

DISTRIBUIÇÃO DE ANUROS EM UM GRADIENTE DE INUNDAÇÃO NA AMAZÔNIA CENTRAL

Aluno: João Victor Gomes do Nascimento

Orientador: Rafael Magalhães Rabelo

Co-orientadora: Kelly Cristhyna Torralvo



Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Programa de Pós Graduação em Ecologia



DISTRIBUIÇÃO DE ANUROS EM UM GRADIENTE DE INUNDAÇÃO NA AMAZÔNIA CENTRAL

Aluno: João Victor Gomes do Nascimento

Dissertação de mestrado apresentada para o programa de Pós-graduação em Biologia (ênfase em ecologia), como requisito para obtenção do título de Mestre em Biologia (Ecologia) - do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA.

FICHA CATALOGRÁFICA

N244d Nascimento, João

Distribuição de anuros em um gradiente de inundação na Amazônia Central. / João Nascimento; orientador Rafael Magalhães Rabelo; coorientadora Kelly Cristhyna Torralvo. - Manaus : [s.l.], 2026.

532 KB

33 p. : il. color.

DOI: <https://doi.org/10.61818/ted26025>

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ecologia) - Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2026.

1. Diversidade taxonômica. 2. Florestas alagáveis. 3. Herpetofauna. I. Rabelo, Rafael Magalhães. II. Torralvo, Kelly Cristhyna. III. Título.

.

CDD 597.8

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), por oferecer uma excelente estrutura e ensino, que foram de fundamental importância para a execução deste trabalho, juntamente ao Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, instituição que, além de proporcionar suporte logístico para a realização desta pesquisa, também contribuiu com recursos essenciais para o desenvolvimento deste estudo.

A CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado, que possibilitou minha permanência em outro estado, longe da minha rede de apoio familiar.

Ao meu orientador, Rafael Rabelo, pela contribuição, colaboração e parceria ao longo desses dois anos, ajudando-me a aprimorar meu olhar científico, especialmente no que diz respeito às análises estatísticas deste trabalho.

A minha coorientadora, Kelly Torralvo, que esteve comigo durante os meses de campo, me ensinando a fazer ciência de forma ética e respeitosa, não apenas com os organismos com os quais trabalhamos, mas também com todas as pessoas que contribuem, de alguma forma, para a construção deste trabalho, pois ninguém faz ciência sozinho.

Aos colaboradores deste trabalho, Igor Yuri e Rickelmy de Holanda, sou imensamente grato pela disponibilidade de embarcarem comigo durante os três meses de expedição.

A Alayne Albuquerque, por me auxiliar na coleção de herpetofauna do Instituto Mamirauá e por ter sido uma grande parceira durante meus dias lá.

Ao Sr. Raimundinho, Falcão, João, Sr. Justo, Sr. Braga, Sr. Jucelino, Silas, Everton, Dona Rosa, Dona Janete e Dona Alicia, por todo apoio durante nossa expedição na FLONA de Tefé.

Ao Sr. Ari, Sr. Eziel, Edmilson, Silas, Sávio, Sr. Paulo, Irenilce, Nêga, Derla e Nilce pelo apoio durante a expedição na RDS Mamirauá.

Ao Sr. Washington, Sr. Wigson, Átila, Yuri, Andrio, Ruan, Ageu, Francivaldo, Dona Esther e Dona Elcy por toda ajuda durante o período que passamos na RDS Amanã.

Aos amigos que fiz em Manaus graças ao mestrado, em especial Jovana, Jéssica, Josi, Juçara, Mateus, Arthur, Vitorinha, Aryna, Lissandra, Tyson, Alana, Wesley, Cesar e

Camila, que estiveram presentes em diversos momentos significativos ao longo desses anos.

Aos amigos que fiz durante a graduação. Sou muito grato aos anos em que a UFPE foi minha casa e por ter me aproximado de cada um de vocês: Leo, Cau, Blito, Majulis, Ju, Marcos, Dudinha e, em especial, Lau, que me acompanhou durante a graduação, durante o mestrado e, como se não bastasse, ainda teve que me aguentar dividindo o mesmo teto durante alguns meses.

A Rhav e Nay, que mesmo de longe se fizeram e se fazem presentes em cada etapa da minha vida. Sou muito sortudo por compartilhar a vida com vocês.

A minha mãe, que sonhou junto comigo o sonho de fazer mestrado no INPA e que tanto me ajudou, seja financeiramente, seja me motivando a tornar esse sonho realidade. Te amo, e minhas conquistas também são suas.

Aos meus avós, que também sempre sonharam esse sonho comigo e que, mesmo sem entender muito bem o que eu faço, me motivam diariamente a alçar voos cada vez mais altos.

Aos meus sobrinhos, Kael e Kaleb, que mesmo sem entender direito, me fazem querer ser uma versão melhor de mim mesmo a cada dia.

E, por fim, mas não menos importante, ao meu pai, que não está mais aqui, mas que, de onde estiver, espero que esteja orgulhoso das conquistas que venho alcançando.

RESUMO

Gradientes ambientais estruturam assembleias biológicas na Amazônia, mas seus efeitos sobre anuros em florestas de várzea e ambientes associados ainda são pouco compreendidos. Avaliamos se riqueza, abundância e composição de assembleias de anuros diferem entre florestas de várzea, paleovárzea e terra firme na Amazônia Central, e investigamos a influência de um gradiente ambiental contínuo sobre a estrutura dessas comunidades. Foram amostradas 30 parcelas distribuídas nos três tipos de ambiente durante o início da estação chuvosa de 2024-2025, com buscas visuais e auditivas padronizadas. Variáveis ambientais foram sintetizadas por análise de componentes principais (PCA). Nós registramos 2004 indivíduos de 48 espécies de anuros. A riqueza de espécies não diferiu entre os tipos florestais, enquanto a abundância total foi maior na terra firme. As curvas de distribuição de abundâncias indicaram padrões gerais semelhantes entre os ambientes, sugerindo que as diferenças observadas entre as assembleias estão mais associadas à abundância total de indivíduos do que à distribuição relativa das abundâncias entre as espécies. A composição das assembleias diferiu significativamente entre ambientes (PERMANOVA, $p < 0,001$), com segregação consistente visualizada pela ordenação (NMDS). O primeiro eixo da ordenação das espécies foi explicado tanto pelo tipo florestal quanto pelo gradiente ambiental contínuo, evidenciando a atuação de filtros ambientais entre e dentro de cada tipo florestal. Concluímos que a inundação sazonal não reduz a riqueza local, mas reorganiza a estrutura das assembleias ao longo do gradiente de inundação.

Palavras chaves: diversidade taxonômica, florestas alagáveis, herpetofauna, estrutura de assembleias

ABSTRACT

Environmental gradients structure biological assemblages in the Amazon, yet their effects on anurans in várzea forests and associated environments remain poorly understood. We evaluated whether species richness, abundance, and composition of anuran assemblages differ among várzea, paleovárzea, and terra firme forests in Central Amazonia, and investigated the influence of a continuous environmental gradient on the structure of these communities. We sampled 30 plots distributed across the three habitat types during the onset of the rainy season (2024-2025) using standardized visual and acoustic surveys. Environmental variables were summarized using principal component analysis (PCA). We recorded 2004 individuals belonging to 48 anuran species. Species richness did not differ among forest types, whereas total abundance was higher in terra firme. Rank-abundance curves indicated broadly similar patterns among environments, suggesting that the observed differences among assemblages are more strongly associated with total abundance than with the relative distribution of abundances among species. Assemblage composition differed significantly among environments (PERMANOVA, $p < 0.001$), with consistent segregation visualized in the ordination (NMDS). The first axis of the species ordination was explained by both forest type and the continuous environmental gradient, indicating the action of environmental filters operating both among and within forest types. We conclude that seasonal flooding does not reduce local species richness but reorganizes the structure of assemblages along the flooding gradient.

