews, H. A., Moll, I. E. D. S., Mortati, A. F., Paixão, E. C. D., Quintero-Vallejo, E., Andel, T. V., Silveira, M., Storck-Tonon, D., Costa, F. R. C. (2023). HERBase: A collection of understory herb vegetation plots from Amazonia. *Acta Amazonica*, 53(2), 114–121. <https://doi.org/10.1590/1809-4392202203150>
- Araújo, M. A., Rocha, A. E., Miranda, I., & Barbosa, R. (2017). Hydro-edaphic conditions defining richness and species composition in savanna areas of the northern Brazilian Amazonia. *Biodiversity Data Journal*, 5, e13829. <https://doi.org/10.3897/BDJ.5.e13829>
- Bullock, J. (2006). Plants. In *Ecological Census Techniques: A Handbook*. Cambridge University Press.
- Cárdenas-Ramírez, G. G., Jones, M. M., Heymann, E. W., & Tuomisto, H. (2021). Characterizing primate home-ranges in Amazonia: Using ferns and lycophytes as indicators of site quality. *Biotropica*, 53(3), 930–940.





<https://doi.org/10.1111/btp.12935>

- Carvalho, F. A. (2007). *Diversidade beta no interflúvio Purus- Madeira: Determinantes da estrutura das comunidades de Marantaceae, Araceae e Pteridófitas ao longo da BR 319, Amazonas, Brasil* [Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia].
- Cavalcante, C. D. O., Flores, A. S., & Barbosa, R. I. (2014). Fatores edáficos determinando a ocorrência de leguminosas herbáceas em savanas amazônicas. *Acta Amazonica*, 44(3), 379–386. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201300954>
- Christenhusz, Maarten J. M. (2010). The Kew Plant Glossary, an illustrated dictionary of plant terms, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 164 (4), 440–44.
- Costa, F. R. C. (2004). Structure and composition of the ground-herb community in a terra-firme. Central Amazonian forest. *Acta Amazonica*, 34(1), 53–59. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000100007>
- Costa, F. R. C., Magnusson, W. E., & Luizão, R. C. (2005). Mesoscale distribution patterns of Amazonian understorey herbs in relation to topography, soil and watersheds. *Journal of Ecology*, 93(5), 863–878. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2005.01020.x>
- Costa, F. R. C., Espinelli, F. P.; Figueiredo, F. O. G. (2011). *Guia de Zingiberales dos sítios PPBio na Amazônia Ocidental Brasileira*.
- Costa, F. R. C., Magnusson, W. E. (2014). Protocolo para levantamentos de Samambaias em módulos RAPELD do PPBio. Disponível em: https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/protocolo_Levantamento_Samambaias.pdf
- Dambros, C., Zuquim, G., Moulatlet, G. M., Costa, F. R. C., Tuomisto, H., Ribas, C. C., Azevedo, R., Baccaro, F., Bobrowiec, P. E. D., Dias, M. S., Emilio, T., Espirito-Santo, H. M. V., Figueiredo, F. O. G., Franklin, E., Freitas, C., Graça, M. B., d’Horta, F., Leitão, R. P., Maximiano, M., ... Magnusson, W. E. (2020). The role of environmental filtering, geographic distance and dispersal barriers in shaping the turnover of plant and animal species in Amazonia. *Biodiversity and Conservation*, 29(13), 3609–3634. <https://doi.org/10.1007/s10531-020-02040-3>
- Figueiredo, F. O. G., Costa, F. R. C., Nelson, B. W., & Pimentel, T. P. (2014). Validating forest types based on geological and land-form features in central Amazonia. *Journal of Vegetation Science*, 25(1), 198–212. <https://doi.org/10.1111/jvs.12078>
- Figueiredo, F. O. G., Zuquim, G., Tuomisto, H., Moulatlet, G. M., Balslev, H., & Costa, F. R. C. (2018). Beyond climate control on species range: The importance of soil data to predict distribution of Amazonian plant species. *Journal of Biogeography*, 45(1), 190–200. <https://doi.org/10.1111/jbi.13104>
- Figueiredo, F. O. G., André, T., Moulatlet, G. M., Saka, M. N., Araujo, M. H. T., Tuomisto, H., Zuquim, G., Emilio, T., Balslev, H., Borchsenius, F., Campos, J. V., Silveira, M., Rodrigues, D. J., & Costa, F. R. C. (2022). Linking high diversification rates of rapidly growing Amazonian plants to geophysical landscape transformations promoted by Andean uplift. *Botanical Journal of the Linnean*



