

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

**FATORES DETERMINANTES DA DISTRIBUIÇÃO DE AVES NO
INTERFLÚVIO PURUS-MADEIRA**

JULIANA DA SILVA MENDER

Manaus, Amazonas

Julho, 2011

JULIANA DA SILVA MENDER

**FATORES DETERMINANTES DA DISTRIBUIÇÃO DE AVES NO
INTERFLÚVIO PURUS-MADEIRA**

DRA. MARINA ANCIÃES

Dr. Mario Cohn-Haft

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia (Ecologia).

Manaus, Amazonas

Julho, 2011

Banca examinadora do trabalho escrito

Dr. Miguel Marini

Aprovado

Dr. Ricardo Machado

Aprovado

Dr. José Maria Cardoso da Silva

Não enviou parecer

Banca examinadora da defesa oral pública

Dra. Flávia R. C. Costa

Aprovado

Dr. José Júlio de Toledo

Aprovado

Dr. Pedro Ivo Simões

Aprovado

M544

Menger, Juliana da Silva

Fatores determinantes da distribuição de aves no interflúvio Purus-Madeira / Juliana da Silva Menger.--- Manaus : [s.n.], 2011.
x, 35 f. : il.

Dissertação (mestrado)-- INPA, Manaus, 2011

Orientador: Marina Anciães

Co-orientador: Mario Cohn-Haft

Área de concentração: Ecologia

1. Ecologia de comunidades. 2. Aves – Aspectos ambientais. 3. Dispersão.
4. Florestas tropicais – Amazônia. I. Título.

CDD 19. ed. 574.52642

Sinopse:

Foram estudadas mudanças na composição de aves em uma floresta de terra-firme, no interflúvio Purus-Madeira. A contribuição relativa de fatores ambientais e espaciais na diversidade beta de aves foi estabelecida.

Palavras-chave: Comunidade de aves, determinismo ambiental, teoria neutra.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e Programa de Pós-graduação em Ecologia, pela formação acadêmica, crescimento profissional e oportunidade de conhecer a Amazônia;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) pela bolsa de mestrado, Fundo de Amparo à Pesquisa do Amazonas (FAPEAM) pelo financiamento da coleta de dados e ao Idea Wild pelo material de campo.

A Marina Anciães pelo apoio, dedicação e paciência. E também pelo esforço com o financiamento e realização de meu mestrado.

Ao Mario Cohn-Haft, pelas discussões e idéias acerca das aves. Pelas perguntas sempre difíceis de responder, mas que trouxeram clareza a esta dissertação. Por ter apoiado financeiramente parte da minha coleta de dados em campo e, especialmente, por me apresentar e ensinar sobre os passarinhos amazônicos.

A Flávia Costa e ao Bill Magnusson, por me apresentarem novas teorias e quebrarem velhos paradigmas. Pela ajuda com a estatística e com a interpretação dos resultados.

A Juliana Schietti e Thaise Emílio pelas dicas preciosas, incentivos para trabalhar na BR-319 e pela disponibilidade dos dados.

A Cintia Cornélius, por sua atenção e disponibilidade para discutir delineamentos, teorias e análises, por dar luz às idéias obscuras.

Ao Fabricio Baccaro, Paulo Brobrowiec e Camila dos Anjos pelas excentes críticas e sugestões na revisão do manuscrito.

Ao Marcelo dos Santos (Brasa) pela força com programas e mapas.

A Andresa Saraiva, pela agilidade e desenvoltura em resolver burocracias.

Ao Seu Antonio, Seu Rui, Rodrigo e principalmente Pinduca, pessoas que me acompanharam nas madrugadas passarineiras e me ensinaram sobre a cultura Amazônica e a andar na floresta.

Aos colegas de mestrado e todos aqueles que se tornaram meus amigos nestes dois anos, por me acompanharem neste período e tornarem ainda mais especial minha passagem pela Amazônia. Em particular, Camila Duarte e Laís Araújo, que compartilharam comigo momentos de alegria e aflição na salinha de estudos da ecologia.

Aos avaliadores: Miguel Marini, Ricardo Machado, Flávia Costa, Pedro Ivo Simões e José Júlio de Toledo, pelas sugestões que só fizeram aprimorar este trabalho.

Aos companheiros de casa, Flávio, Camila, Leleu, Claudinha, Gabriel e por último, Dani, Guapota, Giga e Hada, por me ensinarem a conviver com diferenças.

Aos meus pais Osmany e Neli, irmãos Tadeu e Vania que, mesmo de longe, sempre incentivam e acreditam nas minhas decisões.

E por último, mas não menos importante, ao Daniel Magnabosco Marra, por inúmeras razões, mas principalmente pela atenção, amizade, carinho e respeito. Por suas comidas deliciosas... Enfim, por compartilhar comigo a paixão pelo trabalho com a natureza e me ensinar sobre as coisas da vida, do amor, da convivência e do cuidado com tudo aquilo que amamos.

“...eles passarão, eu passarinho.”
(Mario Quintana)

RESUMO

Até o presente, estudos abordando fatores determinísticos e estocásticos que afetam mudanças na composição de espécies entre locais enfocaram, em geral, organismos sésseis. Esses organismos são especialmente suscetíveis a processos aleatórios de dispersão, corroborando premissas da teoria neutra. As aves, aparentemente, apresentam boa capacidade de dispersão. No entanto, em florestas amazônicas, muitas espécies de aves são extremamente sedentárias e apresentam distribuição restrita, tipicamente limitada por grandes rios. Neste estudo avaliamos a importância de efeitos ambientais, medidos pela composição de espécies de palmeiras, relativos aos efeitos da distância geográfica, como fatores geradores de diferenças na composição de aves amazônicas. Nós amostramos 11 localidades em uma floresta de terra firme, distantes aproximadamente 60 km entre si, cobrindo uma extensão de 670 km, no interflúvio Purus-Madeira, Amazônia brasileira. A similaridade das assembleias de aves foi significativamente correlacionada com a composição de palmeiras. Aves de sub-bosque e aves de dossel, analisadas separadamente, também apresentaram forte correlação com a composição de palmeiras. Com o efeito ambiental controlado, a distância geográfica não foi um bom indicador de mudanças na avifauna na área de estudo, não explicando a ocorrência de espécies de nenhum dos grupos de aves. Os resultados sugerem que, na escala espacial e na região deste estudo, as aves não são limitadas pela distância geográfica entre as localidades, podendo se dispersar por toda extensão da área estudada. No entanto, a composição de aves muda entre as localidades amostradas e essas mudanças podem ser melhor explicadas pela variação ambiental, representada pela composição de palmeiras. Embora nossos resultados indiquem que a distância geográfica não tenha efeito sobre as mudanças na composição de aves, enfatizamos que estudos em uma escala maior poderão ajudar a entender os efeitos da limitação de dispersão sobre a composição de aves florestais amazônicas.

ABSTRACT

Determining factors of bird distribution in the Purus-Madeira interfluvium

Studies addressing deterministic and stochastic processes that effect changes in species composition among sites (beta diversity) have focused, for the most part, on sessile organisms. These are highly susceptible to random dispersal processes, confirming neutral theory assumptions. At first glance, birds would appear to have high dispersal ability. However, in Amazonian forests most birds are extremely sedentary, with restricted distributions, often limited by large rivers. In this study, we evaluated the environmental effects (palm species composition) relative to geographical distances between sites, as factors related differences in forest bird species composition. We sampled 11 sites in upland forest, separated from one another by 60 km, covering a 670 km extension in the Purus-Madeira interfluvium of Western Amazon, Brazil. Similarity in bird assemblage was significantly correlated with palm species composition. Understory and canopy birds assemblages showed similar correlation with palm species composition. When the effect of palm species composition was controlled, distance was not a good indicator of changes in the bird community. Our results suggest that, in this region and at this spatial scale, birds are not limited by geographical distance and can disperse throughout the region studied. Nevertheless, they are not uniformly distributed which can best be explained by environmental variation, represented here by palm species composition. Although our results indicate that geographic distance has no effect on changes in bird composition, we emphasize that studies on a larger spatial scale could help to understand dispersal limitation effects in tropical Amazonian forest bird composition.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	11
Objetivos	11
CAPÍTULO 1	12
Introdução	15
Métodos	18
Área de estudo	18
Delineamento amostral	19
Amostragem de aves	19
Variáveis explanatórias	20
Análises	20
Resultados	21
Discussão	22
Agradecimentos	27
Referências	27
Tabelas	34
Legenda das figuras	38
Figuras	39
CONCLUSÕES	42
APÊNDICES	43

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação foi elaborada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Biologia (Ecologia) pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. A dissertação é composta por um artigo científico. Quanto à formatação, o artigo obedece às normas da Revista Brasileira de Ornitologia, para a qual será submetido com as adaptações necessárias.

A referida dissertação investiga a distribuição de aves no interflúvio Purus-Madeira, na Amazônia brasileira. O artigo é estruturado da seguinte forma: (1) introdução, abordando teorias referentes à distribuição de espécies, seguida dos objetivos do estudo; (2) métodos, explicando a forma como os dados foram coletados e analisados; (3) apresentação dos resultados; (4) discussão acerca da influência relativa de fatores ambientais e da distância geográfica sobre as mudanças na composição de aves entre as localidades amostradas; (5) referências utilizadas ao longo do trabalho. Figuras e tabelas citadas no texto estão dispostas ao final do manuscrito.