Keywords: taxonomic diversity; floodplain forests; herpetofauna; community structure

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
OBJETIVOS.....	12
Objetivo geral	12
Objetivos específicos	12
MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
Área de estudo	13
Amostragem de anuros	14
Variáveis ambientais	14
Análise de dados	15
RESULTADOS	16
DISCUSSÃO.....	21
Abundância e riqueza de espécies ao longo do gradiente ambiental	21
Diferenciação composicional entre ambientes: <i>turnover</i> de espécies	22
CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIAS	26

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Distribuição das parcelas amostrais ao longo de diferentes tipos florestais (várzea, paleovárzea e terra firme) na área de estudo. Os mapas apresentam a localização das parcelas sobrepostas a uma imagem de elevação derivada do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Os quadrados pretos no mapa geral (à esquerda) indicam as áreas amplificadas nos painéis à direita (A-C)..... 13
- Figura 2.** Variação da riqueza, abundância total e distribuição de abundâncias das espécies de anuros ao longo de um gradiente ambiental composto por florestas de várzea (VA), paleovárzea (PV) e terra firme (TF). **(A)** Riqueza de espécies por ambiente, modelada por distribuição Poisson. **(B)** Abundância total de indivíduos por tipo florestal, modelada por distribuição log-normal. **(C)** Curvas de distribuição de abundâncias entre os ambientes de terra firme, várzea e paleovárzea. 18
- Figura 3.** Padrões de variação na composição de espécies de anuros ao longo de um gradiente ambiental em florestas de várzea (VA), paleovárzea (PV) e terra firme (TF). **(A)** Ordenação das parcelas por NMDS de duas dimensões baseada na similaridade na composição de espécies mensurada com o índice de Bray-Curtis, mostrando segregação consistente entre os tipos de ambiente. **(B)** Ordenação das parcelas ao longo do eixo de um NMDS de uma dimensão, baseada no índice de similaridade de Bray-Curtis, evidenciando substituição progressiva de espécies ao longo do eixo de ordenação. **(C)** Relação entre o eixo NMDS 1 e o gradiente ambiental contínuo (PCA 1), indicando que a composição das assembleias difere entre os ambientes, e também varia em função tanto do gradiente ambiental dentro de cada tipo florestal. 20
- Figura suplementar 1.** Curvas de rank-abundância das assembleias de anuros registradas em florestas de paleovárzea (PV), terra firme (TF) e várzea (VA) na Amazônia Central.33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Seleção de modelos para abundância, riqueza e composição de anuros nos três ambientes florestais pelo Critério de Informação de Akaike (AIC).	18
Tabela suplementar 1. Número de registros de espécies de anfíbios anuros amostrados em cada tipo de ambiente (terra firme, várzea e paleovárzea), na Amazônia Central.....	32
Tabela suplementar 2. Correlação das variáveis ambientais com os dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais (PCA).....	33

INTRODUÇÃO

A heterogeneidade ambiental tem sido amplamente reconhecida como um dos principais determinantes da composição de espécies em comunidades locais. Na Floresta Amazônica, a composição das assembleias biológicas varia ao longo de gradientes ambientais, refletindo processos de filtragem que selecionam espécies adaptadas às condições locais (Costa et al., 2009; Torralvo et al., 2021). Variações no micro-habitat, estrutura da vegetação e características edáficas foram investigadas como preditores da distribuição de diferentes grupos taxonômicos, incluindo formigas (Vasconcelos et al., 2003), morcegos (Montiel et al., 2006; Kinap et al., 2024), pequenos mamíferos terrestres (Borges-Matos et al., 2016) e anfíbios anuros (Torralvo et al., 2021). Além da filtragem ambiental, interações bióticas, como a competição, e processos ecológicos e evolutivos também podem contribuir para a variação espacial das assembleias, especialmente quando considerados diferentes escalas espaciais (Dias-Terceiro et al., 2015; Menin et al., 2008; Ramalho et al., 2018).

Na região do médio Solimões, na Amazônia brasileira, os ecossistemas são fortemente estruturados por gradientes de inundação que operam em múltiplas escalas espaciais. Esse gradiente de inundação compreende desde áreas permanentemente não inundáveis até florestas sujeitas a alagamentos sazonais intensos, atuando como um importante filtro ecológico para diferentes grupos taxonômicos (Junk et al., 2012).

Gradientes ambientais frequentemente promovem mudanças na composição das assembleias por meio do turnover de espécies, refletindo a substituição de espécies ao longo de variações ambientais e espaciais (Baselga, 2010). Em ecossistemas amazônicos, diferenças hidrológicas e edáficas podem atuar como filtros ambientais capazes de restringir a ocorrência de determinadas espécies e favorecer outras com maior tolerância às condições locais, resultando em elevada dissimilaridade na composição entre ambientes contrastantes (Costa et al., 2009; Rabelo et al., 2021).

Ao longo desse gradiente, ambientes contrastantes podem ser reconhecidos, como as florestas de várzea amazônica que são áreas sazonalmente inundadas por rios de água branca, sendo caracterizadas por solos férteis devido ao aporte periódico de sedimentos andinos ricos em nutrientes (Benatti, 2016; Sioli, 1957; Junk, 2024). Em contraste, as paleovárzeas correspondem a antigas formações de várzea que, atualmente, não sofrem inundações sazonais, apresentando solos progressivamente mais empobrecidos pela ausência de novos sedimentos (Irion et al., 2010), o que pode resultar em ambientes com

características intermediárias, por vezes com espécies típicas de igapó (Schöngart e Junk, 2020; Bogotá-Gregory et al., 2020). Já as florestas de terra firme são ambientes mais antigos e hidrológicamente mais estáveis que as florestas inundáveis, pois não são sujeitos a inundações sazonais (Pires e Prance, 1985), e representam cerca de 83% da bacia amazônica (Melack e Hess, 2010). Em escala regional, estas florestas tendem a abrigar comunidades com maior riqueza e equitabilidade de espécies, associadas à maior extensão espacial (MacArthur e Wilson, 1967), maior estratificação vegetal (MacArthur e MacArthur, 1961) e estabilidade ao longo do tempo geológico (Ruokolainen et al., 2018).

Embora os efeitos desse gradiente de inundação tenham sido estudados para comunidades de diferentes grupos taxonômicos, tais como árvores (Wittman et al., 2004), formigas (Pringle et al., 2019), borboletas (Rabelo et al., 2021), aves (Beja et al., 2010), morcegos (Bobrowiec et al., 2014) e mamíferos terrestres (Alvarenga et al., 2018), pouco se sabe sobre o papel da inundação como um filtro ambiental para assembleias de anuros. A capacidade limitada de dispersão dos anuros e sua tolerância fisiológica (Dias-Terceiro et al., 2015; Torralvo et al., 2021; Dayrell et al., 2024) podem modular a resposta desses organismos a essa filtragem, embora essa questão ainda seja uma lacuna a ser explorada. Estudos indicam que ambientes sujeitos à inundação podem apresentar elevada diversidade funcional e composição distinta de anuros, sugerindo que adaptações a esses regimes hidrológicos podem favorecer determinadas estratégias ecológicas (Dayrell et al., 2024; Ramalho et al., 2018). Assim, espera-se que a estrutura das assembleias de anuros seja fortemente influenciada tanto pelas características ambientais locais, quanto pela capacidade das espécies de tolerar ou explorar as condições impostas por diferentes tipos florestais.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar como assembleias de anuros se estruturam ao longo de um gradiente ambiental que inclui florestas de várzea, paleovárzea e terra firme na Amazônia Central.

