

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

**Gradientes ambientais como estruturadores da diversidade
filogenética e funcional de assembleias de pequenos
mamíferos na Bacia Amazônica**

GABRIELE CONCEIÇÃO BERNARDO

Manaus, AM

2019

GABRIELE CONCEIÇÃO BERNARDO

**Gradientes ambientais como estruturadores da diversidade
filogenética e funcional de assembleias de pequenos
mamíferos na Bacia Amazônica**

Dr. RAFAEL DO NASCIMENTO LEITE

Orientador

Dr. Fabricio Beggiato Baccaro

Coorientador

Dra. Maria Nazareth Ferreira da Silva

Coorientadora

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

Manaus, AM

2019

BANCA AVALIADORA

Helena de Godoy Bergallo (UERJ)

Cintia Cornelius (UFAM/INPA)

Marcelo Gordo (UFAM)

FICHA CATALOGRÁFICA

Bernardo, Gabriele Conceição

Gradientes ambientais como estruturadores da diversidade filogenética e funcional de assembleias de pequenos mamíferos na Bacia Amazônica / Gabriele Conceição Bernardo; Orientador Rafael do Nascimento Leite; Coorientador Fabricio Beggiato Baccaro; Coorientadora: Maria Nazareth Ferreira da Silva. – Manaus: [s.1], 2019. 69f.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ecologia) – Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2019

1. Pequenos mamíferos. 2. Assembleias. 3. Diversidade. 4. Substituição

CDD: 598

Sinopse:

Estudei a estrutura filogenética e funcional e o efeito do ambiente na dispersão funcional e diversidade filogenética beta da comunidade de pequenos mamíferos na Bacia Amazônica. As estruturas filogenética e funcional foram mais dispersas que o esperado ao acaso. A dispersão funcional respondeu à temperatura e à precipitação. A dissimilaridade das assembleias respondeu consistentemente a soma de bases do solo, temperatura e produtividade.

Palavras chaves: Marsupiais, roedores, assembleias filogenéticas, Amazônia

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) pela estrutura de ensino e pesquisa, e pela contribuição na minha formação.

Ao CNPq pela bolsa concedida sem a qual esse trabalho não seria possível.

Ao meu orientador Dr. Rafael do Nascimento Leite, pelos ensinamentos, as ideias do projeto, por me ajudar na construção deste trabalho. Obrigada por ter me acompanhado no campo piloto na Reserva Ducke, foi uma das melhores experiências desse mestrado, na qual eu aprendi muito. Obrigada!

À minha coorientadora Dra Maria Nazareth Ferreira Silva por ter me auxiliado na logística de campo, por ter me ajudado na revisão taxonômica, pelas conversas esclarecedoras e pelas ideias. Obrigada por ter compartilhado comigo seu conhecimento sobre os pequenos da Amazônia.

Ao meu coorientador Dr Fabricio Baccaro pela paciência e disponibilidade para me ensinar sempre que necessário. Obrigada por todas as conversas, ideias e palavras de conforto e encorajamento.

Aos meus colaboradores Manoela Borges, Cláudia Silva, Ivan Junqueira, Gabriela Zuquim e Hanna Tuomisto por terem cedido dados importantes utilizados neste trabalho e pelas considerações metodológicas.

À Lorena Pinto por me ceder a planilha que organizou com algumas das assembleias que utilizei nesse trabalho.

À Fernanda Werneck por ser a melhor líder de grupo de pesquisa, pelo apoio logístico, financeiro, acadêmico e emocional. O período que convivemos só me fez admirá-la cada vez mais.

Aos integrantes do grupo Werneck-Leite atuais, honorários e egressos com quem convivi esses anos: Lídia, Erik, Alan, Renata, Lucas, Wellyngton, Ivan, Maristele, Leandro, Thais, Raíssa, Ariane, Isabela, Adriana, Ramiro, Vanessa, Gustavo, Diego, Ingrid.

A todos que ajudaram na construção, revisão e tradução do manuscrito.

Aos membros da banca de defesa de dissertação Dra. Helena Bergallo, Dra Cintia Cornelli e Dr. Marcelo Gordo por aceitarem o convite.

Aos meus companheiros de rotina da Salinha Dibs: Lídia, Alan e Gabriela. Obrigada pela ajuda de sempre, por aguentarem os surtos, pelos momentos de descontração, de café e jogos da copa. Foi muito bom conviver com vocês!

Pham! Pelo companheirismo, carinho e cuidado que você tem comigo, pela paciência em me ouvir falar de rato o tempo todo, pela motivação e o abraço quentinho. Você esteve presente em tantas etapas desse mestrado e foi muito importante pra mim. Obrigada por tudo!

A Sara e Carol pela amizade, suporte, motivação, por acreditarem em mim e por serem incríveis. Não há rotina ou a distância geográfica que façam vocês serem menos importantes pra mim.

Às manas que a biologia me deu: Pham, Carol, Sara, Nery, Tavares, Sheila, Magda, Luana, Tarcila; e Lucas. Admiro demais todos vocês.

Ao laboratório de triagem principalmente Prof. Dr José Albertino e Sheila Lima por terem me acolhido e me proporcionado a experiência incrível dos últimos meses.

No começo de 2018 realizei uma expedição à Reserva Ducke. Agradeço aos meus orientadores, Fernanda, e todos que tornaram possível a realização do campo, em especial os voluntários que se disponibilizaram a me acompanhar e auxiliar: Erik, Lídia, Well, Eric, Sara, Phamela, Marlon, Alex Pyron, Leandro, Maynara e Alan.

Aos professores do PPG ECO por todos os ensinamentos, paciência e comprometimento.

À minha turma de mestrado por todos os momentos juntos, disciplinas, festas, conversas e perrengues.

Por fim, eu agradeço à minha família. Principalmente meus pais Marcos e Zelinda que sempre me incentivaram e se sacrificaram pela minha formação, eu devo tudo a vocês. Meu irmão João que sempre me incentivou, motivou, patrocinou e ajudou durante esse processo. Rafa, Manu, Mari, Carmem e Orlando; Vó Otília<3 e Vó Creuza, tias Carmem, Fátima e Tiane. Obrigada!