- Society*, 199(1), 36–52. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boab097>
- Gentry, A. H. (1982). Patterns of Neotropical Plant Species Diversity. In *Evolutionary Biology* (pp. 1–84). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6968-8_1
- Gentry, A. H. (1988). Changes in Plant Community Diversity and Floristic Composition on Environmental and Geographical Gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75(1), 1–34. <https://doi.org/10.2307/2399464>
- Gentry, A. H., & Emmons, L. H. (1987). Geographical Variation in Fertility, Phenology, and Composition of the Understory of Neotropical Forests. *Biotropica*, 19(3), 216–227. <https://doi.org/10.2307/2388339>
- George, L. O., & Bazzaz, F. A. (1999). The Fern Understory as an Ecological Filter: Growth and Survival of Canopy-Tree Seedlings. *Ecology*, 80(3), 846–856. <https://doi.org/10.2307/177022>
- Gong, C., Ni, D., Liu, Y., Li, Y., Huang, Q., Tian, Y., & Zhang, H. (2024). Herbaceous Vegetation in Slope Stabilization: A Comparative Review of Mechanisms, Advantages, and Practical Applications. *Sustainability*, 16(17), 7620. <https://doi.org/10.3390/su16177620>
- Heberling, J. M., McDonough MacKenzie, C., Fridley, J. D., Kalisz, S., & Primack, R. B. (2019). Phenological mismatch with trees reduces wildflower carbon budgets. *Ecology Letters*, 22(4), 616–623. <https://doi.org/10.1111/ele.13224>
- Kessler, M., Kluge, J., Hemp, A., & Ohlemüller, R. (2011). A global comparative analysis of elevational species richness patterns of ferns: Global analysis of fern transects. *Global Ecology and Biogeography*, 20(6), 868–880. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00653.x>
- Linares-Palomino, R., Cardona, V., Hennig, E. I., Hensen, I., Hoffmann, D., Lenzion, J., Soto, D., Herzog, S. K., & Kessler, M. (2009). Non-woody life-form contribution to vascular plant species richness in a tropical American forest. *Plant Ecology*, 201(1), 87–99. <https://doi.org/10.1007/s11258-008-9505-z>
- Magalhães, J. L. L. (2010). Composição e estrutura da comunidade herbácea de subbosque e sua distribuição em relação a fatores ambientais na FLONA de Caxiuanã, Amazônia Oriental [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural da Amazônia/Museu Paraense Emílio Goeldi]. http://ppbio.museu-goeldi.br/sites/default/files/Teses_e_Dissertacoes/2009/jose_leonardo.pdf
- Magnusson, W. E., Lima, A. P., Luizão, R., Luizão, F., Costa, F. R. C., Castilho, C. V. D., & Kinupp, V. F. (2005). RAPELD: A modification of the Gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. *Biota Neotropica*, 5(2), 19–24. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032005000300002>
- Magnusson, W., Braga-Neto, R., Pezzini F., Baccaro, F., Bergallo, H., Penha, J., Domingos Rodrigues, D. J., Verdade, J. M., Lima, A., Albernaz, A. L., Jean-Marc, H., Lawson, B., Castilho, C., Drucker, D., Franklin, E., Mendonça, F., Costa, F., Castley, G. G., Zuanon, J., Vale, J., Luizão, J. L. C. S. R., Cintra, R., Barbosa, R. I., Koblitz, A. L. R. V., Cunha, C. N., Pontes, A. R. M. (2013). *Biodiversidade e Monitoramento Ambiental Integrado*, 335.