Pós-manuscrito, a dissertação é finalizada com as conclusões gerais do estudo realizado.

Objetivos

O objetivo deste estudo foi avaliar qual a contribuição relativa de fatores ambientais e da distância geográfica entre localidades na variação da composição de aves (diversidade beta) ao longo do interflúvio Purus-Madeira. Especificamente, este estudo propôs responder as seguintes questões:

- 1) A composição de aves é uniforme ao longo do interflúvio Purus-Madeira?
Caso contrário,
- 2) Mudanças na composição de aves são relacionadas com a distância geográfica? Ou,
- 3) Mudanças na composição de aves são relacionadas com variações ambientais da região?

CAPÍTULO 1

Menger, J.S., Cohn-Haft, M. & Anciães, M. Fatores determinantes da distribuição de aves florestais no interflúvio Purus-Madeira, Amazônia brasileira. Manuscrito formatado para a *Revista Brasileira de Ornitologia*.

Fatores determinantes da distribuição de aves florestais no interflúvio Purus-Madeira, Amazônia brasileira

Juliana da Silva Menger¹, Mario Cohn-Haft, Marina Anciães

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

¹ Autor para correspondência. Telefone: (92) 8413-3037. FAX: (92) 3643-1925. E-mail: juliana.menger@inpa.gov.br. Endereço: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Avenida Efigênio Sales, 2239. Bairro Adrianópolis. Caixa Postal 478. Manaus / AM. Brasil.

Abstract

Determining factors of bird distribution in the Purus-Madeira interfluvium of the Brazilian Amazon. Studies addressing deterministic and stochastic processes that effect changes in species composition among sites (beta diversity) have focused, for the most part, on sessile organisms. These are highly susceptible to random dispersal processes, confirming neutral theory assumptions. At first glance, birds would appear to have high dispersal ability. However, in Amazonian forests most birds are extremely sedentary, with restricted distributions, often limited by large rivers. In this study, we evaluated the environmental effects (palm species composition) relative to geographical distances between sites, as factors related differences in forest bird species composition. We sampled 11 sites in upland forest, separated from one another by 60 km, covering a 670 km extension in the Purus-Madeira interfluvium of Western Amazon, Brazil. Similarity in bird assemblage was significantly correlated with palm species composition. Understory and canopy birds assemblages showed similar correlation with palm species composition. When the effect of palm species composition was controlled, distance was not a good indicator of changes in the bird community. Our results suggest that, in this region and at this spatial scale, birds are not limited by geographical distance

and can disperse throughout the region studied. Nevertheless, they are not uniformly distributed which can best be explained by environmental variation, represented here by palm species composition. Although our results indicate that geographic distance has no effect on changes in bird composition, we emphasize that studies on a larger spatial scale could help to understand dispersal limitation effects in tropical Amazonian forest bird composition.

Key-words: environmental determinism, beta diversity, dispersal, geographical distance, neutral theory, palms

Resumo

Até o presente, estudos abordando fatores determinísticos e estocásticos que afetam mudanças na composição de espécies entre locais enfocaram, em geral, organismos sésseis. Esses organismos são especialmente suscetíveis a processos aleatórios de dispersão, corroborando premissas da teoria neutra. As aves, aparentemente, apresentam boa capacidade de dispersão. No entanto, em florestas amazônicas, muitas espécies de aves são extremamente sedentárias e apresentam distribuição restrita, tipicamente limitada por grandes rios. Neste estudo avaliamos a importância de efeitos ambientais, medidos pela composição de espécies de palmeiras, relativos aos efeitos da distância geográfica, como fatores geradores de diferenças na composição de aves tropicais. Nós amostramos 11 localidades em uma floresta de terra firme, distantes aproximadamente 60 km entre si, cobrindo uma extensão de 670 km, no interflúvio Purus-Madeira, na Amazônia brasileira. A similaridade das assembleias de aves foi significativamente correlacionada com a composição de palmeiras. Aves de sub-bosque e aves de dossel, analisadas separadamente, também apresentaram forte correlação com a composição de palmeiras. Com o efeito ambiental controlado, a distância geográfica não foi um bom indicador de mudanças na avifauna na área de estudo, não explicando a ocorrência de espécies de nenhum dos grupos de aves. Os resultados sugerem que, na escala espacial e na região deste estudo, as aves não são limitadas pela distância geográfica entre as localidades, podendo se dispersar

por toda extensão da área estudada. No entanto, a composição de aves muda entre as localidades amostradas e essas mudanças podem ser melhor explicadas pela variação ambiental, representada pela composição de palmeiras. Embora nossos resultados indiquem que a distância geográfica não tenha efeito sobre as mudanças na composição de aves, enfatizamos que estudos em uma escala maior poderão ajudar a entender os efeitos da limitação de dispersão sobre a composição de aves florestais amazônicas.

Palavras-chave: determinismo ambiental, dispersão, diversidade beta, distância geográfica, palmeiras, teoria neutra

Introdução

A identificação dos fatores que afetam a composição de espécies em uma comunidade local e, em particular, mudanças na composição entre áreas (diversidade beta) tem sido alvo de muitos estudos em ecologia (Costa e Melo 2008, Blake e Loiselle 2008, Dahl *et al.* 2009, Jankowski *et al.* 2009, Melo *et al.* 2009). Para a conservação, a diversidade beta tende a ser mais importante que a diversidade alfa, pois mudanças na composição entre locais afetam a diversidade em grandes escalas (Condit *et al.* 2002). Com frequência, estudos apontam a heterogeneidade ambiental e a dispersão como importantes processos, determinísticos e estocásticos, respectivamente, que controlam a diversidade beta em uma região (Laliberté *et al.* 2009).

Processos determinísticos são previstos pela teoria de nicho ecológico (*sensu* Grinnell 1917, Elton 1927, Hutchinson 1957). Nicho é um conjunto de condições bióticas e abióticas em que uma espécie pode persistir e manter tamanhos populacionais viáveis (Hutchinson 1957). A teoria de nicho é relacionada à hipótese do determinismo ambiental, a qual sugere que padrões de biodiversidade são intimamente relacionados à variabilidade ambiental (Tuomisto *et al.* 2003). Diversos estudos indicam que a riqueza de espécies está relacionada à heterogeneidade de hábitat, tanto em escala local quanto em escala regional, e enfatizam que o número e a composição de espécies em uma determinada assembleia são associados tanto à variação ambiental

quanto às relações intra e interespecíficas (Gaston e Blackburn 1996, Bohning-Gaese 1997, Van Rensburg *et al.* 2002, Evans *et al.* 2008).

Opondo-se à teoria de nicho, a teoria neutra proposta por Hubbell (2001), não considera diferenças nas respostas entre indivíduos às condições ecológicas locais, enfatizando que a dinâmica de uma comunidade pode ser modelada com poucos parâmetros, tais como tamanho populacional local e regional, taxa de especiação e taxa de migração. Embora com a premissa de equivalência ecológica, a teoria neutra não supõe que todas as espécies devam ser idênticas em suas características biológicas, mas que essas diferenças não estão ligadas com suas taxas demográficas per capita (Hubbell 2001). Assim, a composição de espécies das assembleias flutua ao acaso e, em escala local, a composição se torna imprevisível, variando somente em função da distância geográfica, o que indica limitação de dispersão.

Estudos prévios que testaram ambos os fatores determinísticos e estocásticos como determinantes da diversidade beta em comunidades biológicas enfocaram organismos sésseis (veja Condit *et al.* [2002] para árvores, Gilbert e Lechowicz [2004] para plantas de sub-bosque, Dornelas *et al.* [2006] para recifes de coral, Jones *et al.* [2006] para pteridófitas). Organismos sésseis são limitados no espaço, visto que contam com propágulos de dispersão. Os locais onde se estabelecem são fortemente dependentes dos locais previamente ocupados, corroborando premissas da teoria neutra (Thompson e Townsend 2006). Mesmo que muitos destes estudos sugeriram efeitos de limitação de dispersão, fatores determinísticos ainda foram os melhores indicadores da variação na composição de espécies.

No entanto, em invertebrados aquáticos, organismos com elevada capacidade de dispersão, ambos os fatores determinísticos e estocásticos estruturam as comunidades de formas diferentes, dependendo do nível trófico e das características das espécies (Thompson e Townsend 2006). Para a comunidade de formigas amazônicas, ambos os efeitos são importantes na substituição de espécies entre locais (Vasconcelos *et al.* 2010). Portanto, as características biológicas das espécies podem afetar os processos de dispersão e consequentemente, a diversidade beta (Soininen *et al.* 2007).

Espera-se, assim, que organismos sésseis sejam mais limitados pelo espaço, enquanto organismos com grande capacidade móvel sejam mais limitados pelas características ambientais de uma região (Thompson e Townsend 2006).