Objetivos específicos

- Avaliar como a riqueza, a abundância e a composição das assembleias de anuros diferem entre florestas de várzea, paleovárzea e terra firme;
- Comparar os padrões de distribuição da abundância das espécies entre esses tipos florestais;

- Investigar como a estrutura das assembleias se associa a gradientes ambientais, tanto entre quanto dentro dos tipos florestais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A pesquisa foi conduzida em três áreas protegidas da Amazônia Central, localizadas na região do Médio Solimões: a Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Mamirauá, a RDS Amanã e a Floresta Nacional (FLONA) de Tefé (Figura 1). Essas áreas englobam diferentes tipos florestais (várzea, paleovárzea e terra firme, respectivamente), que se distinguem por suas dinâmicas hidrológicas e geológicas, que influenciam a ecologia e distribuição de espécies nesses ambientes.

Segundo a classificação climática de Koppen-Geiger, a área de estudo apresenta clima do grupo A, caracterizado como tropical chuvoso, no qual a temperatura média mensal permanece acima de 18°C ao longo do ano e a sazonalidade térmica é reduzida (Alvares., et al 2013). Dados regionais indicam temperatura média anual entre 26-31 °C e precipitação de 2.200 a 2.400 mm, com uma precipitação média de 60-80 mm durante a estação seca (ICMBio, 2009; IDSM, 2010). As florestas de várzea na região sofrem inundações sazonais, com uma variação média anual do nível da água de 15 m, sendo os níveis mais altos entre maio e junho e os mais baixos entre outubro e novembro (ICMBio, 2009; IDSM, 2010).

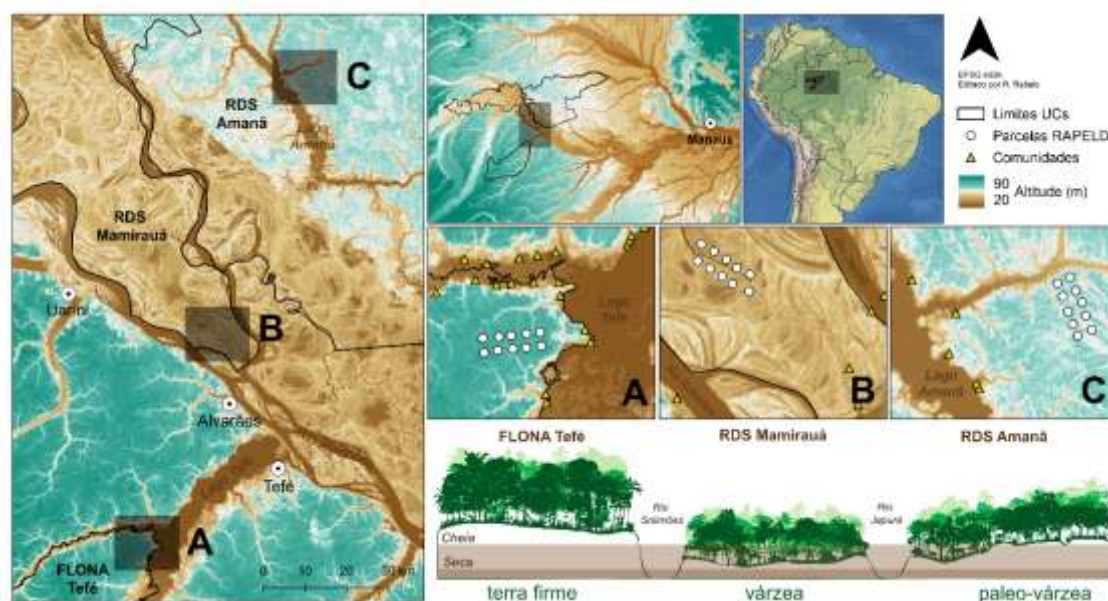


Figura 1. Distribuição das parcelas amostrais ao longo de diferentes tipos florestais (várzea, paleovárzea e terra firme) na área de estudo. Os mapas apresentam a localização

das parcelas sobrepostas a uma imagem de elevação derivada do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Os quadrados pretos no mapa geral (à esquerda) indicam as áreas amplificadas nos painéis à direita (A-C).

Amostragem de anuros

Os anuros foram amostrados seguindo o sistema RAPELD (Magnusson et al., 2005) em 30 parcelas, sendo 10 em cada tipo de ambiente. As parcelas possuem 250 m de comprimento e 40 m de largura e seguem contornos topográficos, a fim de minimizar a variação topográfica e edáfica internamente (Costa e Magnusson, 2010).

A amostragem de anuros consistiu em buscas visuais e auditivas realizadas no período crepuscular (16h30-18h00) e noturno (19h00-23h00), seguindo o protocolo RAPELD para amostragem do grupo (Dayrell et al., 2025). As amostragens ocorreram ao longo de três meses (novembro a janeiro), no início da estação chuvosa de 2024-2025, período que coincide com o início da enchente dos rios e com parte da estação reprodutiva dos anuros na região. Esse período foi escolhido porque, nos meses subsequentes (fevereiro-março), grande parte das parcelas de várzea já está completamente alagada, inviabilizando a amostragem do ambiente terrestre. Todas as parcelas foram amostradas três vezes, reduzindo potenciais efeitos de detectabilidade nos dados em nível de assembleia.

Para garantir maior precisão nas confirmações taxonômicas, alguns indivíduos foram coletados e depositados na coleção herpetológica do Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. As atividades desse projeto foram realizadas com autorização do SISBIO sob licença nº 91927-1 e CEUA/IDSM protocolo nº 04/2024.

Variáveis ambientais

Com o objetivo de avaliar como gradientes ambientais influenciam a estrutura das assembleias de anuros, foram mensuradas variáveis relacionadas à estrutura da vegetação, micro-habitat do solo e características edáficas. A profundidade da serrapilheira foi medida pelo método da barra horizontal (Marimon-Júnior e Hay, 2008), sendo amostrada em seis pontos equidistantes ao longo de cada parcela de 250 m. Para as análises, utilizou-se o valor médio por parcela. Essa variável está associada à disponibilidade de micro-habitats utilizados por espécies terrestres como locais de refúgio, reprodução e forrageamento (Van Sluys et al., 2007).

O perfil vertical da vegetação foi obtido por meio de um dispositivo portátil de detecção e alcance de luz (LiDAR), amplamente utilizado para a caracterização da estrutura da vegetação (Parker et al., 2004; Barros et al., 2023). A estrutura da vegetação influencia condições microclimáticas e a heterogeneidade de micro-habitat na floresta (Chen et al., 1999). Foram utilizadas métricas estruturais da vegetação derivadas de dados coletados com o sensor de LiDAR, incluindo altura máxima, abertura do dossel e índice de área foliar até 5 m.

Informações sobre textura do solo foram obtidas a partir do banco global *SoilGrids* (Arrouays et al., 2014), considerando o teor de argila e areia na camada superficial (0-5 cm). Os valores foram extraídos a partir das coordenadas centróides de cada parcela utilizando o pacote *raster* no R (Hijmans, 2020). A textura do solo pode influenciar a retenção hídrica e a disponibilidade de invertebrados, afetando indiretamente a diversidade de anuros (Nielsen et al., 2010).

Variáveis adicionais relacionadas à temperatura do ar e à posição topográfica, representada pela distância vertical à drenagem mais próxima (*HAND - height above nearest drainage*), foram inicialmente consideradas de forma exploratória. Entretanto, essas variáveis não foram incluídas nas análises finais, pois apresentaram baixa contribuição para a caracterização do gradiente ambiental em comparação às métricas estruturais selecionadas.

Análise de dados

As respostas das assembleias aos gradientes ambientais foram avaliadas em termos de abundância total, riqueza e composição de espécies. Essas métricas enfatizam diferentes componentes da diversidade e permitem controlar potenciais vieses associados ao esforço amostral. A abundância total reflete o número de indivíduos registrados por unidade amostral. A riqueza de espécies corresponde ao número total de espécies registradas por parcela. Já a composição taxonômica da assembleia se relaciona com a identidade das espécies, permitindo avaliar padrões de mudanças na composição entre locais e tipos de ambiente.