- Merriam-Webster. (2003). *Merriam-Webster's Collegiate Dictionary*. (11^a ed., p. 727).
- Moulatlet, G. M., Costa, F. R. C., Rennó, C. D., Emilio, T., & Schietti, J. (2014). Local Hydrological Conditions Explain Floristic Composition in Lowland Amazonian Forests. *Biotropica*, 46(4), 395–403. <https://doi.org/10.1111/btp.12117>
- Moulatlet, G. M., Zuquim, G., Figueiredo, F. O. G., Lehtonen, S., Emilio, T., Ruokolainen, K., & Tuomisto, H. (2017). Using digital soil maps to infer edaphic affinities of plant species in Amazonia: Problems and prospects. *Ecology and Evolution*, 7(20), 8463–8477. <https://doi.org/10.1002/ece3.3242>
- Muscarella, R., Kolyaie, S., Morton, D. C., Zimmerman, J. K., & Uriarte, M. (2020). Effects of topography on tropical forest structure depend on climate context. *Journal of Ecology*, 108(1), 145–159. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13261>
- Oliveira, A. E. de, Ribeiro, M. S., Sampaio, A. F., & Manzatto, A. G. (2024). Estrutura e composição de ervas terrestres em zonas ripárias na estação ecológica de Cuniã. *Observatório de La Economía Latinoamericana*, 22(1), 1588–1601. <https://doi.org/10.55905/oelv22n1-084>
- Riaño, K., & Moulatlet, G. M. (2022). Floristic and functional diversity of ferns and lycophytes at three elevational zones in the eastern slopes of the northern Andes, Ecuador. *Acta Amazonica*, 52, 149–157. <https://doi.org/10.1590/1809-4392202102232>
- Ruokolainen, K., Tuomisto, H., Macía, M. J., Higgins, M. A., & Yli-Halla, M. (2007). Are floristic and edaphic patterns in Amazonian rain forests congruent for trees, pteridophytes and Melastomataceae? *Journal of Tropical Ecology*, 23(1), 13–25. <https://doi.org/10.1017/S0266467406003889>
- Santana, F. D., Baccaro, F. B., & Costa, F. R. C. (2016). Busy Nights: High Seed Dispersal by Crickets in a Neotropical Forest. *The American Naturalist*, 188(5), E126–E133. <https://doi.org/10.1086/688676>
- Schietti, J., Emilio, T., Rennó, C. D., Drucker, D. P., Costa, F. R. C., Nogueira, A., Baccaro, F. B., Figueiredo, F., Castilho, C. V., Kinupp, V., Guillaumet, J.-L., Garcia, A. R. M., Lima, A. P., & Magnusson, W. E. (2014). Vertical distance from drainage drives floristic composition changes in an Amazonian rainforest. *Plant Ecology & Diversity*, 7(1–2), 241–253. <https://doi.org/10.1080/17550874.2013.783642>
- Spicer, M. E., Radhamoni, H. V. N., Duguid, M. C., Queenborough, S. A., & Comita, L. S. (2022). Herbaceous plant diversity in forest ecosystems: Patterns, mechanisms, and threats. *Plant Ecology*, 223(2), 117–129. <https://doi.org/10.1007/s11258-021-01202-9>
- Tuomisto, H., Ruokolainen, K., Aguilar, M., & Sarmiento, A. (2003). Floristic Patterns along a 43-km Long Transect in an Amazonian Rain Forest. *Journal of Ecology*, 91(5), 743–756. <https://www.jstor.org/stable/3599700>
- Tuomisto, H., Moulatlet, G. M., Balslev, H., Emilio, T., Figueiredo, F. O. G., Pedersen, D., & Ruokolainen, K. (2016). A compositional turnover zone of biogeographical magnitude within lowland Amazonia. *Journal of Biogeography*, 43(12), 2400–2411. <https://doi.org/10.1111/jbi.12864>