Aves, em geral, apresentam boa capacidade de se dispersar e, não surpreendentemente, o amplo conhecimento sobre elas fundamenta teorias determinísticas (MacArthur e MacArthur 1961, MacArthur 1964, MacArthur *et al.* 1966, Terborgh 1971, Karr e Freemark 1983). Em florestas tropicais como a Amazônica, entretanto, a comunidade de aves apresenta capacidade de dispersão bastante reduzida, muitas vezes com distribuição restringida por grandes rios (Cracraft 1985, Haffer 1992, Hayes e Sewlal 2004, Silva *et al.* 2005, Ribas *et al.* 2009), e territórios delimitados até por estradas estreitas (Develey e Stouffer 2001). Assim, tanto em escala local como regional, a capacidade de dispersão parece influenciar a distribuição de aves florestais amazônicas.

Tendo em vista que grandes interflúvios representam áreas de endemismo para aves amazônicas de terra firme, pressupõe-se que as assembleias dentro dessas áreas sejam uniformes, pelo menos dentro da mesma fitofisionomia. Apesar disso, não há estudos que abordem como as espécies se distribuem e como fatores ambientais e limitação de dispersão afetam a composição de espécies dentro de um interflúvio. Neste estudo, nós investigamos qual a influência relativa de fatores ambientais e da distância geográfica na distribuição de aves de florestas de terra firme dentro do interflúvio Purus-Madeira, na Amazônia brasileira.

A região está ameaçada pela atual recuperação da BR-319, rodovia que corta o interflúvio na direção Sudoeste-Nordeste. Essa recuperação poderá conectar o arco do desmatamento da região Sul amazônica com novas fronteiras ao Norte (Fearnside e Graça 2006). Assim, entender como fatores ambientais e a distância geográfica afetam a distribuição de aves dará subsídios para a tomada de decisões no que diz respeito à conservação das aves e dos ecossistemas da região.

Com levantamentos auditivo-visuais, registramos a frequência de ocorrência de um grupo de aves focais ao longo de 670 km do interflúvio, para

responder as seguintes perguntas: (1) a composição de aves é uniforme ao longo do interflúvio Purus-Madeira? Caso contrário, (2) mudanças na composição de aves são relacionadas com a distância geográfica? Ou, (3) mudanças na composição de aves são relacionadas com variações ambientais da região? Porque a distância geográfica pode afetar de forma distinta grupos de espécies com diferentes capacidades de dispersão, nós também analisamos separadamente espécies de sub-bosque (territoriais, tendem a dispersar menos) e de dossel - generalistas, tendem a ser mais móveis (Cohn-Haft 1995).

Assim, se apenas dispersão limitada afeta a distribuição das aves, esperamos encontrar alta similaridade entre as assembleias, com espécies que se dispersam relativamente bem ocupando todo o interflúvio, sem relação com o ambiente ou com a distância geográfica. Ao mesmo tempo que, espécies com baixa capacidade de se dispersar, apresentarão distribuição afetada somente pela distância geográfica entre os locais. Por outro lado, se fatores determinísticos, como a seleção de hábitat afetam a distribuição das aves, esperamos encontrar relação entre a composição de espécies e variações ambientais, mas sem efeitos da distância geográfica.

Métodos

Área de estudo

Conduzimos o estudo na região entre os rios Purus e Madeira, na Amazônia brasileira (Figura 1a). A região é bem preservada, provavelmente devido ao abandono da rodovia BR-319 que está sem manutenção desde a década de 1970, quando foi concluída (Fearnside e Graça 2006). Florestas de terra firme caracterizam a região do estudo. A vegetação é formada por Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas com Dossel Emergente na porção Norte, e Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas com Palmeiras na porção Sul (RADAM Brasil 1978). Segundo as ecorregiões propostas por Olson *et al.* (2001) quase toda a região é dominada por Floresta Úmida do Purus-Madeira. No entanto, em um estudo mais refinado, Ximenes (2008) propôs 13

ecorregiões para o interflúvio e, baseado em variáveis bio-climáticas, espaciais e topográficas, considerou a região bastante heterogênea.

Delineamento amostral

Coletamos os dados em 11 localidades (unidades amostrais), distribuídas perpendicularmente à rodovia BR-319 (<http://ppbio.inpa.gov.br>). As localidades são espaçadas cerca de 60 km entre si, cobrindo uma extensão de 670 km (Figura 1b). Cada localidade possui uma trilha de 5 km perpendicular à rodovia, onde transeções de 250 m, seguindo a curva de nível, são dispostos regularmente a cada 1 km (Figura 1c). No centro de cada uma dessas transeções (125 m), estabelecemos um ponto de escuta, totalizando cinco pontos (sub-amostras) por localidade (Figura 1c).

Amostragem de aves

Devido à grande riqueza de aves na região, selecionamos um grupo de 70 espécies levando em consideração a facilidade de reconhecer as vocalizações, incluindo a maioria das guildas alimentares, além da variação em tamanho corporal e em preferência por estrato na floresta. Desta forma, amostramos os principais grupos de aves florestais amazônicas. Coletamos os dados entre junho e novembro de 2010, época em que as vocalizações tornam-se mais frequentes devido à estação reprodutiva das aves (Cohn-Haft *et al.* 1997). Cada ponto de escuta foi visitado por quatro dias consecutivos, alternando o ponto inicial de amostragem a cada dia. A replicação da amostragem em cada ponto aumenta a probabilidade de detecção (Dorazio e Royle 2005, Mackenzie e Royle 2005) e a alternância do ponto inicial permite que a chance de detecção das espécies que vocalizam somente nas primeiras horas do dia seja a mesma em todos os pontos. Um observador (J.M.) permaneceu por cinco minutos em cada ponto e identificou as espécies de forma visual e/ou auditiva, entre 05h30min e 09h30min, horário de maior atividade das aves (Blake 1992, Vielliard 2000, Dorazio *et al.* 2006, Cohn-Haft *et al.* 2007b). Gravações de áudio em todos os pontos foram realizadas e

depositadas no Acervo Sonoro da Coleção de Aves do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

Variáveis explanatórias

Utilizamos, para caracterizar cada localidade, a densidade de cinco espécies de palmeiras que podem servir como indicadoras de ambientes para aves dentro das florestas de terra firme (Cohn-Haft *et al.* 2007a). Por exemplo, no sub-bosque da mata de terra firme, agrupamentos da palmeira *Lepidocaryum tenue* associam-se a lugares de solo encharcado ou drenagem impedida. Nesses locais, a mata é mais baixa, com dossel mais aberto e sub-bosque mais denso. A presença de *Oenocarpus bataua* também pode representar ambientes que alagam durante o período de chuvas. A palmeira *Mauritiella aculeata* indica a presença de campinarana, uma mata caracterizada pela presença de solos arenosos e mal drenados. As palmeiras *Oenocarpus bacaba* e *Attalea speciosa* indicam áreas com platôs e solos bem drenados. A ocorrência destas palmeiras pode substituir um conjunto de fatores locais, tornando-se uma variável apropriada para representar diferenças ambientais entre as localidades amostradas. A coleta de dados das palmeiras foi realizada por Thaise Emilio em uma faixa de 250 X 4m, nas mesmas transeções onde estabelecemos os pontos de escuta (veja metadados em: <http://ppbio.inpa.gov.br>).

Como variáveis espaciais, utilizamos as coordenadas latitude e longitude de cada localidade.

Análises

Empregamos a frequência de ocorrência das espécies em cada localidade, como medida quantitativa de aves, de tal forma que a frequência máxima foi cinco (número de pontos em que a espécie foi detectada). A densidade média de palmeiras foi usada para caracterizar ambientalmente cada localidade. Geramos uma matriz com a composição de aves e outra com a composição de palmeiras usando índice de Bray-Curtis (Legendre e Legendre 1998). Geramos também matrizes com a composição de sub-

amostras das aves estudadas, avaliando separadamente espécies de sub-bosque e espécies de dossel. Por fim, usando Distância Euclidiana, construímos uma matriz de distância geográfica com as coordenadas log-transformadas de cada localidade.

Para avaliar se a composição de aves é uniforme ao longo do interflúvio Purus-Madeira, empregamos Teste de Mantel, conforme o modelo proposto por Tuomisto *et al.* 2003. Se a composição de aves for uniforme, a similaridade das assembleias entre os módulos será alta e não haverá um padrão de estruturação identificável (não apresentará relação com palmeiras ou distância geográfica). Para testar se a composição de aves estava relacionada com a distância geográfica entre as localidades ou com a composição de palmeiras, realizamos Teste de Mantel Parcial, que controla uma variável de cada vez - efeito ambiental ou efeito geográfico (veja Tuomisto *et al.* 2003). Para quantificar a proporção da variação na composição de aves explicada pela distância geográfica e pela composição de palmeiras, realizamos regressões múltiplas entre as matrizes. O objetivo das regressões é a partição da variação na composição de aves entre pares de locais em quatro componentes: (1) variação explicada somente pela distância geográfica, (2) variação explicada pelo ambiente e pela distância geográfica; (3) variação explicada somente pelo ambiente e (4) variação não explicada (Borcard *et al.* 1992, adaptado por Duivenvoorden *et al.* 2002, Tuomisto *et al.* 2003). Usamos os r^2 das regressões para calcular a partição da variação nos quatro componentes acima descritos (veja Jones *et al.* 2006).