RESUMO

A comunidade de pequenos mamíferos não voadores é composta por marsupiais e roedores de pequeno porte e sua estrutura pode sofrer efeito de fatores ecológicos e históricos. Compilamos inventários de pequenos mamíferos na Bacia Amazônica e traços funcionais das espécies amostradas para avaliar a estrutura filogenética e funcional das assembleias. Também avaliamos se a dispersão funcional e a substituição de espécies nas assembleias respondem às variáveis ambientais. Calculamos a diversidade filogenética e funcional para acessar os padrões de estruturação das assembleias; mensuramos a dispersão funcional para avaliar o efeito do ambiente sobre os traços funcionais; e calculamos a substituição de espécies, decomposta no efeito da composição e relações filogenéticas na substituição, e relacionamos com o ambiente. A estrutura filogenética das assembleias, quando houve, foi mais dispersa que o esperado ao acaso. Houve pouca variação na diversidade funcional, sendo a maioria das assembleias mais dispersas que o esperado ao acaso. A dispersão funcional respondeu à temperatura do quartil mais quente provavelmente devido à relação da temperatura com a performance fisiológica dos animais; e à precipitação do quartil mais úmido, que está associado à disponibilidade de alimentos. A substituição das espécies respondeu às variáveis ambientais soma de bases do solo, temperatura do quartil mais quente e produtividade. O componente composicional da substituição de espécies respondeu a soma de bases do solo, precipitação e distância geográfica, enquanto o componente filogenético respondeu à soma de bases do solo e produtividade. De forma geral os resultados sugerem um peso maior das relações filogenéticas entre as espécies não compartilhadas entre as assembleias, do que entre a composição taxonômica das espécies compartilhadas para a substituição das espécies. A comunidade de pequenos mamíferos não voadores na Amazônia não acontece aleatoriamente e é uma resposta a história evolutiva e de diversificação do grupo, e ao ambiente.

Palavras-chave: Comunidade, diversidade, pequenos mamíferos não voadores, Amazônia.

ABSTRACT

Environmental gradients as drivers of the phylogenetic and functional diversity of small mammals assemblies in the Amazon Basin

The community of non-flying small mammals is composed of marsupials and small rodents and its structure may suffer from ecological and historical factors. We compiled inventories of small mammals in the Amazon Basin and functional traits of the species sampled to evaluate the phylogenetic and functional structure of the assemblies. We also evaluated whether functional dispersion and species substitution at assemblies respond to environmental variables. We calculated the phylogenetic and functional diversity to assess the structuring patterns of assemblies; we measured the functional dispersion to evaluate the effect of the environment on the functional traits; and we calculated the species substitution, decomposed into the effect of the composition and phylogenetic relationships during substitution, and related it to the environment. The phylogenetic structure of the assemblies was more dispersed than expected at random. There was little variation in functional diversity, with most assemblies more dispersed than expected by chance. The functional dispersion responded to the mean temperature of the warmest quarter probably due to the temperature relation with the physiological performance of the animals; and precipitation of the wettest quarter, which is associated with food availability. The substitution of the species responded to the environmental variables sum of soil bases, mean temperature of the warmest quarter and productivity. The compositional component of species substitution responded to the sum of soil bases, precipitation and geographic distance, while the phylogenetic component responded to the sum of soil bases and productivity. In general, the results suggest a greater weight of the phylogenetic relationships between the species not shared between the assemblies, than between the taxonomic composition of the shared species for the substitution of the species. The community of non-flying small mammals in the Amazon Basin does not happen randomly and is a response to evolutionary history and diversification of the group, and the environment.

Keywords: Community, diversity, non-flying small mammals, Amazon Basin.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS	4
MATERIAL E MÉTODOS	5
Compilação de assembleias	5
Árvore filogenética	6
Traços funcionais	6
Variáveis ambientais e distância geográfica	8
Análises	8
Estrutura filogenética	8
Estrutura funcional	9
Dispersão funcional	10
Dissimilaridade filogenética	10
Seleção de Modelos e Model Averaging	11
RESULTADOS	11
Diversidade filogenética	15
Diversidade Funcional (FD)	17
Dispersão Funcional (sesFDis)	17
Dissimilaridade filogenética	18
DISCUSSÃO	22
Estrutura filogenética e funcional	23
Substituição de espécies nas assembleias	26
CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
APÊNDICE A	47
APÊNDICE B – Árvore filogenética	52
APÊNDICE C	55
APÊNDICE D – Modelos selecionados	62

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Localização dos inventários compilados. Pontos pretos representam inventários com menos que 50% das espécies esperadas, e pontos pretos com círculos brancos ao redor representam inventários com 50% ou mais das espécies esperadas baseados na sobreposição dos mapas de distribuição da IUCN. Somente os inventários representados pelos pontos pretos com círculos brancos foram usados nas análises. Os números correspondem aos inventários analisados na Tabela 2. 12
- Figura 2. Padrão de autocorrelação espacial (índice de Moran) para os resíduos do esforço de amostragem total. Não foi detectado autocorrelação espacial em nenhuma classe de distância. 14
- Figura 3. Distribuição espacial dos gradientes ambientais selecionados: (A) Temperatura do quartil mais quente, em graus Celsius; (B) Precipitação do quartil mais úmido, em mm; (C) Mediana da produtividade em kg C/m² (D) Soma de bases do solo, em somas logaritmizadas das concentrações de cátions (Ca + Mg + K) expressados em cmol(+)/Kg. 15
- Figura 4. Média dos coeficientes dos melhores modelos sobre a dispersão funcional padronizada pelo número de espécies das assembleias (sesFDis). A linha horizontal ao redor das médias das variáveis (pontos pretos) representa o erro padrão. 17
- Figura 5. Distribuição da dispersão funcional nos gradientes de (A) temperatura do quartil mais quente e (B) precipitação do quartil mais úmido. O diâmetro da circunferência referente aos inventários indica o grau de dispersão funcional. 18
- Figura 6. Dendrogramas criados a partir das matrizes de dissimilaridade com os respectivos gradientes dos valores do primeiro eixo de variação da análise de componentes principais de (A) PCD, (B) PCDc e (C) PCDp. 19
- Figura 7. Média dos coeficientes dos melhores modelos sobre (A) a dissimilaridade das assembleias, (B) a composição de espécies e (C) a estrutura filogenética das assembleias de pequenos mamíferos na Bacia Amazônica. As linhas ao redor das médias representam o e o erro padrão. 22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Medidas de morfologia externa compiladas da literatura e sua respectiva descrição funcional	7
Tabela 2. Lista de inventários analisados com coordenadas geográficas. Números correspondem às localidades no mapa da Figura 1.	13
Tabela 3. Correlação entre as variáveis. Destaque das correlações mais altas.	15
Tabela 4. Assembleias que apresentaram diversidade filogenética significativa. Z é o valor de PD padronizado pelo tamanho amostral (número de espécies). P é a probabilidade das assembleias que tiveram PD diferente do esperado ao acaso.....	16
Tabela 5. Assembleias que apresentaram distância média do vizinho mais próximo na árvore filogenética significativa. Z é o valor de NRI padronizado pelo número de espécies. P é a probabilidade das assembleias que tiveram NRI diferente do esperado ao acaso.	16

INTRODUÇÃO

A coexistência de espécies em gradientes ambientais é o resultado de processos evolutivos e ecológicos que refletem as relações de parentesco entre os organismos e suas diferenças funcionais (Stevens *et al.* 2019, Webb *et al.* 2002). As espécies que coexistem e potencialmente interagem em um determinado habitat ou área são conhecidas como assembleias (Leibold *et al.* 2004, Fauth *et al.* 1996). Embora seja difícil quantificar as interações bióticas e abióticas de uma assembleia (Fukami 2015), a disponibilidade de mapas de gradientes ambientais (e.g., Fick & Hijmans 2017, Running *et al.* 2004, Jarvis *et al.* 2008), medidas de traços funcionais (e.g., Gonçalves *et al.* 2018, Oliveira *et al.* 2017, Baldrige *et al.* 2012, Kattge *et al.* 2011) e árvores filogenéticas (e.g., Bininda-Emonds *et al.* 2007, Pyron *et al.* 2013, Stevens 2001) permitem inferir quais fatores históricos e ecológicos afetam a coexistência das espécies no ambiente.