As variáveis ambientais foram sumarizadas por meio de uma análise de componentes principais (PCA), construída a partir de métricas relacionadas à estrutura da vegetação (altura máxima da vegetação, abertura do dossel, índice de área foliar até 5 m), micro-habitat do solo (profundidade da serapilheira) e características edáficas (teor de

argila e areia no solo). O primeiro eixo da PCA (PCA 1) foi utilizado para representar o gradiente ambiental contínuo entre as parcelas.

Tanto para abundância quanto para riqueza, foram ajustados modelos lineares generalizados (GLMs) a fim de avaliar as variações entre os tipos florestais (várzea, paleovárzea e terra firme) e em relação ao gradiente ambiental contínuo, representado pelo primeiro eixo da análise de componentes principais (PCA 1). A riqueza foi modelada assumindo distribuição *Poisson*, apropriada para dados de contagem, enquanto a abundância apresentou melhor ajuste sob distribuição log-normal após transformação logarítmica. Para cada métrica, foram comparados modelos contendo apenas o tipo florestal, o tipo florestal combinado ao gradiente ambiental (PCA 1) e a interação entre essas variáveis (Tabela 1). A seleção de modelos foi baseada no Critério de Informação de Akaike corrigido para pequenas amostras (AICc). Todos os modelos finais foram testados para autocorrelação espacial com o índice I de Moran.

A composição das assembleias de anuros foi resumida por meio de uma ordenação por escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) de duas dimensões, baseada no índice de dissimilaridade de Bray-Curtis, seguida por uma análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA), para testar diferenças na composição de espécies entre os tipos florestais. Posteriormente, realizamos uma segunda ordenação de NMDS, essa de apenas uma dimensão, para resumir a variação da comunidade de anuros em um único eixo (NMDS 1). Esse eixo foi utilizado como variável resposta em análises subsequentes, para avaliar a influência do tipo florestal e do gradiente ambiental sobre a composição das assembleias. Para isso, o NMDS 1 foi modelado utilizando GLM, assumindo distribuição Gaussiana, incluindo o tipo de ambiente como preditor categórico e o gradiente ambiental contínuo (PCA 1) como covariável. Foram comparados modelos contendo apenas o tipo florestal, o tipo florestal acrescido da covariável ambiental (PCA 1) e a interação entre ambos, com a seleção do modelo mais parcimonioso baseada no AICc. Os resíduos do modelo selecionado também foram testados para autocorrelação espacial com o índice I de Moran.

RESULTADOS

Foram amostrados 2004 indivíduos de anuros pertencentes a 48 espécies, distribuídas em dez famílias, ao longo do gradiente ambiental estudado (Tabela S1). As espécies mais abundantes nos três ambientes foram *Adenomera* gr. *andreae*, *Osteocephalus taurinus* e *Trachycephalus cunauaru*, que juntas representaram 56% dos

indivíduos registrados. Espécies dos gêneros *Dendropsophus* e *Leptodactylus* também foram recorrentes, representando 16% do total de indivíduos amostrados, embora tenham apresentado distribuições diferenciadas entre ambientes (Tabela S1)

Em nossa amostragem observamos uma maior proporção de espécies exclusivas nas parcelas de várzea, com 35% das espécies registradas ocorrendo apenas nesse ambiente. Espécies do gênero *Dendropsophus*, como *Dendropsophus haraldschultzi*, *D. pauiniensis*, *D. rossalleni* e *D. triangulum*, ocorreram exclusivamente nas parcelas de floresta de várzea durante o período amostral, sugerindo forte associação local com ambientes sazonalmente alagáveis. Em seguida, as parcelas de terra firme apresentaram 29% de espécies exclusivas, incluindo *Leptodactylus mystaceus*, *L. macrosternum* e *L. fuscus* registradas apenas nesse tipo de ambiente durante as amostragens. Em contraste, a paleovárzea apresentou apenas 13% de espécies exclusivas, como *Phyllomedusa vaillantii*, *Rhinella* gr. *margaritifera* e *Leptodactylus knudseni*.

A seleção de modelos baseada no AICc indicou que a riqueza de espécies foi melhor explicada pelo modelo mais simples (Tabela 1), contendo apenas o tipo de ambiente como preditor, não havendo ganho relevante de ajuste com a inclusão do gradiente ambiental contínuo (PCA 1), nem de sua interação com o ambiente. Ainda assim, o tipo de ambiente não apresentou efeito significativo sobre a riqueza de espécies, indicando valores semelhantes de riqueza entre terra firme, paleovárzea e várzea (Figura 2A).

Em contraste, a abundância total de indivíduos apresentou variação significativa entre os tipos de ambiente. A seleção de modelos baseada em AICc indicou que o tipo de ambiente foi o principal preditor da abundância total (Tabela 1), sem evidência de melhora no ajuste com a inclusão do gradiente ambiental contínuo (PCA 1) ou de sua interação com o ambiente. O tipo de ambiente apresentou efeito significativo sobre a abundância total, com maiores valores de abundância registrados na terra firme em comparação aos demais ambientes (Figura 2B).

Tabela 1. Seleção de modelos para abundância, riqueza e composição de anuros nos três ambientes florestais pelo Critério de Informação de Akaike corrigido (AICc).

	Preditores	K	AICc	Δ AICc	AICcWt	Cum.Wt
Abundância	Tipo florestal	4	56.13	0	0.78	0.78
	Tipo florestal + PCA1	5	58.96	2.83	0.19	0.97
	Tipo florestal * PCA1	7	62.54	6.42	0.03	1
Riqueza	Tipo florestal	3	147.09	0	0.57	0.57
	Tipo florestal + PCA1	4	147.87	0.78	0.39	0.96
	Tipo florestal * PCA1	6	152.50	5.40	0.04	1
Composição (NMDS 1)	Tipo florestal	4	2.88	3.22	0.15	0.91
	Tipo florestal + PCA1	5	-0.3	0	0.76	0.76
	Tipo florestal * PCA1	7	4.0	4.34	0.09	1.0

As curvas de distribuição de abundâncias indicam padrões gerais semelhantes na distribuição das abundâncias das espécies entre os três tipos de ambiente (Figura 2C). Em todos os casos observa-se um declínio nas abundâncias em relação ao ranque de espécies na mesma proporção entre os ambientes. Embora a forma das curvas de abundância relativa seja semelhante entre os ambientes, a terra firme apresentou maior abundância total de indivíduos.

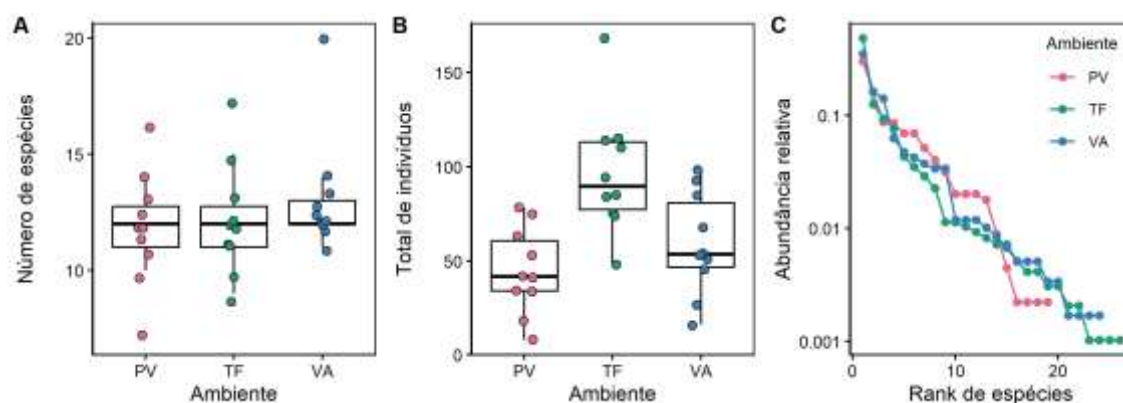


Figura 2. Variação da riqueza, abundância total e distribuição de abundâncias das espécies de anuros ao longo de um gradiente ambiental composto por florestas de várzea (VA), paleovárzea (PV) e terra firme (TF). **(A)** Riqueza de espécies por ambiente, modelada por distribuição Poisson. **(B)** Abundância total de indivíduos por tipo florestal,

modelada por distribuição log-normal. (C) Curvas de distribuição de abundâncias entre os ambientes de terra firme, várzea e paleovárzea.