Todas as análises foram realizadas no ambiente estatístico R (R Development Core Team 2010), usando funções básicas ou os pacotes Vegan (Oksanen *et al.* 2010) e Ecodist (Goslee e Urban 2007).

Resultados

Dentre as 70 espécies focais, nós registramos 26 espécies de aves distribuídas em 12 famílias (Tabela 1). As espécies mais frequentes foram *Xiphorhynchus elegans*, *Thamnophilus murinus* e *Hypocnemis peruviana* com 32, 30 e 28 registros, respectivamente. As espécies menos frequentes foram

Cercomacra cinerascens, *Cnipodectes subbrunneus* e *Microcerculus marginatus*, cada uma com dois registros. Apenas *Hypocnemis peruviana* ocorreu em todas as localidades e as espécies *Thamnophilus schistaceus* e *Cercomacra cinerascens* ocorreram apenas em um dos locais (Figura 2). Registramos duas espécies endêmicas, ainda não descritas: *Herpsilochmus* sp. e *Hemitriccus* sp. (Cohn-Haft *et al.* 2007a). Das 26 espécies, 13 ocupam o dossel e outras 13, o sub-bosque (Tabela 1).

A composição de aves esteve significativamente relacionada com a composição de palmeiras em ambos os testes, mas o teste de Mantel Parcial mostrou que a composição de aves não esteve correlacionada com a distância geográfica (Tabela 2). As espécies de dossel e de sub-bosque também foram fortemente correlacionadas com a composição de palmeiras e não apresentaram correlação com a distância geográfica (Tabela 2).

Os modelos gerados pelas regressões resultaram no mesmo padrão apresentado pelos testes de Mantel: as aves estiveram correlacionadas com a composição de palmeiras, mas não apresentaram correlação com a distância geográfica (Figura 3). O modelo completo (composição de palmeiras e distância geográfica) explicou 38% da variação na composição de aves (Tabela 3). Para a composição de aves de sub-bosque, a variação total explicada foi de 26%, e para as aves de dossel foi de 22% (Tabela 3). Para todos os grupos de aves (todas as aves amostradas; apenas aves de sub-bosque; apenas aves de dossel), a composição de palmeiras explicou entre 17% e 29% da variação encontrada e a contribuição da distância geográfica na predição da composição de aves foi entre 1% e 2% (Tabela 3).

Discussão

Nossos resultados indicam que a composição de aves ao longo dos 670 km do interflúvio Purus-Madeira não é uniforme. As mudanças na composição de aves foram significativamente correlacionadas com a composição de palmeiras, mas não foram afetadas pela distância geográfica. Isso indica que fatores determinísticos, associados à heterogeneidade ambiental explicam

melhor a diversidade beta de aves do que fatores estocásticos, associados à dispersão.

Sugere-se que, em florestas tropicais de terra firme, comunidades de árvores sejam dominadas por um número limitado de espécies competitivamente superiores e amplamente distribuídas, portanto, que a composição de espécies seja uniforme em larga escala (Pitman *et al.* 1999, 2001). Esta previsão foi avaliada para a comunidade de aves florestais no Equador e verificou-se que a composição de espécies foi muito similar entre os locais amostrados (Blake 2007). O estudo sugere que as comunidades de aves florestais tropicais também são dominadas por um conjunto restrito de espécies semelhantes, seguindo o mesmo padrão das comunidades arbóreas. Nosso estudo contemplou uma grande extensão geográfica (670 km), abrangendo unicamente florestas de terra firme dentro de um mesmo interflúvio, e ao contrário do esperado, nossos resultados indicam que as aves não estão distribuídas igualmente, mas que a frequência de ocorrência de todas as espécies é distinta entre as localidades amostradas. Tal desigualdade na distribuição de espécies pode ser explicada, em parte, pela sensibilidade das espécies às variações ambientais, representadas pela composição de palmeiras.

Se todas as espécies em uma comunidade são competitivamente iguais, diferenças na composição de espécies entre locais deveriam ser causadas por limitação de dispersão (Hubbell 2001). Entretanto, não encontramos efeitos da distância geográfica na composição de aves. Nem mesmo para aves de sub-bosque, as quais avaliamos ter maior suscetibilidade aos efeitos espaciais, por serem insetívoras, territoriais e dispersar menos (Cohn-Haft 1995, Moore *et al.* 2008). Isto indica que todas as espécies estudadas têm poder de dispersão suficiente para ocupar todo o interflúvio.

Mesmo para aves amazônicas, que tendem a ser mais sedentárias, as variações ambientais parecem ser mais importantes para a diversidade beta do que a distância geográfica entre locais. Além disso, aves selecionam habitats preferenciais (MacArthur *et al.* 1966, Robinson e Terborgh 1995, Jones 2001) e por isso, tem maior controle sobre a paisagem onde ocorrem, ao contrário do

que é esperado para organismos sésseis, para os quais os efeitos espaciais tendem a ser mais fortes. Portanto, mesmo que aves tenham boa capacidade para se dispersar, podem ser limitadas pelas condições ambientais de uma região ou pelas interações com outras espécies.

Este parece ser o caso de dois pares de espécies congêneres: *Atila spadiceus* e *A. citriniventris*; *Thamnophilus schistaceus* e *T. murinus*. Nós registramos *Atila spadiceus* e *Thamnophilus schistaceus* apenas nas localidades ao Norte do interflúvio, enquanto que suas espécies congêneres foram registradas nas localidades subseqüentes. Os mapas de distribuição destas espécies se sobrepõem quando analisados em escala amazônica (Ridgely e Tudor 1994), mas nossos resultados sugerem que, em uma escala mais fina, há uma substituição destas espécies ao longo do interflúvio Purus-Madeira.

Ainda que a composição de aves entre as localidades do Norte e do Sul do interflúvio Purus-Madeira tenham sido bastante distintas, isto não reflete, porém, efeitos da distância geográfica em si, mas das diferenças ambientais entre as regiões. A porção Sul é caracterizada por possuir matas com topografia bastante acentuada, habitats preferenciais de algumas espécies como *Microcerculus marginatus*. Por outro lado, a porção Norte tem grande influência da várzea do rio Solimões e as localidades nesta região alagam com mais frequência, explicando a ocorrência localmente isolada de espécies como *Thamnophilus schistaceus* e *Cercomacra cinerascens*.

Apesar de a região estudada abranger apenas florestas de terra firme, a variação na composição das assembleias de aves pode ser explicada principalmente por diferenças ambientais entre as localidades, corroborando teorias determinísticas. Diversos estudos demonstram que mudanças na composição de aves são explicadas pela heterogeneidade de habitat em florestas tropicais (Robinson *et al.* 2000, Thiollay 2002, Blake 2007). Blake e Loiselle (2008), por exemplo, compararam a composição de aves de duas áreas em floresta de terra firme e observaram que, mesmo em uma curta distância (2 km), o número de indivíduos por espécies foi distinto, evidenciando que as distribuições das espécies são desiguais e variam principalmente em

função da heterogeneidade ambiental. Portanto, as florestas de terra firme não são homogêneas para aves. Ao contrário, possuem variações locais que refletem a seleção de hábitat e distribuição desigual de recursos, o que pode afetar a distribuição das espécies e contribuir para as diferenças na composição de aves entre duas ou mais localidades.

A composição de palmeiras representou bem essas variações nas florestas de terra firme da região. No entanto, palmeiras não parecem ser a causa direta das mudanças na composição de aves entre as localidades no interflúvio Purus-Madeira, visto que nenhuma das espécies de aves registradas neste estudo se alimenta dos frutos, nem depende exclusivamente dessas palmeiras. A correlação encontrada entre aves e palmeiras indica que os ambientes preferenciais de ambos os grupos são similares. Uma boa evidência é a da espécie *Cercomacra serva* (Cohn-Haft *et al.* 2007a). Ainda que esta ave seja preferencialmente insetívora, registramos esta espécie somente em localidades cujo sub-bosque apresentava maior densidade da palmeira *Lepidocaryum tenue*, indicando uma relação de ocorrência entre as espécies. Palmeiras, portanto, parecem ser boas indicadoras da composição de aves amazônicas.

Porque cada espécie tem seus próprios requisitos ambientais, encontrar padrões em comunidades é uma tarefa difícil, devido à combinação complexa de fatores que podem afetar as espécies individualmente e emergir coletivamente. Conseguimos explicar 38% da variação encontrada na composição de aves florestais e 29% desta variação foi explicada somente pela composição de palmeiras. Esta proporção de variação explicada parece baixa, mas quando comparamos com outros estudos, poucos conseguiram explicar mais do que isso (e.g. Jones *et al.* 2006 [33%], Duivenvoorden *et al.* 2002 [41%], Gilbert e Lechowicz 2004 [45%], Costa *et al.* 2008 [48%]). É claro que boa parte da variação na composição de aves não foi explicada e merece atenção. A parte da variação na composição de aves não explicada pode ser atribuída a outros fatores ambientais não medidos, tais como abertura do dossel, estrutura e florística da vegetação (Wunderle *et al.* 1987; Meynard e Quinn 2008), que podem afetar a distribuição de aves. Outros fatores

estocásticos também poderiam auxiliar a entender os padrões encontrados. Eventos de fogo ou grandes tempestades de vento no passado podem ter afetado o ambiente localmente e o que encontramos atualmente é uma demora na recolonização destes locais devido a dispersão limitada das espécies em uma escala local, mais refinada. Falhas na detecção das espécies também podem ter contribuído para os padrões encontrados: a espécie poderia estar presente, mas não ser detectada. No entanto, acreditamos que o esforço amostral (20 amostragens por localidade) tenha sido suficiente para minimizar possíveis falhas na detecção.