Filtros ambientais como concentração de nutrientes, temperatura, umidade, estrutura do habitat e disponibilidade de alimento selecionam espécies com características adequadas para sobreviver em determinados ambientes (Cadotte & Davies 2016). Essas características são chamadas de traços funcionais e podem ser morfológicas, fisiológicas ou comportamentais (Safran & Vitousek 2014). Assim, mecanismos que influenciam os padrões de diversidade de uma assembleia podem agir diretamente sobre os traços funcionais das espécies (Cavender-Bares *et al.* 2009, Kraft 2007). O conjunto de traços funcionais também está intimamente relacionado ao nicho da espécie, que consiste nas condições bióticas e abióticas necessárias para sua existência (Holt 2009). Segundo o conservatismo de nicho, há uma tendência de que espécies mais aparentadas filogeneticamente tenham nichos mais similares, e logo tenham adaptações funcionais similares (Wiens *et al.* 2010).

Dois processos principais seriam os responsáveis pela estruturação da assembleia, assumindo-se o conservatismo de nicho: filtro ambiental ou exclusão competitiva (Wiens *et al.* 2010). Assembleias constituídas por organismos próximos filogeneticamente indicam a existência de filtros

ambientais que selecionam espécies com características específicas (Webb *et al.* 2002, Losos 2008). Por outro lado, ambientes com grande amplitude de recursos tendem a possuir assembleias constituídas por espécies mais distantes filogeneticamente com características para explorar os diferentes recursos disponíveis (Cavender-Bares *et al.* 2009). Neste contexto, espécies próximas filogeneticamente, por usarem recursos de forma mais similar, se excluíam por competição (Cadotte & Davies 2016). A seleção do habitat tende a gerar assembleias filogeneticamente mais agrupadas enquanto que interações competitivas entre espécies tendem a gerar assembleias filogeneticamente dispersas (Webb *et al.* 2002).

Uma das formas mais utilizadas para acessar os padrões de estruturação das assembleias é a diversidade filogenética (PD, do inglês phylogenetic distance, Faith 1992), que examina a distância filogenética entre as espécies. Espécies mais distantes filogeneticamente possuem maior tempo de divergência entre si, logo, valores altos de PD indicariam estrutura dispersa, enquanto valores baixos indicariam estrutura agrupada. Se os padrões de diversidade filogenética refletem o conservatismo de nicho e dos traços funcionais, então é esperado que a diversidade funcional acompanhe o padrão filogenético das assembleias (Tucker *et al.* 2018). Petchey & Gaston (2002) desenvolveram uma métrica de diversidade funcional (FD, do inglês functional diversity) análoga à PD que consiste na soma dos ramos do dendrograma criado a partir das diferenças de traços funcionais das espécies. Assim como PD, FD permite inferir a estrutura da assembleia como funcionalmente dispersa ou agrupada. Laliberté & Legendre (2010) também propuseram uma métrica de diversidade funcional que mede a dispersão dos traços funcionais de uma assembleia e a estruturação das assembleias.

Outra forma de acessar os padrões de estruturação das assembleias é a através da substituição das espécies no espaço e em gradientes ambientais (Gaston 2000). Estudos clássicos descreveram padrões de substituição utilizando a composição taxonômica das assembleias (Whittaker, 1960, Cody 1975, Wilson & Shmida 1984). Recentemente, relações filogenéticas foram incorporadas para inferir a importância da história evolutiva nos padrões de substituição (Graham & Fine 2008, Peres-Neto *et al.* 2012). A distância

filogenética entre as assembleias permite inferir se processos como interações bióticas, filtros ambientais, e relações filogenéticas influenciam a substituição das espécies (Graham & Fine 2008). Algumas métricas têm sido propostas para medir a substituição filogenética (Bryant *et al.* 2008, Swenson 2011). A proposta por Ives & Helmus (2010) é particularmente interessante por distinguir a dissimilaridade das assembleias baseada tanto na composição taxonômica das espécies quanto na história evolutiva compartilhada entre elas.

A Floresta Amazônica é umas das regiões que possui maior riqueza de espécies no mundo (Orme *et al.* 2005, Mittelbach *et al.* 2007, Daru *et al.* 2019). A acumulação de espécies na Amazônia não é resultado de um único mecanismo. Diversos eventos principalmente a partir do final do Mioceno, promoveram a diversidade atual da região (Hoorn *et al.* 2010). Devido a megabiodiversidade da Amazônia é esperado que essa região possua alta diversidade filogenética e funcional, pois essas medidas estão correlacionadas com o número de espécies (Cadotte *et al.* 2010, Petchey & Gaston 2002). No entanto, apesar de ser observada alta diversidade filogenética na região amazônica, o mesmo não acontece para diversidade funcional, principalmente para o grupo dos mamíferos (Oliveira *et al.* 2016, Safi *et al.* 2011, Stevens *et al.* 2019, Daru *et al.* 2019). A coexistência de espécies de mamíferos com traços funcionais similares é maior nos trópicos porque a alta taxa de diversificação de espécies aconteceu com uma tendência à retenção das características do ancestral comum, criando muitas espécies com nicho conservado (Safi *et al.* 2011, Losos 2008). Consequentemente, é esperado que as espécies com nichos muito similares tendam a se substituir no espaço, aumentando a redundância funcional.

Roedores (Ordem Rodentia) e marsupiais (Ordem Didelphimorphia) compõem o grupo dos pequenos mamíferos não voadores. Na Amazônia, formam o segundo maior grupo de mamíferos com quase um terço de todas as espécies conhecidas, apenas atrás de morcegos (Paglia *et al.* 2012). Apesar do grande número de espécies, os pequenos mamíferos em geral apresentam pouca variação morfológica e ecológica, o que sugere redundância funcional (Rowe *et al.* 2011, Sánchez-Villagra 2013, Pough 2008). Mesmo apresentando aparente redundância funcional, as assembleias de pequenos mamíferos têm

sido relacionadas com características do ambiente como clima (Myers *et al.* 2002, Rowe *et al.* 2015), altitude (McCain 2005, Moritz *et al.* 2008), produtividade (McCain *et al.* 2018), estrutura da floresta (Loggins *et al.* 2019) e composição florística (Geier 1978), indicando que existe seleção pelo habitat.