A composição de espécies diferiu significativamente entre os três ambientes (PERMANOVA; $F = 7,17$; $p < 0,001$), indicando que aproximadamente 35% da variação na composição das assembleias de anuros é explicada pelo tipo de ambiente (Figura 3A). A ordenação por NMDS evidenciou uma segregação consistente das parcelas de terra firme, paleovárzea e várzea ao longo do espaço de ordenação (stress = 0,17). Em conjunto, esses resultados indicam que a variação na composição de espécies de anuros entre os ambientes é substancialmente maior do que a variabilidade observada entre parcelas dentro de um mesmo ambiente.

A ordenação das parcelas ao longo do eixo NMDS 1 revelou uma substituição (*turnover*) na composição de espécies entre os ambientes (Figura 3B). Parcelas de várzea concentraram-se em uma extremidade do gradiente, enquanto espécies encontradas na paleovárzea ocorreram predominantemente na extremidade oposta. A terra firme apresentou uma posição intermediária entre a várzea e a paleovárzea em termos de composição de espécies.

A relação entre a composição de espécies e o gradiente ambiental foi corroborada pelo modelo linear generalizado (GLM), no qual o NMDS 1 foi melhor explicado pela combinação entre tipo de ambiente e o gradiente ambiental contínuo (PCA 1), sendo este o modelo mais adequado segundo o AICc (Figura 3C). O efeito do PCA 1 indica que o gradiente ambiental explica a mudança na composição de espécies não só entre os tipos florestais, mas também dentro de cada tipo de ambiente.

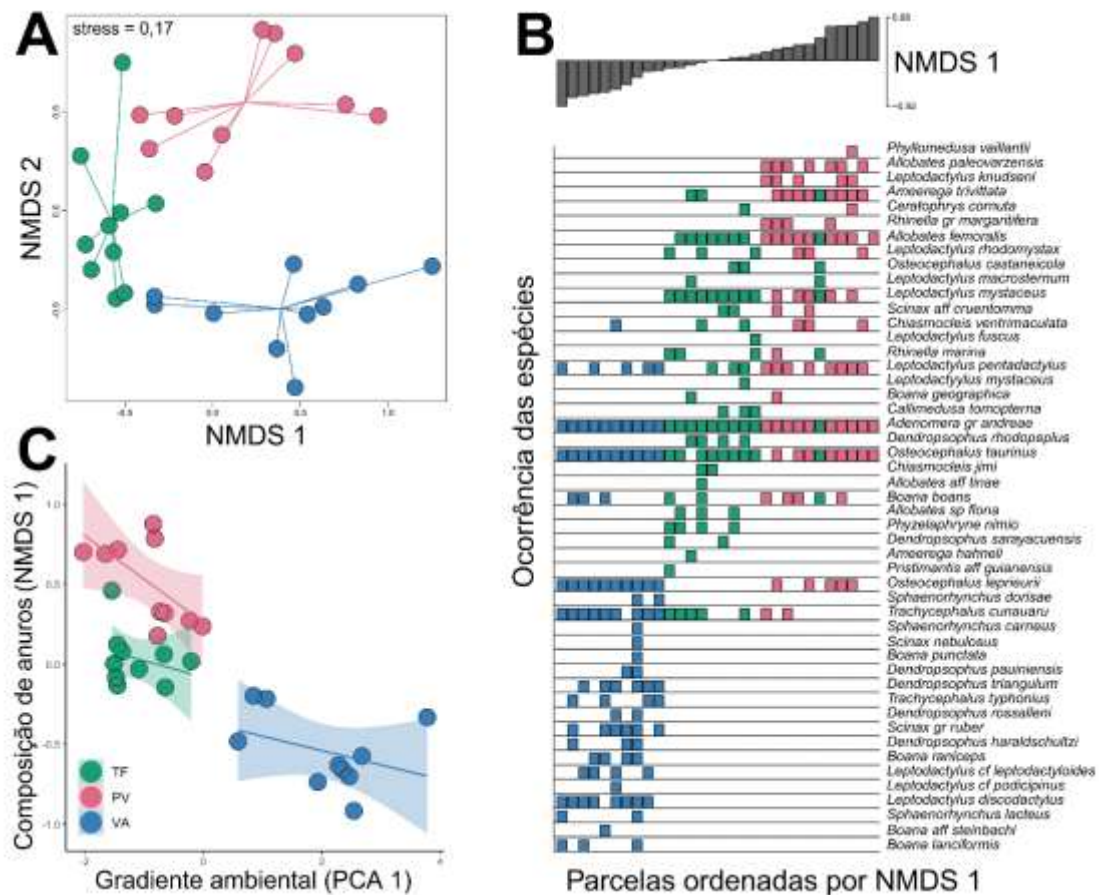


Figura 3. Padrões de variação na composição de espécies de anuros ao longo de um gradiente ambiental em florestas de várzea (VA), paleovárzea (PV) e terra firme (TF). **(A)** Ordenação das parcelas por NMDS de duas dimensões baseada na similaridade na composição de espécies mensurada com o índice de Bray-Curtis, mostrando segregação consistente entre os tipos de ambiente. **(B)** Ordenação das parcelas ao longo do eixo de um NMDS de uma dimensão, baseada no índice de similaridade de Bray-Curtis, evidenciando substituição progressiva de espécies ao longo do eixo de ordenação. **(C)** Relação entre o eixo NMDS 1 e o gradiente ambiental contínuo (PCA 1), indicando que a composição das assembleias difere entre os ambientes, e também varia em função tanto do gradiente ambiental dentro de cada tipo florestal.

DISCUSSÃO

Abundância e riqueza de espécies ao longo do gradiente ambiental

Enquanto estudos com organismos herbívoros e frugívoros frequentemente reportam maior abundância em florestas de várzea em função do aumento da produtividade primária associado às cheias sazonais (Haugaasen e Peres 2005; Pereira et al., 2009; Rabelo et al., 2021), nosso estudo mostra que os anuros apresentam um padrão distinto, com maiores abundâncias registradas na terra firme. Esse resultado sugere que, para anuros, a inundação sazonal atua como um importante filtro ambiental, limitando a abundância total em ambientes sujeitos ao alagamento, mesmo quando a riqueza de espécies se mantém semelhante entre os tipos florestais. Padrões semelhantes já foram observados em outros estudos na Amazônia, nos quais alterações na dinâmica de inundação resultaram principalmente em mudanças na abundância relativa e na composição funcional das assembleias de anuros, sem necessariamente reduzir a riqueza total de espécies (Moraes et al., 2022; Dayrell et al., 2024). Assim, as diferenças observadas entre os ambientes parecem refletir principalmente mudanças na abundância total e na composição das assembleias, e não no número total de espécies. Em conjunto, esses resultados sugerem que o pulso de inundação reorganiza a estrutura das assembleias locais sem necessariamente reduzir a riqueza.

Embora expectativas teóricas em escala regional associem maior diversidade e maior equitabilidade a fatores como maior extensão territorial, maior estratificação da vegetação e maior tempo geológico (MacArthur e MacArthur, 1961; MacArthur, 1969; Ruokolainen et al., 2018), em escala local, esses padrões podem se reorganizar em função de filtros ambientais específicos e da história natural das espécies. Nesse estudo, a estabilidade hidrológica da terra firme esteve associada a maior abundância total. Esse padrão foi amplamente influenciado pelo elevado número de indivíduos registrados para *Adenomera gr. andreae*, que apresentou o maior número de registros nas parcelas de terra firme (Tabela S1).