Nosso estudo foi o primeiro a analisar a diversidade beta de aves e avaliar ambos os efeitos ambientais e de distância geográfica na Amazônia brasileira. Concluímos que, para as aves, a heterogeneidade ambiental é mais importante e um forte determinante da diversidade beta. Apesar de nossos resultados não apontarem um efeito da distância geográfica, concluímos que estudos em escalas menores sejam mais indicados para melhor compreender os efeitos da distância geográfica sobre a composição de aves.

O mosaico de unidades de conservação recentemente proposto para a região está concentrado na porção Sul do interflúvio Purus-Madeira (IUCN 2009; WWF 2009). No entanto, a porção Norte apresenta composição de espécies distintas das demais localidades e estas diferenças estão relacionadas aos ambientes ali encontrados. Desta forma, para conservar efetivamente as aves e os ecossistemas da região é fundamental contemplar novas áreas ao Norte, levando em consideração a complementariedade de espécies e diferenças ambientais entre as localidades. Além disso, a detecção de espécies ainda não descritas, endêmicas do interflúvio Purus-Madeira, indica que outros inventários biológicos precisam ser realizados e, para apoiar decisões relacionadas à conservação da região, estudos que auxiliem a compreensão dos processos que causam e mantêm a biodiversidade ainda são fundamentais.

Agradecimentos

Agradecemos a Thaise Emilio pela disponibilidade dos dados de palmeiras. J. Menger recebeu bolsa de mestrado do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Equipamentos de campo foram doados pelo Idea Wild. Este estudo foi financiado pelo Programa de Apoio a Núcleos de Excelência da Fundação de Amparo a Pesquisa do Amazonas em parceria com o CNPq (Processo 586/10, nº 003/2009). Autorização para atividades com finalidade científica foi concedida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade Nº 21421-2.

Referências

- Blake, J.G. (1992) Temporal variation in point counts of birds in a lowland wet forest in Costa Rica. *Condor*. 94: 265-275.
- Blake J.G. (2007) Neotropical forest birds communities: a comparison of species richness and composition at local and regional scales. *Condor*. 109: 237-255.
- Blake, J.G. e B.A. Loiselle (2008) Species composition of neotropical understory bird communities: local versus regional perspectives based on capture data. *Biotropica*. 41:85-94.
- Böhning-Gaese, K. (1997) Determinants of avian species richness at different spatial scales. *J. Biogeogr.* 24: 49-60.
- Borcard, D., P. Legendre, P. Drapeau (1992) Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology*. 73: 1045-1055.
- Cohn-Haft, M. (1995) *Evolution of avian dietary specialization along an environmental gradient: tropical rainforest interior versus canopy and edge habitats*. Master thesis. Tulane University: New Orleans.
- Cohn-Haft, M. A. Whittaker, P.C. Stouffer (1997) A new look at the “species-poor” Central Amazon: the avifauna north of Manaus, Brazil. *Ornit. Monogr.* 48: 205-235.
- Cohn-Haft, M., A.M.F. Pacheco, C.L. Bechtoldt, M.F.N.M. Torres, A.M. Fernandes, C.H. Sardelli, I.T. Macêdo (2007a) Inventário ornitológico. p. 145-178. Em: Rapp Py-Daniel, L., C.P. Deus, A.L. Henriques, D.M.

- Pimpão, O.M. Ribeiro (orgs.). Biodiversidade do Médio Madeira: Bases científicas para propostas de conservação. INPA: Manaus.
- Cohn-Haft, M., L.N. Naka, A.M. Fernandes (2007b) Padrões de distribuição da avifauna da várzea dos rios Solimões e Amazonas. p. 287-323. Em: Albernaz, A.L. (org.). Conservação da várzea: identificação e caracterização de regiões biogeográficas. Ibama/ProVárzea: Manaus.
- Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (2010) *Listas das aves do Brasil*. 9ª Edição.
- Condit, R., N. Pitman, E.G. Leigh Junior, J. Chave, J. Terborgh, R.B. Foster, P.V. Nuñez, S. Aguilar, R. Valencia, G. Villa, H.C. Muller-Landau, E. Losos, S.P. Hubbell (2002) Beta-diversity in tropical forest trees. *Science*. 295: 666-669.
- Costa, F.R.C., J. Guillaumet, A.P. Lima, O.S. Pereira (2008) Gradients within gradients: The mesoscale distribution patterns of palms in a central Amazonian forest. *J. Veg. Sci.* 20: 1-10.
- Costa, S.S. e A.S. Melo (2008) Beta diversity in stream macroinvertebrate assemblages: among-site and among-microhabitat components. *Hydrobiologia*. 598:131-138.
- Cracraft, J. (1985) Historical biogeography and patterns of differentiation within the South American avifauna: areas of endemism. *Ornit. Monogr.* 36: 49-84.
- Dahl, C., V. Novotny, J. Moravec, S. Richards (2009) Beta diversity of frogs in the forests of New Guinea, Amazonia and Europe: contrasting tropical and temperate communities. *J. Stat. Soft.* 36: 896-904.
- Develey, P.F., P.C. Stouffer (2001) Effects of roads on movements by understory birds in mixed-species flocks in central Amazonian Brazil. *Conserv. Biol.* 15: 1416-1422.
- Dorazio, R.M. e J.A. Royle (2005) Estimating size and composition of biological communities by modeling the occurrence of species. *J. Am. Stat. Assoc.* 100: 389-398.

- Dorazio, R.M., J.A. Royle, B. Soderstrom, A. Glimskar (2006) Estimating species richness and accumulation by modeling species occurrence and detectability. *Ecology*. 87: 842-854.
- Dornelas, M., S.R. Connolly, T.P. Hughes (2006) Coral reef diversity refutes the neutral theory of biodiversity. *Nature*. 440: 80-82.
- Duivenvoorden, J.F., J.C. Svenning, S.J. Wright (2002) Beta diversity in tropical forests. *Science*. 295, 636–637.
- Elton, C. (1927) *Animal Ecology*. Sedgwick and Jackson: London.
- Evans, K.L., S.E. Newson, D. Storch, J.J.D. Greenwood, K.J. Gaston (2008) Spatial scale, abundance and the species-energy relationship in British birds. *J. Anim. Ecol.* 77: 395-405.
- Fearnside, P.M. e P.M.L.A. Graça (2006) BR-319: Brazil's Manaus-Porto Velho highway and the potential impact of linking the arc of deforestation to central Amazonia. *Environ. Manage.* 38: 705-716.
- Gaston, K.J. e T.M. Blackburn (1996) The spatial distribution of threatened species: macro-scales and New World birds. *P. Roy. Soc. Lond. B. Bio.* 263: 235-240.
- Gilbert, B. e M.J. Lechowicz (2004) Neutrality, niches and dispersal in a temperate forest understorey. *P. Natl. Acad. Sci. Usa*. 101: 7651-7656.
- Goslee, S.C. e D.L. Urban (2007) The ecodist package for dissimilarity-based analysis of ecological data. *J. Stat. Soft.* 22: 1-19.
- Grinnell, J. (1917) Field tests of theories concerning distributional control. *Am. Nat.* 51: 115-128.
- Haffer, J. (1992) On the “river effect” in some forest birds of southern Amazonia. *Bol. Mus. Para. Goeldi*. 8: 217-245.
- Hayes, F.E., J.A. Sewlal (2004) The Amazon River as a dispersal barrier to passerine birds: effects of river width, hábitat and taxonomy. *J. Biogeogr.* 31: 1809-1818.
- Hubbell, S.P. (2001) *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. Princeton University Press: New Jersey.