Deste modo, nosso objetivo foi (i) investigar a contribuição de processos como filtros ambientais e competição por recursos nos padrões de diversidade de pequenos mamíferos não voadores da Bacia Amazônica. Para isso, quantificamos a diversidade filogenética e funcional das assembleias de pequenos mamíferos não voadores na Amazônia. Considerando-se a grande quantidade de espécies com traços funcionais semelhantes, esperamos que exista um padrão de estrutura filogenética dispersa para diminuir a competição, e com baixa diversidade funcional. Também (ii) analisamos se a dispersão funcional está relacionada com gradientes ambientais. Apesar da baixa diversidade funcional, parece existir seleção de habitat pelas assembleias de pequenos mamíferos, então esperamos que a dispersão funcional esteja associada a gradientes ambientais. Por fim, (iii) avaliamos se os padrões de substituição das assembleias, quanto à composição e relações filogenéticas, estão relacionados com gradientes ambientais e distância espacial. Altas taxas de diversificação geraram acumulação de espécies de pequenos mamíferos não voadores na Bacia Amazônica com baixa variação funcional. Esperamos que as espécies se substituam no espaço a fim de evitar a exclusão competitiva e que exista correlação da dissimilaridade filogenética com as variáveis ambientais devido ao conservatismo de nicho.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar se a estrutura das assembleias de pequenos mamíferos não voadores da Bacia Amazônica está relacionada com variáveis ambientais.

Objetivos específicos

1. Quantificar a estrutura filogenética e funcional das assembleias.

2. Analisar se a dispersão funcional das assembleias é correlacionada com variáveis ambientais.
3. Avaliar se a substituição composicional e filogenética de assembleias de pequenos mamíferos estão correlacionadas com variáveis ambientais e distância espacial.

MATERIAL E MÉTODOS

Compilação de assembleias

Compilamos dados de inventários de pequenos mamíferos realizados na Bacia Amazônica. Buscamos periódicos publicados utilizando a ferramenta de busca Google Scholar com as palavras-chave: “small mammals”, “inventory”, “community”, “composition”, “richness”, “Amazon Forest”, “Amazônia”. Além disso, compilamos dados de inventários depositados na Coleção de Mamíferos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, e de relatórios técnicos (EIA/RIMA) disponibilizados no site do Ministério do Meio Ambiente (disponíveis em: <http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidreletricas/>). Consideramos inventários de pequenos roedores (famílias Cricetidae e Echimyidae) e marsupiais (Didelphidae) contendo informações sobre tipos de armadilhas utilizadas (Tomahawk, Sherman, ratoeira, pitfall), esforço amostral por tipo de armadilha e esforço total. Obtivemos um total de 94 inventários (Apêndice A).

Conferimos se as identificações das espécies inventariadas correspondiam às suas respectivas distribuições conhecidas. Para isso, utilizamos mapas de distribuição (*shapefiles*) da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, sigla em inglês) e mapas disponíveis em Gardner (2007) para marsupiais e em Patton *et al.* (2015) para roedores, além de publicações complementares com extensões geográficas (Almeida 2014, Chiquito 2015, Braga & Duda 2017, Suarez-Villota *et al.* 2017, Magnus *et al.* 2017, Silva *et al.* 2013, Brandão *et al.* 2014, Pavan *et al.* 2014, Pavan *et al.* 2017, Costa 2017, Gomes Junior 2016). Excluimos identificações em nível de gênero e espécies mais de 100 Km fora da distribuição conhecida. Revisamos e atualizamos as nomenclaturas das espécies de acordo com Voss & Emmons

(1996), Gardner (2007), Pavan *et al.* (2012), Pavan *et al.* (2014), Chiquito (2015), D'Elía *et al.* (2015), Patton *et al.* (2015), Díaz-Nieto & Voss (2016), Gomes Júnior *et al.* (2016) e Pavan & Voss (2016).

O desenho amostral e esforço de coleta variou muito entre os trabalhos encontrados. Além disso, muitos trabalhos não apresentaram informações sobre abundância por espécie, o que impossibilitou a construção de curvas de rarefação por localidade. Assim, para minimizar possíveis efeitos devidos à diferença de esforço amostral entre os estudos, sobrepusemos os *shapefiles* das áreas de distribuição das espécies disponibilizados pela IUCN e extraímos a lista de espécies esperadas para cada localidade. Selecionamos apenas os trabalhos em que as assembleias locais inventariadas amostraram pelo menos 50% das espécies esperadas segundo os mapas da IUCN, a fim de remover localidades mal inventariadas e reduzir possíveis efeitos espúrios da amostragem. Dentre os 94 artigos previamente selecionados, 23 atenderam esse quesito e foram usados nas análises.

Árvore filogenética

Reconstruímos as relações filogenéticas entre as espécies de pequenos mamíferos amazônicos com base nas mais recentes hipóteses filogenéticas propostas para os roedores das famílias Echimyidae (Fabre *et al.* 2016) e Cricetidae (Parada *et al.* 2015), marsupiais da família Didelphidae (Jansa *et al.* 2013) e relações basais de Theria (Foley *et al.* 2016, dos Reis *et al.* 2012). Para incluir as espécies faltantes na filogenia da assembleia também utilizamos informações obtidas a partir de dados moleculares e/ou da taxonomia vigente, contidas em Pavan *et al.* (2016), Díaz-Nieto & Voss (2016), Voss *et al.* (2018), Leite (unpublished data), Patton (1987), Patton *et al.* 2015, Gardner (2007). Construímos a árvore filogenética da assembleia regional utilizando o programa Mesquite 3.6 (Maddison & Maddison, 2018, Apêndice B).

Traços funcionais

Traços funcionais são correlacionados direta ou indiretamente com a performance das espécies (Verde Arregoitia *et al.* 2017). Selecionamos traços funcionais relacionados ao uso do habitat e locomoção. As espécies foram classificadas quanto à dieta em frugívora, folívora, granívora, herbívora,

insetívora, onívora, piscívora, ou predadora de sementes, e quanto à locomoção em arborícola, fossorial, semiaquática, escansorial, semifossorial ou terrestre; conforme as categorias propostas por Paglia *et al.* (2012). Compilamos da literatura medidas de morfologia externa relacionadas ao uso do habitat: massa corpórea, comprimento total do corpo, comprimento da cabeça-corpo, comprimento da cauda, comprimento da orelha e comprimento da pata traseira (Tabela 1, Apêndice C). Mantivemos apenas o maior valor de cada medida observada para maximizar a chance dessa medida representar indivíduos adultos da sua espécie. Dividimos os valores de comprimento total do corpo e comprimento da cabeça-corpo pela massa corpórea para remover a discrepância na variação do tamanho entre espécies diferentes. Além disso, utilizamos as proporções do comprimento da cauda dividido pelo tamanho total do corpo, comprimento da pata traseira dividido pelo comprimento total do corpo e comprimento da orelha dividido pelo comprimento da cabeça-corpo. Essas padronizações visam avaliar mudanças na forma dos traços, em vez de variações de tamanho.