A dominância de *Adenomera gr. andreae* na terra firme pode estar associada a traços funcionais que favorecem sua ocorrência em ambientes não inundáveis, tais como reprodução terrestre com deposição de ovos em ninhos de espuma escavados no solo, onde os girinos completam o desenvolvimento (Lima et al., 2006). A atividade predominantemente sobre o solo, frequentemente sob serrapilheira e galhos caídos, favorecem a detecção e indicam forte dependência de micro-habitats terrestres, cuja

disponibilidade contínua na terra firme pode favorecer altas abundâncias populacionais. Em contraste, a inundação sazonal pode limitar a persistência prolongada de populações dessa espécie.

Padrões semelhantes de variação na riqueza e abundância entre florestas alagáveis e não alagáveis também foram registrados para formigas arborícolas (Pringle et al., 2019). Além disso, esses autores observaram maior abundância de formigas terrestres em florestas não inundáveis. Esses achados estão de acordo com os resultados obtidos em nosso estudo, onde o padrão observado de variação da riqueza entre os ambientes indica que o gradiente de inundação sazonal não reduz diretamente o número de espécies, mas afetam principalmente a estrutura das assembleias.

Em anuros, esse efeito pode ser observado na distribuição de espécies associadas a ambientes predominantemente terrestres. Por exemplo, *Allobates femoralis* e *Leptodactylus mystaceus* foram registradas apenas em áreas não inundáveis (terra firme e paleovárzea) em nosso estudo, estando ausentes nas parcelas de várzea (Figura 3B). Ambas apresentam história natural fortemente ligada ao ambiente terrestre e dependem de pequenos corpos d'água ou poças temporárias para a reprodução. Em *A. femoralis*, a postura dos ovos é feita em folhas no chão e os girinos são transportados pelos machos até pequenos corpos d'água da floresta (Simões, 2010), enquanto *L. mystaceus* constrói ninhos de espuma em cavidades ou depressões úmidas no solo, onde ocorre o desenvolvimento inicial dos girinos (Lima et al., 2006). Essas estratégias reprodutivas, associadas à dependência de micro-habitats terrestres relativamente estáveis, podem limitar a ocorrência dessas espécies em ambientes sujeitos à inundação prolongada, contribuindo para a ocorrência restrita, em ambientes não inundáveis ao longo do gradiente de inundação.

Diferenciação composicional entre ambientes: *turnover* de espécies

As diferenças na composição de espécies entre ambientes alagáveis e não alagáveis podem estar associadas ao isolamento geográfico da várzea da RDS Mamirauá, delimitada pelos rios Solimões e Japurá, que podem atuar como barreiras de dispersão (Alvarenga et al., 2018). No entanto, é importante reforçar que, ainda que as assembleias de paleovárzea e terra firme estejam localizadas em interflúvios distintos, a composição de espécies das assembleias desses ambientes foi mais semelhante entre si do que àquelas assembleias das florestas de várzea. Esse padrão reforça a ideia de que, mesmo que estejam localizadas em interflúvios diferentes, isolados por uma barreira representada

pela planície de inundação de várzea, a similaridade na composição de espécies entre as assembleias de paleovárzea e terra firme também é resultado da similaridade ambiental entre esses ambientes que não alagam. Dessa forma, nossos resultados indicam que o gradiente de inundação funciona como um filtro ambiental associado ao padrão de substituição de espécies entre os ambientes, ressaltando que, além de possíveis limitações à dispersão, variações ambientais locais também desempenham papel importante na estruturação da composição de anuros na região.

Padrões semelhantes também têm sido observados para assembleias de anuros na Amazônia, nas quais a inundação atua como um importante filtro ambiental que altera a composição e a estrutura funcional das comunidades (Dayrell et al., 2024). Para espécies predominantemente terrestres e dependentes de micro-habitats de solo, como representantes das famílias *Dendrobatidae* e *Leptodactylidae*, o pulso de inundação sazonal atua simultaneamente como fator limitante e como mecanismo de oportunidade. Durante a fase de cheia, a redução temporária da área terrestre disponível restringe a persistência populacional e a manutenção de altas densidades locais, funcionando como um filtro ambiental para espécies menos tolerantes ao alagamento (Alvarenga et al., 2018). Em contrapartida, durante o período de seca, os mesmos ambientes inundáveis se tornam temporariamente favoráveis para esses organismos, o que resulta em uma ocupação por espécies frequentemente mais associadas a florestas não inundáveis (i.e., terra firme e paleovárzea; Tockner et al., 2006).

A composição variou não apenas entre os tipos florestais, mas também internamente dentro de cada ambiente em resposta a gradientes ambientais contínuos. A PCA das variáveis ambientais indicou que o primeiro eixo (PCA 1) representou um gradiente estrutural da floresta, separando áreas com florestas mais altas e solos mais arenosos daquelas com florestas mais baixas, maior abertura do dossel, maior teor de argila e maior profundidade de serapilheira (Tabela S2). Esse padrão sugere que variações na estrutura da vegetação e nas propriedades do solo influenciam a distribuição das espécies mesmo dentro de um mesmo tipo florestal, evidenciando a importância de gradientes ambientais locais na organização das assembleias de anuros.

O padrão de ordenação indicou que as assembleias da paleovárzea são mais similares às assembleias da terra firme do que às da várzea. Esse padrão também pode ser observado ao longo do gradiente ambiental representado pelo primeiro eixo da PCA (Figura 3C), no qual as parcelas de paleovárzea se agrupam próximas às parcelas de terra

firme e claramente separadas das parcelas de várzea. Esse arranjo reflete as características ambientais da paleovárzea, que compartilha maior similaridade ambiental com a terra firme do que com a várzea em termos de regime de inundação, estrutura da vegetação e características do solo. Diferente da várzea ativa, esse ambiente não sofre mais com inundações sazonais, sendo descrito como uma várzea antiga ou uma “terra firme jovem” (Irion et al., 2010). Essa condição intermediária se refletiu na composição das assembleias de anuros, com a paleovárzea apresentando menor número de espécies exclusivas e maior similaridade na composição de espécies com a terra firme.

CONCLUSÃO

Nosso estudo mostrou que o gradiente de inundação não reduziu a riqueza local de anuros na Amazônia Central, mas reorganizou a estrutura e a composição das assembleias ao longo do gradiente de inundação. Embora o número de espécies por parcela tenha sido semelhante entre várzea, paleovárzea e terra firme, a abundância total e a composição de espécies variaram entre os ambientes. A composição das assembleias foi explicada tanto pelo tipo florestal quanto pelo gradiente ambiental dentro de cada ambiente, indicando a importância dos filtros ambientais na estruturação de comunidades dentro de cada tipo de ambiente. Assim, sugerimos o gradiente de inundação como um fator estruturante dos ambientes e da composição de espécies local na região estudada.