- Hutchinson, G.E. (1957) Concluding remarks. *Cold Spring Harb. Sym.* 22: 415-427.
- IUCN (2009) Six new protected areas created in Brazilian Amazonian state. <http://www.iucn.org> (acesso em 17/02/2011).
- Jankowski, J.E., A.L. Ciecka, N.Y. Meyer, K.N. Rabenold (2008) Beta diversity along environmental gradients: implications of hábitat specialization in tropical montane landscapes. *J. Anim. Ecol.* 78: 315–327.
- Jones, J. (2001) Hábitat selection studies in avian Ecology: a critical review. *Auk*. 118: 557:562.
- Jones, M.M., H. Tuomisto, D.B. Clark, P. Olivas (2006) Effects of mesoscale environmental heterogeneity and dispersal limitation on floristic variation in rain forest ferns. *J. Ecol.* 94: 181:195.
- Karr, J.R., K.E. Freemark (1983) Hábitat selection and environmental gradients: dynamics in the stable tropics. *Ecology*. 64: 1481-1494.
- Laliberté, E., A. Paquette, P. Legendre, A. Bouchard (2009) Assessing the scale-specific importance of niches and other spatial processes on beta diversity: a case study from a temperate forest. *Oecologia*. 159: 377-388.
- Legendre, P. e L. Legendre. (1998) *Numerical ecology*. Elsevier: Amsterdam.
- MacArthur, R., H. Recher, M. Cody (1966) On the relation between hábitat election and species diversity. *Am. Nat.* 100: 319-332.
- MacArthur, R.H., J.W. MacArthur (1961) On Bird Species Diversity. *Ecology*. 42: 594-598.
- MacArthur, R.H. (1964) Environmental factors affecting bird species diversity. *Am. Nat.* 98: 387-397.
- Mackenzie, D.I. e J.A. Royle (2005) Designing occupancy studies: general advice and allocating survey effort. *J. Appl. Ecol.* 42: 1105-1114.
- Melo, A.S., T.F.L.V.B. Rangel, J.A.F. Diniz-Filho (2009) Environmental drivers of beta-diversity patterns in New-World birds and mammals. *Ecography*. 32: 226-236.
- Meynard, C.N. e J.F. Quinn (2008) Beta metacommunities in temperate South American forest: vegetation structure, area, and climate effects. *Ecology*. 89: 981–990.

- Moore, R.P., W.D. Robinson, I.J. Lovette, T.R. Robinson (2008) Experimental evidence for extreme dispersal limitation in tropical forest birds. *Ecol. Lett.* 11: 960-968.
- Oksanen, J., F.G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, R.B. O'hara, G.L. Simpson, P. Solymos, M.H.H. Stevens, H. Wagner (2010) Vegan: Community Ecology Package. R package. Version 1.17-4.
- Olson, D.M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.O. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoureux, W.W. Wettengel, P. Hedao, K.R. Kassem (2001) Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on earth. *BioScience*. 51: 933-938.
- Pitman, N.C.A., J. Terborgh, M.R. Silman, P.V. Nuñez (1999) Tree species distributions in an upper Amazonian forest. *Ecology*. 80: 2651-2661.
- Pitman, N.C.A., J.W. Terborgh, M.R. Silman, P.V. Nuñez, D.A. Neill, C.E. Cerón, W.A. Palacios, M. Aulestia (2001) Dominance and distribution of tree species in two upper Amazonian terra firme forests. *Ecology*: 82: 2101-2117.
- R Development Core Team (2010) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna: Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- RADAM Brasil (1978) Folhas SB.20 *Purus: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra*. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Levantamento de Recursos Naturais: Rio de Janeiro.
- Ribas, C.C., C.Y. Miyaki, J. Cracraft (2009) Phylogenetic relationships, diversification and biogeography in Neotropical *Brotogeris* parakeets. *J. Biogeog.* 36: 1712–1729.
- Ridgely, R.S. e G. Tudor (1994) The Birds of South America. Vol. 2. University of Texas Press, Austin.
- Robinson, S.K. e J. Terborgh (1995) Interspecific aggression and hábitat selection by amazonian birds. *J. Anim. Ecol.* 64: 1-11.

- Robinson, W.D., J.D. Brawn, S.K. Robinson (2000) Forest bird community structure in central Panama: influence of spatial scale and biogeography. *Ecol. Monogr.* 70:209-235.
- Silva, J.M.C., A.B. Rylands, G.A.B. Fonseca (2005) The fate of the Amazonian areas of endemism. *Conserv. Biol.* 19: 689-694.
- Soininen, J., J.J. Lennon, H. Hillebrand (2007) A multivariate analysis of beta diversity across organisms and environments. *Ecology.* 88: 2830-2838.
- Terborgh, J. (1971) Distribution on environmental gradients: theory and a preliminary interpretation of distributional patterns in the avifauna of the Cordillera Vilcabamba, Peru. *Ecology.* 52: 23-40.
- Thiollay, J.M. (2002) Avian diversity and distribution in French Guiana: patterns across a large forest landscape. *J. Trop. Ecol.* 18: 471-498.
- Thompson, R. e C. Townsend (2006) A truce with neutral theory: local deterministic factors, species traits and dispersal limitation together determine patterns of diversity in stream invertebrates. *J. Anim. Ecol.* 75: 476-484.
- Tuomisto, H., K. Ruokolainen, M. Yli-Halla (2003) Dispersal, environment and floristic variation of western Amazonian forests. *Science.* 299: 241-244.
- Van Rensburg, B.J, S.L. Chown, K.J. Gaston (2002) Species richness, environmental correlates, and spatial scale: a test using South African birds. *Am. Nat.* 159: 566-577.
- Vasconcelos, H.L, J.M.S. Vilhena, K.G. Facure, A.L.K.M. Albernaz (2010) Patterns of ant species diversity and turnover across 2000 km of Amazonian floodplain forest. *J. Biogeogr.* 37: 432-440.
- Vielliard, J.E.M. (2000) Bird community as an indicator of biodiversity: results from quantitative surveys in Brazil. *An. Acad. Bras. Ciênc.* 72: 323-330.
- Wunderle, J.M., A. Diaz, I. Velasquez, R. Sharrón (1987) Forest Openings and the Distribution of Understory Birds in a Puerto Rican Rainforest. *Wilson Bull.* 99: 22-37.
- WWF Brasil (2009) Seis unidades de conservação serão criadas no Amazonas. <http://www.wwf.org.br> (acesso em 17/02/2011)

Ximenes, A.C. (2008) *Mapas auto-organizáveis para a identificação de ecorregiões no interflúvio Madeira-Purus: uma abordagem da biogeografia ecológica*. Master thesis. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: São José dos Campos.

Tabela 1: Espécies registradas nas 11 localidades amostradas ao longo do interflúvio Purus-Madeira. O nome das espécies e a classificação seguem as normas do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO 2010).

Table 1: Recorded species in 11 sampling sites along the Purus-Madeira interfluv. Species name and classification follow Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos norm (CBRO 2010).

Família	Espécie	Estrato que ocupa
Capitonidae Bonaparte, 1838	<i>Capito auratus</i> (Dumont, 1816)	Dossel
Picidae Leach, 1820	<i>Piculus flavigula</i> (Boddaert, 1783)	Dossel
	<i>Celeus flavus</i> (Statius Muller, 1776)	Dossel
	<i>Celeus torquatus</i> (Boddaert, 1783)	Dossel
	<i>Thamnophilus schistaceus</i> d'Orbigny, 1835	Sub-bosque
Thamnophilidae Swainson, 1824	<i>Thamnophilus murinus</i> Sclater & Salvin, 1868	Sub-bosque
	<i>Megastictus margaritatus</i> (Sclater, 1855)	Sub-bosque
	<i>Herpsilochmus</i> sp.	Dossel
	<i>Cercomacra cinerascens</i> (Sclater, 1857)	Dossel
	<i>Cercomacra serva</i> (Sclater, 1858)	Sub-bosque
	<i>Myrmoborus myotherinus</i> (Spix, 1825)	Sub-bosque
	<i>Hypocnemis peruviana</i> Taczanowski, 1884	Sub-bosque
Formicariidae Gray, 1840	<i>Formicarius colma</i> Boddaert, 1783	Sub-bosque
Dendrocolaptidae Gray, 1840	<i>Sittasomus griseicapillus</i> (Vieillot, 1818)	Dossel
	<i>Xiphorhynchus elegans</i> (Pelzeln, 1868)	Dossel

Continuação

Furnariidae Gray, 1840	<i>Automolus infuscatus</i> (Sclater, 1856)	Sub-bosque
Rhynchocyclidae Tello, Moyle, Marchese e Cracraft 2009	<i>Cnipodectes subbrunneus</i> (Sclater, 1860)	Sub-bosque
	<i>Hemitriccus</i> sp.	Sub-bosque
	<i>Hemitriccus griseipectus</i> (Snethlage, 1907)	Dossel
Tyrannidae Vigors, 1825	<i>Tyrannulus elatus</i> (Latham, 1790)	Dossel
	<i>Attila citriniventris</i> Sclater, 1859	Dossel
	<i>Attila spadiceus</i> (Gmelin, 1789)	Dossel
Cotingidae Bonaparte, 1849	<i>Lipaugus vociferans</i> (Wied, 1820)	Dossel
Pipridae Rafinesque, 1815	<i>Lepidothrix coronata</i> (Spix, 1825)	Sub-bosque
Tityridae Gray, 1840	<i>Schiffornis amazona</i> (Sclater, 1860)	Sub-bosque
Troglodytidae Swainson, 1831	<i>Microcerculus marginatus</i> (Sclater, 1855)	Sub-bosque

Tabela 2: Correlações (r de Mantel) entre a dissimilaridade de aves com a dissimilaridade de palmeiras e distância geográfica para as 11 localidades amostradas no interflúvio Purus-Madeira, mensuradas com teste de Mantel simples e teste de Mantel parcial. Os testes foram baseados na correlação de Pearson. A significância dos testes foi determinada com teste de Monte Carlo, usando 999 permutações. $**p<0.001$, $*p<0.05$.

Table 2: Correlations (Mantel r) between bird dissimilarity with palm tree dissimilarity and geographical distance for 11 sampled sites in the Purus-Madeira interfluvium, measured with Mantel test and partial Mantel test. Tests were based on Pearson correlation. Tests significance was determined with a Monte Carlo test using 999 permutations. $**p<0.001$, $*p<0.05$.