Tabela 1. Medidas de morfologia externa compiladas da literatura e sua respectiva descrição funcional

Traço	Descrição
Comprimento total do corpo	Espécies cursoriais apresentam tendência a corpos mais alongados (Luza <i>et al.</i> 2016), e é possível que a cauda confira equilíbrio para a locomoção.
Comprimento da cabeça-corpo	Espécies cursoriais apresentam tendência a corpos mais alongados (Luza <i>et al.</i> 2016).
Comprimento da cauda	Caudas mais longas conferem equilíbrio para espécies escansoriais (Alroy 2019).
Comprimento da orelha	Espécies semifossoriais têm orelhas mais curtas (Luza <i>et al.</i> 2016).
Comprimento da pata traseira	Pés longos indicam animais saltadores enquanto pés curtos cursoriais e escansoriais (Szalay 1994).

Variáveis ambientais e distância geográfica

Selecionamos variáveis ambientais preditoras potencialmente relacionadas com riqueza e composição de espécies de pequenos mamíferos não voadores (Rowe *et al.* 2015; Dambros *et al.* 2015; Royer *et al.* 2016; MacCain *et al.* 2018). Utilizamos as variáveis bioclimáticas de precipitação do quartil mais úmido (Prec) e temperatura do quartil mais quente (Temp) obtidas do WorldClim (Fick & Hijmans 2017). Obtivemos os dados de produtividade primária disponibilizados pela NASA para cada mês entre fevereiro de 2000 e novembro de 2016, e calculamos a mediana (Prod) e a variação da produtividade (VarProd, Running *et al.* 2004). Obtivemos os valores de altitude (Alt) de Jarvis *et al.* (2008). Utilizamos soma de bases do solo como um proxy para fertilidade do solo. Os valores de somas de bases do solo (Solo) foram disponibilizados por Zuquim *et al.* (2019). Utilizamos a longitude para controlar o efeito espacial das variáveis ambientais e averiguar a importância da distância geográfica para a substituição das espécies.

Análises

Avaliamos a importância do esforço amostral sobre a porcentagem de espécies observadas nas assembleias selecionadas (que amostraram > 50% das espécies esperadas). Primeiramente, utilizamos uma análise de componentes principais (PCA) com os valores de esforço amostral por armadilha e esforço total para sumarizar o conjunto de dados em eixos de ordenação. Em seguida, realizamos uma regressão linear entre o primeiro eixo da PCA do esforço amostral e a porcentagem de espécies observadas/esperadas de cada localidade amostrada. O esforço amostral dos inventários pode refletir variáveis relacionadas com deslocamento e logística da equipe de campo. Por isso, usamos o índice de Moran para testar se existe autocorrelação espacial do esforço amostral por tipo de armadilha e esforço amostral total dos inventários selecionados.

Estrutura filogenética

Testamos se existe estruturação filogenética na assembleia de pequenos mamíferos utilizando os índices de diversidade filogenética (PD, do inglês

phylogenetic distance, Faith 1992), parentesco líquido (NRI, do inglês *net relatedness index*) e táxon mais próximo (NTI, do inglês *nearest taxon index*, Webb *et al.* 2000). PD, NRI e NTI são índices para medir agrupamento ou dispersão filogenética da assembleia.

PD é uma função do número de espécies e da distância filogenética entre elas. O índice consiste na soma dos comprimentos dos ramos da árvore filogenética correspondentes às espécies da assembleia local. Os comprimentos dos ramos representam os tempos evolutivos dos taxóns, logo quanto maior for o número de espécies e mais distantes forem suas relações na árvore filogenética, maior será o PD. NRI mede o efeito padronizado da distância média par-a-par (MPD, do inglês *mean pairwise phylogenetic distance*, Webb 2000), que calcula a média do parentesco filogenético entre todos os pares da assembleia. NRI é uma medida de estrutura filogenética mais profunda na árvore filogenética. Valores positivos de NRI indicam agrupamento filogenético não aleatório, ou seja, espécies filogeneticamente próximas ocorrem mais que o esperado pelo acaso. Já valores negativos de NRI indicam maior dispersão filogenética que o esperado pelo acaso. NTI mede o efeito padronizado da distância média do vizinho mais próximo (MNTD, do inglês *mean nearest pairwise distance*, Webb 2000), que calcula a média do parentesco filogenético entre pares terminais da assembleia. NTI é uma medida de estrutura filogenética mais recente na árvore filogenética. Valores positivos de NTI indicam agrupamento de espécies próximas (congenéricas, por exemplo), e valores negativos indicam conjunto de espécies distantes filogeneticamente. Os índices foram calculados utilizando as funções *ses.pd*, *ses.mpd* e *ses.mntd* do pacote Picante (Kembel *et al.* 2010).

Estrutura funcional

Usamos a métrica de diversidade funcional (FD, do inglês *functional diversity*) proposta por Petchey & Gaston (2002) por ser um paralelo de PD (Laliberté & Shipley 2010). Construimos uma matriz composta de traços funcionais categóricos (dieta e locomoção) e contínuos (razões entre as medidas morfológicas descritas na seção sobre traços funcionais). Convertemos a matriz de traços funcionais em uma matriz de distâncias utilizando o índice de Gower (Gower 1971), que permite o uso de variáveis categóricas e contínuas.

Construímos um dendrograma de acordo com a matriz de distâncias. Por fim, calculamos FD, que consiste na soma dos ramos do dendrograma utilizando a função `ses.pd` (mesma utilizada para calcular PD).

Dispersão funcional

Estimamos a dispersão funcional (FDis) como índice de diversidade funcional. FDis mede a distância média ponderada de cada espécie para o centróide ponderado de todas as espécies no espaço funcional e é pouco sensível ao número de espécies. Essa métrica foi calculada utilizando o pacote FD (Laliberté & Shipley 2010). Apesar de FDis ter pouca influência do número de espécies, utilizamos modelos nulos para estimar o efeito do tamanho padronizado, `ses.FDis`. Utilizamos somente `ses.FDis` nas análises.

Dissimilaridade filogenética

Utilizamos a métrica de dissimilaridade filogenética (PCD, em inglês *phylogenetic community dissimilarity*) para investigar a estrutura da substituição de espécies (Ives & Helmus 2010). O PCD é uma medida de dissimilaridade que leva em consideração as relações filogenéticas entre as espécies da assembleia e é baseada em permutações que controlam o número de espécies nas comparações (Ives & Helmus 2010). Além disso, o PCD pode ser dividido em dois componentes: um componente não filogenético (PCDc) que reflete o compartilhamento de espécies da assembleia (análogo a outras métricas de similaridade taxonômica); e um componente filogenético (PCDp) que reflete as relações evolutivas entre espécies não compartilhadas. Portanto, mesmo que uma espécie não seja compartilhada entre localidades, a similaridade será maior caso existam espécies filogeneticamente relacionadas entre as diferentes assembleias. Valores de PCD, PCDc e PCDp maiores que 1 indicam que as assembleias são mais dissimilares que o esperado ao acaso, enquanto valores menores que 1 correspondem a assembleias mais similares. Estimamos PCD utilizando a função `pcd` do pacote *Picante* (Kembel *et al.* 2010).