REFERÊNCIAS

- Alvarenga GC, Ramalho EE, Baccaro FB, Rocha DG, Ferreira-Ferreira J, Bobrowiec PED (2018) Spatial patterns of medium and large size mammal assemblages in várzea and terra firme forests, Central Amazonia, Brazil. *PLoS ONE* 13:e0198120
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JDM, Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22:711–728
- Ayres JM, Alves AR, de Queiroz HL, Marmontel M, Moura E, de Magalhães Lima D, Masterson D (1999) Mamirauá: the conservation of biodiversity in an Amazonian flooded forest. *Advances in Economic Botany* 13:203–216
- Barros QS, Rodrigues NMM, Pinheiro RM, Ferreira EJM (2023) Potencial da tecnologia LiDAR terrestre na área florestal. *Scientia Naturalis* 5:419–431. <https://doi.org/10.29327/269504.5.1-29>
- Baselga, A. (2010). Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 19(1), 134–143. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00490.x>
- Beja P, Santos CD, Santana J, Pereira MJ, Marques JT, Queiroz HL et al. (2010) Seasonal patterns of spatial variation in understory bird assemblages across a mosaic of flooded and unflooded Amazonian forests. *Biodiversity and Conservation* 19:129–152. doi:10.1007/s10531-009-9711-6
- Benatti JH (2016) Várzea e as populações tradicionais: a tentativa de implementar políticas públicas em uma região ecologicamente instável. In: Alves F (org) *A função socioambiental do patrimônio da União na Amazônia*, pp 17–29
- Bobrowiec PED, Rosa LS, do S, Gazarini J, Haugaasen T (2014) Phyllostomid bat assemblage structure in amazonian flooded and unflooded forests. *Biotropica* 46:312–321
- Bogotá-Gregory JD, Lima FC, Correa SB, Silva-Oliveira C, Jenkins DG, Ribeiro FR et al. (2020) Biogeochemical water type influences community composition, species richness, and biomass in megadiverse Amazonian fish assemblages. *Scientific Reports* 10:15349

- Borges-Matos C, Aragón S, da Silva MNF, Fortin M-J, Magnusson WE (2016) Importance of the matrix in determining small-mammal assemblages in an Amazonian forest-savanna mosaic. *Biological Conservation* 204:417–425
- Chen J, Saunders SC, Crow TR, Naiman RJ, Brosfokske KD, Mroz GD et al. (1999) Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology: variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes. *BioScience* 49:288–297
- Costa FRC, Guillaumet JL, Lima AP, Pereira OS (2009) Gradients within gradients: The mesoscale distribution patterns of palms in a central Amazonian forest. *Journal of Vegetation Science* 20:69–78
- Costa FRC, Magnusson WE (2010) The need for large-scale, integrated studies of biodiversity – the experience of the Program for Biodiversity Research in Brazilian Amazonia. *Natureza & Conservação* 8:3–12
- Dayrell JS, Fraga Rd, Peres CA, Bobrowiec PED, Magnusson WE, Lima AP (2024) Functional responses of amazonian frogs to flooding by a large hydroelectric dam. *Biodiversity and Conservation* 1–16
- Dayrell JS et al. (2025) Protocolo padronizado de amostragem de anuros, lagartos e serpentes em módulos rapeld. *EDUCA Amazônia* 18:7
- Dias-Terceiro RG, Kaefer IL, de Fraga R, de Araújo MC, Simões PI, Lima AP (2015) A matter of scale: historical and environmental factors structure anuran assemblages from the Upper Madeira River, Amazonia. *Biotropica* 47:259–266. <https://doi.org/10.1111/btp.12197>
- Feijó A, Karlsson CM, Gray R, Yang Q, Hughes AC (2023) Extreme-sized anurans are more prone to climate-driven extinctions. *Climate Change Ecology* 4:100062
- Haugaasen T, Peres CA (2005) Primate assemblage structure in Amazonian flooded and unflooded forests. *American Journal of Primatology* 67:243–258
- Hijmans RJ (2020) raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.4-5. <https://CRAN.R-project.org/package=raster>

- ICMBio (2009) *Plano de manejo: Reserva Extrativista do Baixo Juruá*. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/Ministério do Meio Ambiente, Tefé
- IDSME (2010) *Plano de gestão: Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá*. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá/MCTI, Tefé
- Irion G, de Mello JASN, Moraes J, Piedade MTF, Junk WJ, Garming L (2010) *Development of the Amazon valley during the Middle to Late Quaternary: sedimentological and climatological observations*. Springer, Dordrecht
- Junk WJ, Piedade MTF, Schöngart J, Wittmann F (2012) A classification of major natural habitats of Amazonian white-water river floodplains (várzeas). *Wetlands Ecology and Management* 20:461–475
- Junk WS, Wittmann F, Piedade MTF (2024) As áreas úmidas ao longo dos grandes rios Amazônicos: várzeas e igapós. In: Junk WS, Wittmann F, Piedade MTF (eds) *Inventário das áreas úmidas brasileiras: distribuição, ecologia, manejo, ameaças e lacunas de conhecimento*. Carlini & Caniato Editorial (TantaTinta Ltda.), São Carlos
- Kinap NM, Farneda FZ, Rabelo RM, Bernard E, Bobrowiec PED (2024) Functional diversity and trait-environment relationships of bat assemblages in an Amazonian forest-savannah mosaic. *Biodiversity and Conservation* 1–18
- Lima AP, Magnusson WE, Menin M, Erdtmann LK, Rodrigues DJ, Keller C, Hödl W (2006) *Guia de sapos da Reserva Adolpho Ducke, Amazônia Central*. Áttema Design Editorial, Manaus
- MacArthur RH, MacArthur JW (1961) On bird species diversity. *Ecology* 42:594–598
- MacArthur RH, Wilson EO (1967) *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton NJ
- MacArthur RH (1969) Patterns of communities in the tropics. In: Diversity and stability in ecological systems. Brookhaven Symposia in Biology 22:19–30
- Magnusson WE, Lima AP, Luizão R, Luizão F, Costa FR, Castilho CVD, Kinupp VF (2005) RAPELD: uma modificação do método Gentry para levantamentos de biodiversidade em sítios de pesquisa ecológica de longo prazo. *Biota Neotropica* 5:19–24

- Marimon-Junior BH, Hay JDJ (2008) A new instrument for measurement and collection of quantitative samples of the litter layer in forests. *Forest Ecology and Management* 255:2244–2250. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.01.037>
- Melack JM, Hess LL (2010) Remote sensing of the distribution and extent of wetlands in the Amazon basin. In: *Amazonian floodplain forests: ecophysiology, biodiversity and sustainable management*, pp 43–59. Springer Netherlands, Dordrecht
- Menin M, Waldez F, Lima AP (2008) Temporal variation in the abundance and number of species of frogs in 10,000 ha of a forest in central Amazonia, Brazil. *South American Journal of Herpetology* 3:68–81. [https://doi.org/10.2994/1808-9798\(2008\)3\[68:TVITAO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2994/1808-9798(2008)3[68:TVITAO]2.0.CO;2)
- Montiel S, Estrada A, León P (2006) Bat assemblages in a naturally fragmented ecosystem in the Yucatan Peninsula, Mexico: species richness, diversity and spatio-temporal dynamics. *Journal of Tropical Ecology* 22:267–276. <https://doi.org/10.1017/S026646740500307X>
- Moraes LJ, Gordo M, Pirani RM, Rainha RN, Almeida AP, Oliveira AF et al. (2022) Anfíbios e escamados em habitats alagados da Amazônia, com um estudo sobre a variação das assembleias de anfíbios ao longo do rio Solimões. In *Fundamentos de zonas úmidas tropicais de água doce* (pp. 361–384). Elsevier
- Nielsen UN, Osler GHR, Campbell CD, Neilson R, Burslem DFRP, Van der Wal R (2010) The enigma of soil animal species diversity revisited: the role of small-scale heterogeneity. *PLoS ONE* 5:e11567
- Parker GG, Harding DJ, Berger ML (2004) A portable LIDAR system for rapid determination of forest canopy structure. *Journal of Applied Ecology* 41:755–767
- Pereira MJR, Marques JT, Santana J, Santos CD, Valsecchi J, De Queiroz HL et al. (2009) Structuring of Amazonian bat assemblages: the roles of flooding patterns and floodwater nutrient load. *Journal of Animal Ecology* 78:1163–1171
- Pires J, Prance G (1985) The vegetation types of the Brazilian Amazon
- Porto W, Pequeno PAL, Tourinho AL (2016) When less means more: Reduction of both effort and survey methods boosts efficiency and diversity of harvestmen in a tropical forest. *Ecological Indicators* 69:771–779