	Todas as aves	Aves de sub-bosque	Aves de dossel
Distância Geográfica	0.300*	0.252	0.217
Composição de palmeiras	0.604**	0.499*	0.462*
Distância Geográfica controlando para o efeito das palmeiras	0.161	0.128	0.0958
Composição de palmeiras controlando para o efeito da distância geográfica	0.566**	0.459*	0.427*

Tabela 3: Proporção de variação na composição de aves explicada pela distância geográfica e/ou composição de palmeiras. O cálculo foi baseado nos r^2 resultantes das regressões múltiplas entre as matrizes.

Table 3: Variation proportion in bird composition explained by geographic distance and / or palm tree composition. The calculation was based on r^2 resulting from multiple regressions between the matrixes.

	Distância geográfica	Composição de palmeiras	Distância geográfica + composição de palmeiras	Não explicada
Todas as espécies	2%	29%	7%	62%
Aves de dossel	1%	17%	4%	78%
Aves de sub-bosque	1%	20%	5%	74%

Figura 1: (a) Mapa de localização do interflúvio Purus-Madeira, na Amazônia brasileira. (b) Localidades onde os dados foram coletados, ao longo da rodovia BR-319. (c) Desenho amostral, indicando a trilha de acesso aos pontos de escuta, estabelecidos nas cinco transeções de cada localidade.

Figure 1: (a) Location of Purus-Madeira interfluve, Brazilian Amazon. (B) Sites where data were collected along BR-319 highway. (C) Sample scheme, trail access to point counts, established in five transects for each site.

Figura 2: Distribuição das aves nas localidades amostradas ao longo do interflúvio Purus-Madeira. A frequência de ocorrência varia de 1-5. A localidade um (1) é aquela no extremo Norte do interflúvio e a distância geográfica dos demais pontos foi medida com relação a ela, em quilômetros.

Figure 2: Bird distribution in the sampling sites along the Purus-Madeira interfluve. Occurrence frequency varies from 1-5. Site one (1) is northern most to the interfluve and geographical distance from other points were measured with relation to it, in kilometers.

Figura 3: Relações entre a dissimilaridade das assembleias (Bray-Curtis) e os modelos (mostrados no eixo x) para todas as aves, aves de sub-bosque e aves de dossel. Linhas de regressão são mostradas quando a inclinação é significativa: $p < 0.05$ e $r^2 > 0.10$.

Figure 3: Relationship between assemblages dissimilarity (Bray-Curtis) and models (shown on the x axis) for all birds, understory and canopy birds. The regression line is showed when the slope is significant: $p < 0.05$ and $r^2 > 0.10$.

Figura 1

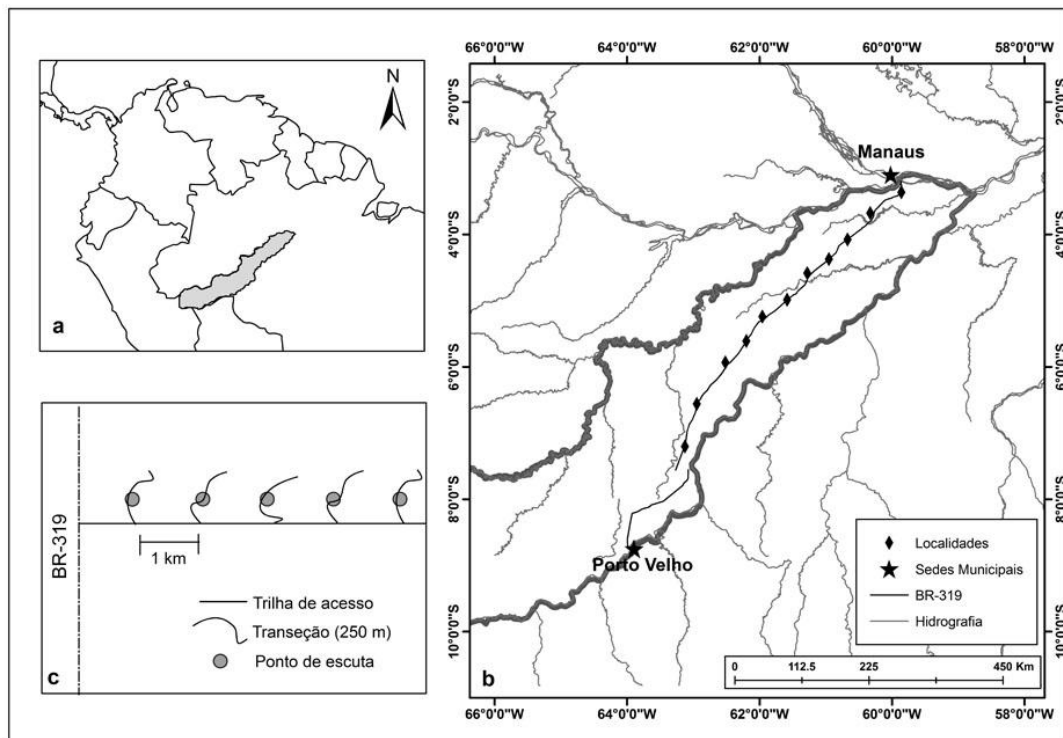
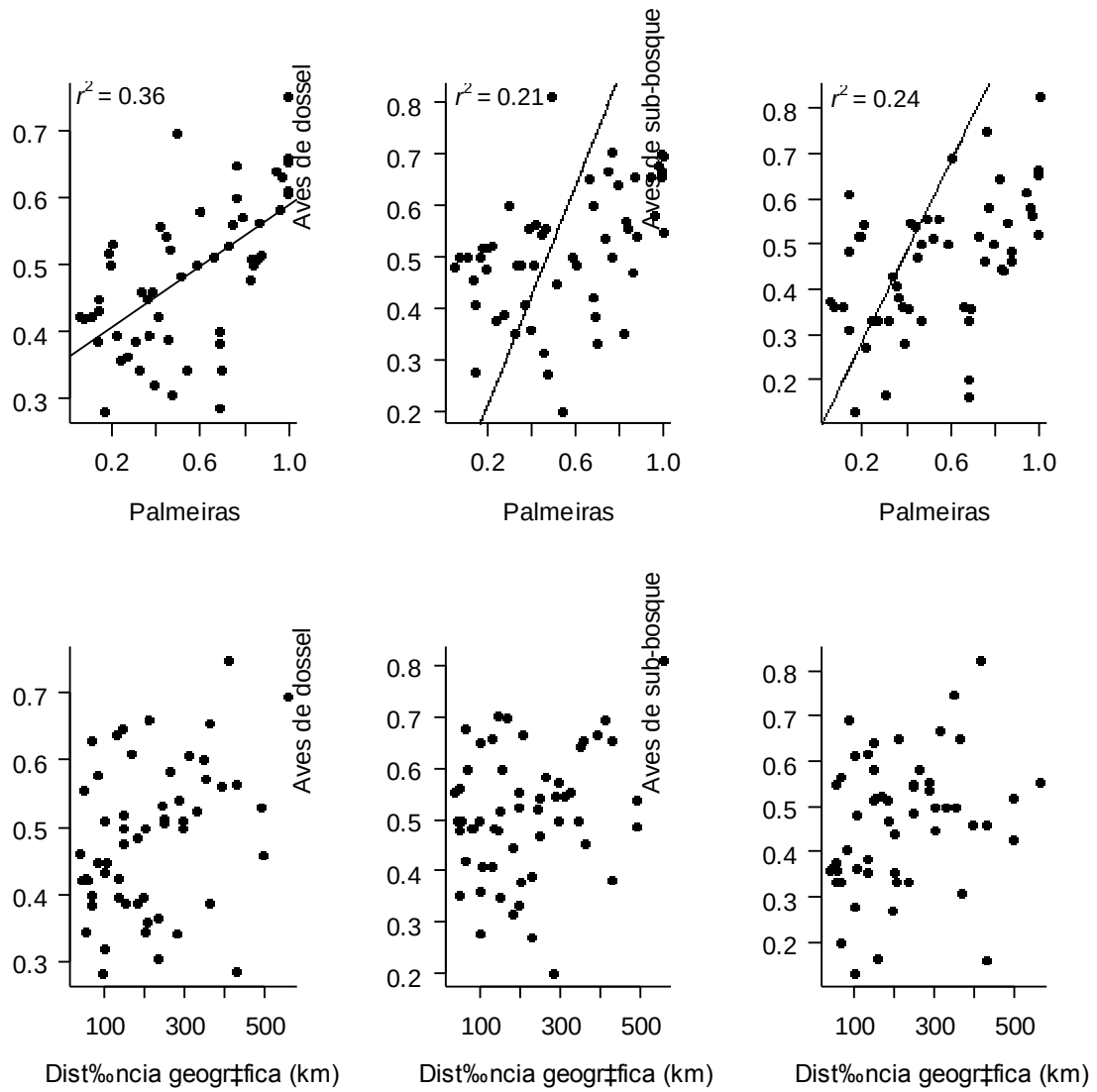


Figura 3



CONCLUSÕES

Este estudo foi o primeiro a analisar a diversidade beta de aves e avaliar ambos os efeitos ambientais e da distância geográfica sobre as mudanças na composição de espécies no interflúvio Purus-Madeira. A composição de espécies não foi uniforme ao longo da região estudada e a heterogeneidade ambiental foi mais importante na determinação da diversidade beta de aves do que a distância geográfica entre localidades.