Seleção de Modelos e Model Averaging

Examinamos os efeitos das variáveis ambientais nas métricas de dispersão funcional, ses.FDis, e dissimilaridade filogenética, PCD, PCDC e PCDP. PCD, PCDC e PCDP são matrizes de distância o que impossibilita a análise com modelos lineares generalizados. Por isso, ordenamos as matrizes PCD (PCA) e utilizamos o primeiro eixo da ordenação nas análises seguintes. Para cada uma dessas métricas de interesse (ses.FDis, PCD, PCDC e PCDP), criamos modelos lineares generalizados (GLM). Antes de ajustar os modelos, testamos a correlação entre as variáveis ambientais e mantivemos somente variáveis ambientais pouco correlacionadas ($r < 0,6$) além da longitude. Criamos modelos com combinações de duas variáveis para se adequar às 23 unidades amostrais disponíveis e evitar “overfitting”. Avaliamos o ajuste de cada modelo baseado nos valores de AIC. Posteriormente, calculamos a média e erro padrão dos coeficientes de cada variável preditora nos modelos com $\Delta AIC < 4$ (“model averaging”, Anderson *et al.* 1994). A resposta de uma variável pode ser considerada consistente quando o erro padrão não sobrepõe o zero, ou seja, quando o valor do erro padrão é menor que o valor modular da média dos coeficientes. Todas as variáveis foram padronizadas para média zero e desvio padrão 1 para padronizar as comparações do tamanho do efeito entre as variáveis predictoras. Realizamos todas as análises na plataforma R (R Core Team 2018).

RESULTADOS

Compilamos 94 inventários de pequenos mamíferos (roedores e marsupiais) amazônicos, dos quais 23 cumpriram todos os critérios e atingiram no mínimo 50% das espécies observadas/esperadas (Figura 1, Tabela 2): 14 provenientes de trabalhos publicados (1- Santos Filho *et al.* 2015, 2- Borges Matos *et al.* 2016, 9- Lima 2013, 10- Castro 2012, 11- Ardente 2012, Calaça 2018, 13- Rossi *et al.* 2017, 15- Malcolm 1991, 16- Oliveira 2016, 17- Bezerra *et al.* 2009, 19 e 20- Malcolm 2005, 22- Lambert 2005, 23- Palmeirim 2018), 1 de inventário depositado na coleção de mamíferos do INPA (inventário 3), 1 de inventário depositado coleção do Instituto de Desenvolvimento Sustentável

Mamirauá (inventário 5), 5 de relatórios técnicos de EIA/RIMA de hidrelétricas (inventários 4, 7, 8, 14 e 21), 2 de dissertação de mestrado (Leite 2006, Rocha 2011).

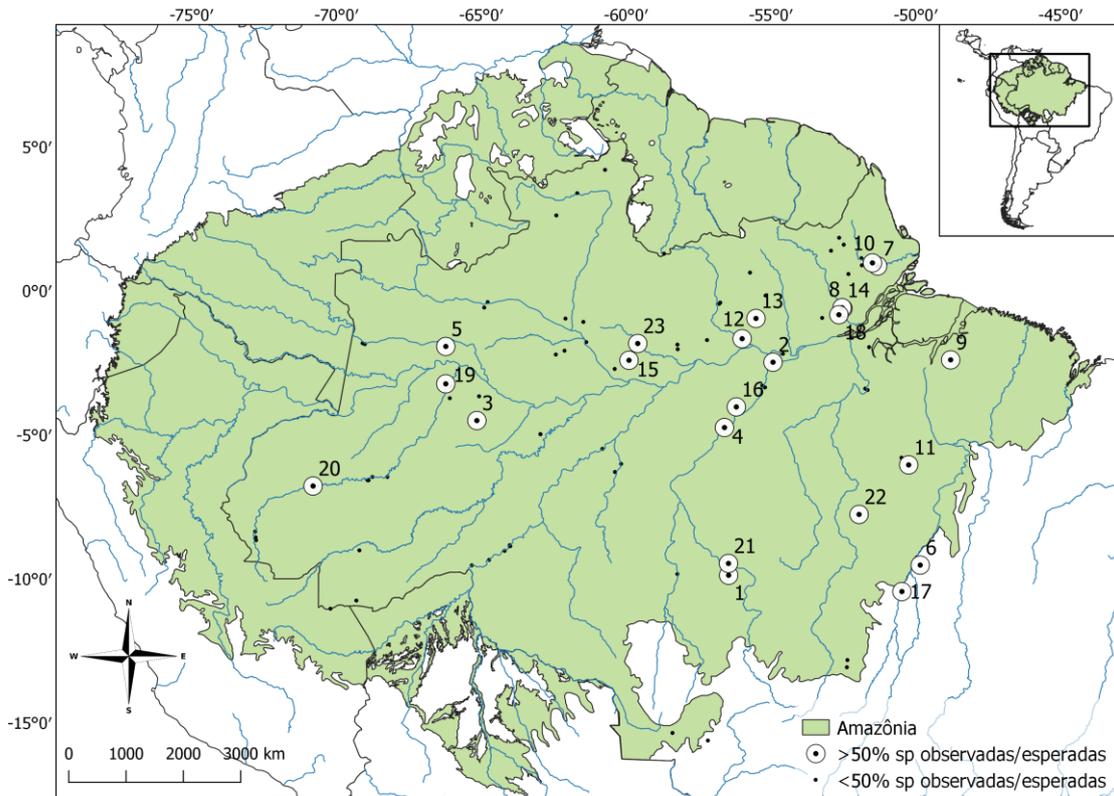


Figura 1. Localização dos inventários compilados. Pontos pretos representam inventários com menos que 50% das espécies esperadas, e pontos pretos com círculos brancos ao redor representam inventários com 50% ou mais das espécies esperadas baseados na sobreposição dos mapas de distribuição da IUCN. Somente os inventários representados pelos pontos pretos com círculos brancos foram usados nas análises. Os números correspondem aos inventários analisados na Tabela 2.

Os 23 inventários analisados amostraram um total de 95 espécies pertencentes a 35 gêneros e 3 famílias. Dentre essas, 32 espécies são de marsupiais (família Didelphidae, ordem Didelphimorphia) e 63 de roedores, 41 da família Cricetidae e 22 da família Echimyidae. O número total de espécies das assembleias locais variou de 11 a 29, a abundância variou de 53 a 2130 indivíduos por localidade, e o esforço total variou entre 1848 e 108288 armadilhas/noite.