- Pringle EG, Santos TF, Gonçalves MS, Hawes JE, Peres CA, Baccaro FB (2019) Arboreal ant abundance tracks primary productivity in an Amazonian whitewater river system. *Ecosphere* 10:e02902
- Rabelo RM, Pereira GCN, Valsecchi J, Magnusson WE (2021) The role of river flooding as an environmental filter for Amazonian butterfly assemblages. *Frontiers in Ecology and Evolution* 9:693178. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.693178>
- Ramalho WP, Machado IF, Vieira LJS (2018) Do flood pulses structure amphibian communities in floodplain environments? *Biotropica* 50:338–345. <https://doi.org/10.1111/btp.12523>
- Ruokolainen K, Moulatlet GM, Zuquim G, Hoorn C, Tuomisto H (2018) River network rearrangements in Amazonia shake biogeography and civil security. *Preprints* 2018090168:1–16
- Scelza GC, Rossato RS, Suertegaray DMA, Oliveira MG (2014) Plano de manejo da Floresta Nacional de Tefé, a gente faz junto! *Biodiversidade Brasileira* 4:69–91
- Schöngart J, Junk WJ (2020) Clima e hidrologia nas várzeas da Amazônia Central. In: Junk WJ, Piedade MTF, Wittmann F, Schöngart J (eds) Várzeas amazônicas: desafios para um manejo sustentável. Springer, Dordrecht, pp 44–65
- Simões PI (2010) Diversificação do complexo *Allobates femoralis* (Anura, Dendrobatidae) em florestas da Amazônia brasileira: desvendando padrões atuais e históricos. Tese de doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus
- Sioli H (1957) Sedimentation im amazonasgebiet. *Geologische Rundschau* 45:608–633
- Tockner K, Klaus I, Baumgartner C, Ward JV (2006) Amphibian diversity and nestedness in a dynamic floodplain river (Tagliamento, NE-Italy). *Hydrobiologia* 565:121–133
- Torralvo K, de Fraga R, Lima AP, Dayrell J, Magnusson WE (2021) Environmental filtering and deforestation shape frog assemblages in Amazonia: an empirical approach assessing species abundances and functional traits. *Biotropica* 54:226–238. <https://doi.org/10.1111/btp.13053>
- Van Sluys M, Vrcibradic D, Alves MAS, Bergallo HG, Rocha CFD (2007) Ecological parameters of the leaf-litter frog community of an Atlantic Rainforest area at Ilha Grande,

Rio de Janeiro state, Brazil. *Austral Ecology* 32:254–260. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2007.01682.x>

Vasconcelos HL, Macedo ACC, Vilhena JMS (2003) Influence of topography on the distribution of ground-dwelling ants in an Amazonian forest. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 38:115–124

von May R, Catenazzi A, Corl A, Santa-Cruz R, Carnaval AC, Moritz C (2017) Divergence of thermal physiological traits in terrestrial breeding frogs along a tropical elevational gradient. *Ecology and Evolution* 7:3257–3267

Wittmann F, Junk WJ, Piedade MTF (2004) The várzea forests in Amazonia: flooding and the highly dynamic geomorphology interact with natural forest succession. *Forest Ecology and Management* 196:199–212. doi:10.1016/j.foreco.2004.02.060

Tabela suplementar 1. Número de registros de espécies de anfíbios anuros amostrados em cada tipo de ambiente (terra firme, várzea e paleovárzea), na Amazônia Central.

FAMÍLIA	ESPÉCIES	Terra firme	Várzea	Paleovárzea
Aromobatidae	<i>Allobates aff. tinae</i>	1	0	0
	<i>Allobates femoralis</i> (Boulenger, 1884)	74	0	73
	<i>Allobates paleovarzensis</i> (Lima et al., 2010)	0	0	31
	<i>Allobates sp. flona</i>	8	0	0
Bufonidae	<i>Rhinella gr. margaritifera</i>	0	0	8
	<i>Rhinella marina</i> (Linnaeus, 1758)	7	0	1
Ceratophryidae	<i>Ceratophrys cornuta</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	1
Craugastoridae	<i>Pristimantis aff. guianensis</i>	1	0	0
Dendrobatidae	<i>Ameerega hahneli</i> (Boulenger, 1884)	2	0	0
	<i>Ameerega trivittata</i> (Spix, 1824)	7	0	39
Eleutherodactylidae	<i>Phyzelaphryne nimio</i> (Simões et al., 2018)	4	0	0
Hylidae	<i>Boana aff. steinbachi</i>	0	1	0
	<i>Boana boans</i> (Linnaeus, 1758)	28	6	31
	<i>Boana geographica</i> (Spix, 1824)	1	0	1
	<i>Boana lanciformis</i> (Cope, 1871)	0	7	0
	<i>Boana punctata</i> (Schneider, 1799)	0	1	0
	<i>Boana raniceps</i> (Cope, 1862)	0	20	0
	<i>Dendropsophus haraldschultzi</i> (Bokermann, 1962)	0	7	0
	<i>Dendropsophus pauiniensis</i> (Heyer, 1977)	0	2	0
	<i>Dendropsophus rhodopeplus</i> (Günther, 1858)	9	0	0
	<i>Dendropsophus rossalleni</i> (Goin, 1959)	0	4	0
	<i>Dendropsophus sarayacuensis</i> (Shreve, 1935)	3	0	0
	<i>Dendropsophus triangulum</i> (Gunther, 1869)	0	22	0
	<i>Osteocephalus castaneicola</i> (Moravec et al., 2009)	22	0	0
	<i>Osteocephalus leprieurii</i> (Duméril e Bibron, 1841)	0	83	9
	<i>Osteocephalus taurinus</i> (Steindachner, 1862)	42	37	14
	<i>Scinax aff. cruentomma</i>	2	0	2
	<i>Scinax onca</i> (Ferrão et al., 2017)	1	0	0
	<i>Scinax gr. Ruber</i>	0	25	0
	<i>Scinax nebulosus</i> (Spix, 1824)	0	1	0
	<i>Sphaenorhynchus carneus</i> (Cope, 1868)	0	3	0
	<i>Sphaenorhynchus dorisae</i> (Goin, 1957)	0	3	0
	<i>Sphaenorhynchus lacteus</i> (Daudin, 1800)	0	3	0
	<i>Trachycephalus cunauaru</i> (Gordo et al., 2013)	121	95	9
	<i>Trachycephalus typhonius</i> (Linnaeus, 1758)	0	5	0
Phyllomedusidae	<i>Callimedusa tomopterna</i> (Cope, 1868)	10	0	0
	<i>Phyllomedusa vaillantii</i> (Boulenger, 1882)	0	0	1
Leptodactylidae	<i>Adenomera gr. andreae</i>	465	207	134
	<i>Leptodactylus cf. leptodactyloides</i>	0	7	0
	<i>Leptodactylus cf. podicipinus</i>	0	2	0
	<i>Leptodactylus discodactylus</i> (Boulenger, 1884)	0	28	0
	<i>Leptodactylus aff. fuscus</i>	3	0	0
	<i>Leptodactylus knudseni</i> (Heyer, 1972)	0	0	9
	<i>Leptodactylus macrosternum</i> (Miranda-Ribeiro, 1926)	4	0	0
	<i>Leptodactylus mystaceus</i> (Spix, 1824)	91	0	18
	<i>Leptodactylus pentadactylus</i> (Laurenti, 1768)	5	20	23
	<i>Leptodactylus rhodomystax</i> (Boulenger, 1884)	34	0	38
Microhylidae	<i>Chiasmocleis jimi</i> (Parker, 1940)	11	0	0
	<i>Chiasmocleis aff. ventrimaculata</i>	11	1	4
Total		968	590	446

Tabela suplementar 2. Correlação das variáveis ambientais com os dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais (PCA).

Variável	PC1	PC2
Altura máxima da vegetação	-0,74	-0,35
Abertura do dossel	0,79	-0,34
Índice de área foliar até 5m	-0,14	-0,73
Teor de argila	0,63	-0,60
Teor de areia	-0,88	-0,12
Profundidade da serrapilheira	0,51	0,34

Figura suplementar 1. Curvas de rank-abundância das assembleias de anuros registradas em florestas de paleovárzea (PV), terra firme (TF) e várzea (VA) na Amazônia Central.