A distância geográfica não foi um bom indicador das mudanças na composição de aves entre localidades, indicando que as espécies podem se dispersar por toda a região estudada. Estudos em escalas menores poderão ajudar a elucidar os efeitos da distância geográfica sobre a distribuição de aves.

As palmeiras representaram bem a variação ambiental da região e, futuramente, poderão ser utilizadas como importantes previsores da distribuição de aves em estudos de modelagem. A ocorrência de algumas espécies somente na porção Norte do interflúvio chama a atenção para a necessidade da complementariedade de espécies na definição de novas áreas para proteção na região.

Finalmente, outros inventários biológicos precisam ser realizados e, estudos que auxiliem a compreensão dos processos que causam e mantêm a biodiversidade ainda são essenciais para apoiar decisões relacionadas à conservação da região do interflúvio Purus-Madeira.

APÊNDICES



AULA DE QUALIFICAÇÃO

PARECER

Aluno(a): JULIANA DA SILVA MENDER
 Curso: ECOLOGIA
 Nível: MESTRADO
 Orientador(a): MARINA ANCIÃES

Título:

"Fatores determinantes da distribuição de aves no interflúvio Purus-Madeira".

BANCA JULGADORA:

TITULARES:

Eduardo Venticinque (UFAM/WCS)
 Renato Cintra (INPA)
 Albertina Lima (INPA)

SUPLENTE:

Luiza Magalli Henriques (INPA)
 José Luís Camargo (PDBFF)

EXAMINADORES	PARECER	ASSINATURA
Eduardo Venticinque (UFAM/WCS)	☒ Aprovado () Reprovado	
Renato Cintra (INPA)	☒ Aprovado () Reprovado	
Albertina Lima (INPA)	☒ Aprovado () Reprovado	
Luiza Magalli Henriques (INPA)	() Aprovado () Reprovado	
José Luís Camargo (PDBFF)	() Aprovado () Reprovado	

Manaus(AM), 18 de março de 2010

OBS.: A ALUNA RESPONDEU AS QUESTÕES SATISFATORIAMENTE
 E DEMONSTROU BOM CONHECIMENTO DO ASSUNTO DA
 SUA DISSERTAÇÃO.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA TROPICAL E RECURSOS NATURAIS – PIPG BTRN
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA PPG-ECO/INPA

Av. Efigênio Sales, 2239 – Bairro: Adrianópolis – Caixa Postal: 478 – CEP: 69.011-970, Manaus/AM.
 Fone: (+55) 92 3643-1909 Fax: (+55) 92 3643-1909
 site: <http://pg.inpa.gov.br> e-mail: pgeco@inpa.gov.br



Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA
Programa de Pós-graduação em Ecologia



Avaliação de dissertação de mestrado

Título: **Fatores determinantes da distribuição de aves no interflúvio Purus-Madeira**

Aluno: **JULIANA DA SILVA MENDER**

Orientador: **Marina Anciães**

Co-orientador: **Mario Cohn Haft**

Avaliador: Ricardo Machado

Por favor, marque a alternativa que considerar mais apropriada para cada item abaixo, e marque seu parecer final no quadro abaixo

	Muito bom	Bom	Necessita revisão	Reprovado
Relevância do estudo	(x)	()	()	()
Revisão bibliográfica	()	(x)	()	()
Desenho amostral/experimental	()	(x)	()	()
Metodologia	()	(x)	()	()
Resultados	()	x	()	()
Discussão e conclusões	()	(x)	()	()
Formatação e estilo texto	()	(x)	()	()
Potencial para publicação em periódico(s) indexado(s)	()	(x)	()	()

PARECER FINAL

☒ **Aprovada** (indica que o avaliador aprova o trabalho sem correções ou com correções mínimas)

☐ **Aprovada com correções** (indica que o avaliador aprova o trabalho com correções extensas, mas que não precisa retornar ao avaliador para reavaliação)

☐ **Necessita revisão** (indica que há necessidade de reformulação do trabalho e que o avaliador quer reavaliar a nova versão antes de emitir uma decisão final)

☐ **Reprovada** (indica que o trabalho não é adequado, nem com modificações substanciais)

 Local

 Data

 Assinatura

Comentários e sugestões podem ser enviados como uma continuação desta ficha, como arquivo separado ou como anotações no texto impresso ou digital da tese. Por favor, envie a ficha assinada, bem como a cópia anotada da tese e/ou arquivo de comentários por e-mail para pgecologia@gmail.com e claudiakeller23@gmail.com ou por correio ao endereço abaixo. O envio por e-mail é preferível ao envio por correio. Uma cópia digital de sua assinatura será válida.

Endereço para envio de correspondência:

Claudia Keller
 DCEC/CPEC/INPA
 CP 478
 69011-970 Manaus AM
 Brazil



Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA
Programa de Pós-graduação em Ecologia



Avaliação de dissertação de mestrado

Título: **Fatores determinantes da distribuição de aves no interflúvio Purus-Madeira**

Aluno: **JULIANA DA SILVA MENDER**

Orientador: **Marina Anciães**

Co-orientador: **Mario Cohn Haft**

Avaliador: **Miguel Ângelo Marini**

Por favor, marque a alternativa que considerar mais apropriada para cada item abaixo, e marque seu parecer final no quadro abaixo

	Muito bom	Bom	Necessita revisão	Reprovado
Relevância do estudo	(X)	()	()	()
Revisão bibliográfica	()	(X)	()	()
Desenho amostral/experimental	(X)	()	()	()
Metodologia	()	(X)	()	()
Resultados	(X)	()	()	()
Discussão e conclusões	()	(X)	()	()
Formatação e estilo texto	(X)	()	()	()
Potencial para publicação em periódico(s) indexado(s)	(X)	()	()	()

PARECER FINAL

☒ **Aprovada** (indica que o avaliador aprova o trabalho sem correções ou com correções mínimas)

☐ **Aprovada com correções** (indica que o avaliador aprova o trabalho com correções extensas, mas que não precisa retornar ao avaliador para reavaliação)

☐ **Necessita revisão** (indica que há necessidade de reformulação do trabalho e que o avaliador quer reavaliar a nova versão antes de emitir uma decisão final)

☐ **Reprovada** (indica que o trabalho não é adequado, nem com modificações substanciais)

Brasília, DF, 19 de abril de 2011, _____
 Local

Data

Assinatura

Comentários e sugestões podem ser enviados como uma continuação desta ficha, como arquivo separado ou como anotações no texto impresso ou digital da tese. Por favor, envie a ficha assinada, bem como a cópia anotada da tese e/ou arquivo de comentários por e-mail para pgecologia@gmail.com e claudiakeller23@gmail.com ou por correio ao endereço abaixo. O envio por e-mail é preferível ao envio por correio. Uma cópia digital de sua assinatura será válida.

Endereço para envio de correspondência:

Claudia Keller
 DCEC/CPEC/INPA
 CP 478
 69011-970 Manaus AM
 Brazil



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ECOLOGIA DO INSTITUTO NACIONAL
DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA.

Aos 31 dias do mês de maio do ano de 2011, às 9:00 horas, no auditório do Programa de Pós-Graduação em Entomologia - PPG ENTO/INPA, reuniu-se a Comissão Examinadora de Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: o(a) Prof(a). Dr(a). **Flávia R.C.Costa**, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, o(a) Prof(a). Dr(a). **José Júlio de Toledo**, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e o(a) Prof(a). Dr(a). **Pedro Ivo Simões**, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, tendo como suplentes o(a) Prof(a). Dr(a). Renato Cintra, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e o(a) Prof(a). Dr(a). Jean-Louis B. Guillaumet, do IRD-França, sob a presidência do(a) primeiro(a), a fim de proceder a arguição pública da **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO** de **JULIANA DA SILVA MENDER**, intitulada "Fatores determinantes da distribuição de aves no interflúvio Purus-Madeira", orientado(a) pelo(a) Prof(a). Dr(a). Marina Anciães, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e co-orientado(a) pelo(a) Prof(a). Dr(a). Mário Cohn-Haft, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

Após a exposição, o(a) discente foi argüido(a) oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final:

☒ APROVADO(A)

☐ REPROVADO(A)

☒ POR UNANIMIDADE

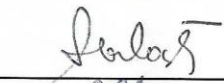
☐ POR MAIORIA

Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

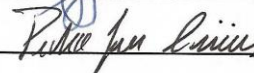
Prof(a).Dr(a). Flávia Costa

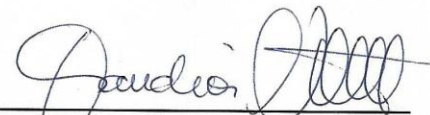
Prof(a).Dr(a). José Júlio de Toledo

Prof(a).Dr(a). Pedro Ivo Simões









Coordenação PPG-ECO/INPA