- Tuomisto, H., Van Doninck, J., Ruokolainen, K., Moulatlet, G. M., Figueiredo, F. O. G., Sirén, A., Cárdenas, G., Lehtonen, S., & Zuquim, G. (2019). Discovering floristic and geocological gradients across Amazonia. *Journal of Biogeography*, 46(8), 1734–1748. <https://doi.org/10.1111/jbi.13627>
- Weigand, A., Abrahamczyk, S., Aubin, I., Bitá-Nicolae, C., Bruelheide, H., I. Carvajal-Hernández, C., Cicuzza, D., Nascimento Da Costa, L. E., Csiky, J., Dengler, J., Gasper, A. L. D., Guerin, G. R., Haider, S., Hernández-Rojas, A., Jandt, U., Reyes-Chávez, J., Karger, D. N., Khine, P. K., Kluge, J., ... Kessler, M. (2020). Global fern and lycophyte richness explained: How regional and local factors shape plot richness. *Journal of Biogeography*, 47(1), 59–71. <https://doi.org/10.1111/jbi.13782>
- Zuquim, G., Costa, F. R. C., & Prado, J. (2007). Redução de esforço amostral vs. Retenção de informação em inventários de pteridófitas na Amazônia Central. *Biota Neotropica*, 7, 217–223. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032007000300023>
- Zuquim, G., Costa, F. R. C., Prado, J., & Braga-Neto, R. (2009). Distribution of pteridophyte communities along environmental gradients in Central Amazonia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 18(1), 151–166. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9464-7>
- Zuquim, G., Tuomisto, H., Costa, F. R. C., Prado, J., Magnusson, W. E., Pimentel, T., Braga-Neto, R., & Figueiredo, F. O. G. (2012). Broad Scale Distribution of Ferns and Lycophytes along Environmental Gradients in Central and Northern Amazonia, Brazil. *Biotropica*, 44(6), 752–762. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00880.x>
- Zuquim, G., Tuomisto, H., Jones, M. M., Prado, J., Figueiredo, F. O. G., Moulatlet, G. M., Costa, F. R. C., Quesada, C. A., & Emilio, T. (2014). Predicting environmental gradients with fern species composition in Brazilian Amazonia. *Journal of Vegetation Science*, 25(5), 1195–1207. <https://doi.org/10.1111/jvs.12174>
- Zuquim, G., Tuomisto, H., Jones, M. M., Prado, J. (2017). A free-access online key to identify Amazonian ferns. *Phytokeys*, 78, 1–15. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.78.11370>
- Zuquim, G., Stropp, J., Moulatlet, G. M., Van Doninck, J., Quesada, C. A., Figueiredo, F. O. G., Costa, F. R. C., Ruokolainen, K., & Tuomisto, H. (2019). Making the most of scarce data: Mapping soil gradients in data-poor areas using species occurrence records. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(6), 788–801. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13178>
- Zuquim, G., Tuomisto, H., Chaves, P. P., Emilio, T., Moulatlet, G. M., Ruokolainen, K., Van doninck, J., & Balslev, H. (2021). Revealing floristic variation and map uncertainties for different plant groups in western Amazonia. *Journal of Vegetation Science*, 32(5), e13081. <https://doi.org/10.1111/jvs.13081>



Submetido em: 30 de outubro de 2024

Aprovado em: 22 de maio de 2025

Publicado em: 15 de julho de 2025

AUTORIA

Autor 1:

Nome: Kely da Silva Cruz

Breve currículo: Doutora em Biodiversidade (Rede Bionorte), Pesquisadora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e integrante do grupo de pesquisa do Centro de Estudos Integrados da Biodiversidade Amazônica (CENBAM/PPBio).

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

E-mail: cruzsk@outlook.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5951-7042>

País: Brasil

Autor 2:

Nome: Gabriel Massaine Moulatlet

Breve currículo: Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Mestre em Biologia/Ecologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e Doutor em Biociências pela University of Turku (Finlândia)

Instituição: Instituto de Ecología, A. C., Red de Biología Evolutiva

E-mail: mandaprogabriel@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2571-1207>

País: México

Autor 3:

Nome: Flávia Delgado Santana

Breve currículo: Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Católica de Salvador (UCSal), Mestre em Ecologia e Conservação da Biodiversidade pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Doutora em Ecologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA e Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Amazônica – CEPAM/ICMBio

E-mail: flaviadelsan@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3523-2456>

País: Brasil

Autor 4:





Nome: Carolina Volkmer de Castilho

Breve currículo: Doutora em Ecologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Pesquisadora da Embrapa Roraima na área de Uso Sustentável e Recursos Naturais

Instituição: Embrapa Roraima

E-mail: carolina.vcastilho@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1064-2758>

País: Brasil

Autor 5:

Nome: Gabriela Zuquim

Breve currículo: Doutorado em Ecologia pela Universidade de Turku, Finlândia. Professora na Universidade de Turku.

Instituição: Universidade de Turku, Finlândia.

E-mail: gabizuquim@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0932-2308>

País: Finlândia

Autor 6:

Nome: Thiago André

Breve currículo: Doutor em Biodiversidade e Biologia Evolutiva pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professor do Departamento de Botânica da Universidade de Brasília.

Instituição: Universidade de Brasília.

E-mail: thiagojcandre@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4148-3662>

País: Brasil

Autor 7:

Nome: Flávia Regina Capellotto Costa

Breve currículo: Doutora em Ecologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, onde também atua como pesquisadora.

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

E-mail: flaviacosta001@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9600-4625>

País: Brasil