Tabela 2. Lista de inventários analisados com coordenadas geográficas. Números correspondem às localidades no mapa da Figura 1.

	Localidade	Longitude	Latitude	Riqueza
1	Alta Floresta	-56.46	-9.88	14
2	Alter do Chão	-54.93	-2.48	15
3	Alto Rio Urucu	-65.16	-4.51	19
4	UHE Tapajós	-56.61	-4.75	25
5	Auati-Paraná	-66.23	-1.93	19
6	Rio Araguaia	-49.85	-9.53	19
7	Cachoeira Caldeirão	-51.32	0.80	15
8	Cachoeira Sto Antônio	-52.52	-0.61	17
9	Rios Moju e Acará	-48.80	-2.40	16
10	Flona Amapá	-51.5	0.96	20
11	Flona Carajás	-50.25	-6.05	29
12	Flona Sacará-Taquera	-56.00	-1.66	20
13	Flota Trombetas	-55.52	-0.96	14
14	Itacara	-52.55	-0.58	14
15	MCSE	-59.90	-2.41	21
16	Parna Amazônia	-56.2	-4.03	23
17	Parna Araguaia	-50.48	-10.45	11
18	Vale do Rio Jari	-52.65	-0.83	27
19	Foz do Rio Juruá (14)	-66.23	-3.23	16
20	Rio Juruá (6)	-70.81	-6.78	20
21	UHE Teles Pires	-56.47	-9.47	12
22	Terra Indígena Kayapó	-51.96	-7.77	22
23	UHE Balbina	-59.60	-1.83	23

Apesar de haver relação entre a PCA do esforço de amostragem e porcentagem de número de espécies que foram observadas relativo ao número de espécies esperadas ($R^2 = 0.4379$, $p < 0.05$), o índice de Moran sugere que não houve autocorrelação espacial do esforço (Figura 2). Isso indica que apesar de haver heterogeneidade do esforço amostral implementado nas localidades, este não está concentrado espacialmente.

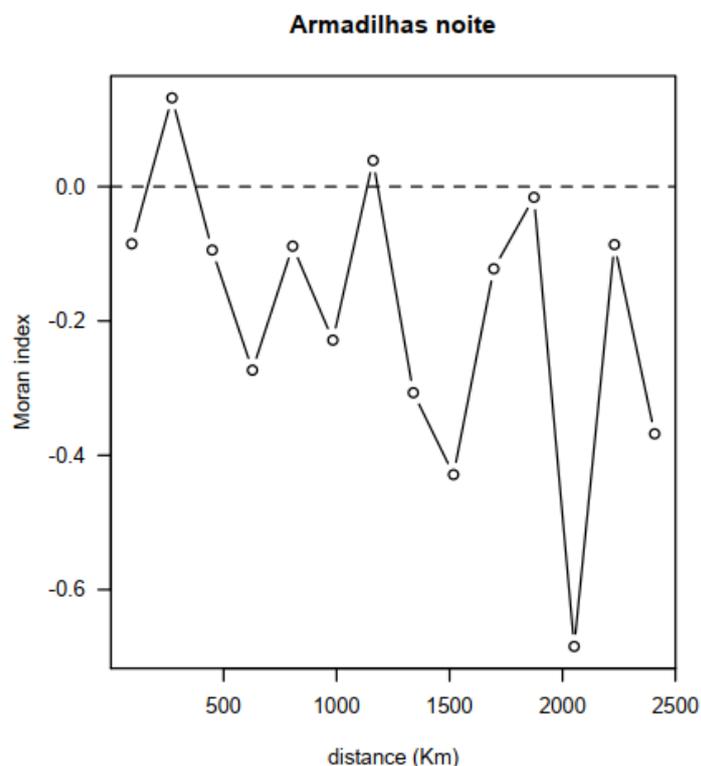


Figura 2. Padrão de autocorrelação espacial (índice de Moran) para os resíduos do esforço de amostragem total. Não foi detectado autocorrelação espacial em nenhuma classe de distância.

As variáveis temperatura do quartil mais quente (Temp), precipitação do quartil mais úmido (Prec), mediana da produtividade (Prod) e fertilidade (soma de bases) do solo foram as variáveis menos correlacionadas (Tabela 3) e, portanto, foram mantidas nos modelos (Figura 3, Apêndice D). Altitude foi altamente correlacionada com temperatura do quartil mais quente e a variação da produtividade foi correlacionada com a mediana da produtividade, por isso essas variáveis não foram usadas nos modelos.

Tabela 3. Correlação entre as variáveis. Destaque das correlações mais altas.

	Long	Prod	VarProd	Temp	Prec	Alt	Solo
Long	1						
Prod	-0.081	1					
VarProd	0.439	-0.572	1				
Temp	-0.091	-0.257	-0.326	1			
Prec	0.185	0.190	0.083	0.290	1		
Alt	0.251	0.005	0.507	-0.794	-0.232	1	
Solo	0.377	-0.164	0.371	-0.333	-0.303	0.396	1

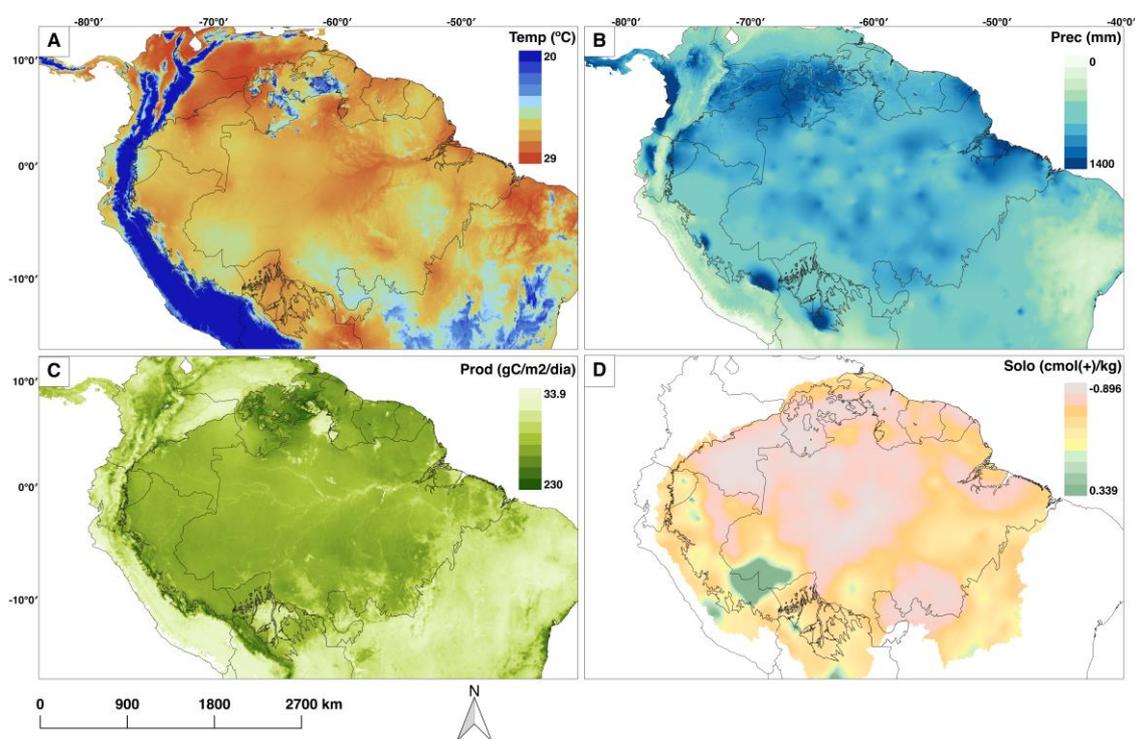


Figura 3. Distribuição espacial dos gradientes ambientais selecionados: (A) Temperatura do quartil mais quente, em graus Celsius; (B) Precipitação do quartil mais úmido, em mm; (C) Mediana da produtividade em kg C/m² (D) Soma de bases do solo, em somas logaritmizadas das concentrações de cátions (Ca + Mg + K) expressados em cmol(+)/Kg.

Diversidade filogenética

Sete assembleias apresentaram diversidade filogenética (PD) diferente do esperado ao acaso indicando estruturação filogenética (Tabela 4). Das sete assembleias, o Parna Araguaia apresentou estrutura filogenética agrupada ($z < -1$, $p < 0.05$), enquanto Alter do Chão, Área de Influência Tapajós, Flona Carajás,

Flona Saracá-Taquera, Parna Amazônia e Teles Pires, apresentaram estrutura filogenética dispersa ($z > 1$, $p > 0.95$).

Tabela 4. Assembleias que apresentaram diversidade filogenética significativa. Z é o valor de PD padronizado pelo tamanho amostral (número de espécies). P é a probabilidade das assembleias que tiveram PD diferente do esperado ao acaso.

	Localidade	Z	P
16	Parna Araguaia	1.663	0.027
2	Alter do Chão	-1.895	0.986
4	UHE Tapajós	-2.979	1.00
11	Flona Carajás	-1.937	0.974
12	Flona Saracá Taquera	-1.830	0.957
16	Parna Amazônia	-2.497	0.992
21	Teles Pires	-1.011	0.974

As assembleias de Alto Rio Urucu, Área de Influência Tapajós, Flona Saracá-Taquera, Itacara, MCSE e UHE Balbina apresentaram estrutura filogenética dispersa quanto ao NRI (Tabela 5). Todos os valores de NTI calculados foram similares ao esperado pelo acaso.

Tabela 5. Assembleias que apresentaram distância média do vizinho mais próximo na árvore filogenética significativa. Z é o valor de NRI padronizado pelo número de espécies. P é a probabilidade das assembleias que tiveram NRI diferente do esperado ao acaso.

	Localidade	Z	P
3	Alto Rio Urucu	-1.051	0.967
4	UHE Tapajós	-1.216	0.996
12	Flona Saracá-Taquera	-1.121	0.972
14	Itacara	-1.016	0.957
15	MCSE	-1.083	0.958
23	UHE Balbina	-1.133	0.969

Diversidade Funcional (FD)

As únicas assembleias que apresentaram FD diferente do esperado ao acaso foram UHE Tapajós ($z = -2.317$, $p = 0.989$) e a Flona Carajás ($z = -1.913$, $p = 0.966$). Ambas apresentaram maior diversidade funcional que o esperado.

Dispersão Funcional (sesFDis)

Dispersão funcional respondeu consistentemente à temperatura do quartil mais quente e à precipitação do quartil mais úmido (Figura 4). A direção do efeito foi positiva, indicando que a assembleia de pequenos mamíferos apresenta maior dispersão funcional em regiões com maiores valores de temperatura do quartil mais quente e precipitação do quartil mais úmido (Figura 5).

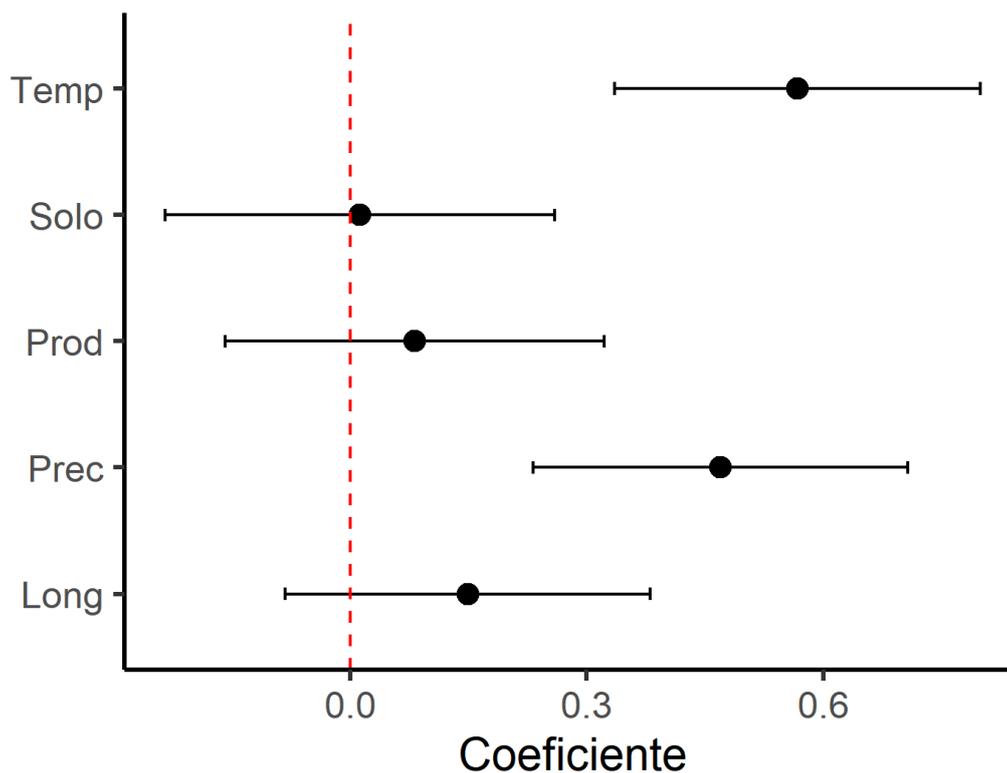


Figura 4. Média dos coeficientes dos melhores modelos sobre a dispersão funcional padronizada pelo número de espécies das assembleias (sesFDis). A linha horizontal ao redor das médias das variáveis (pontos pretos) representa o erro padrão.

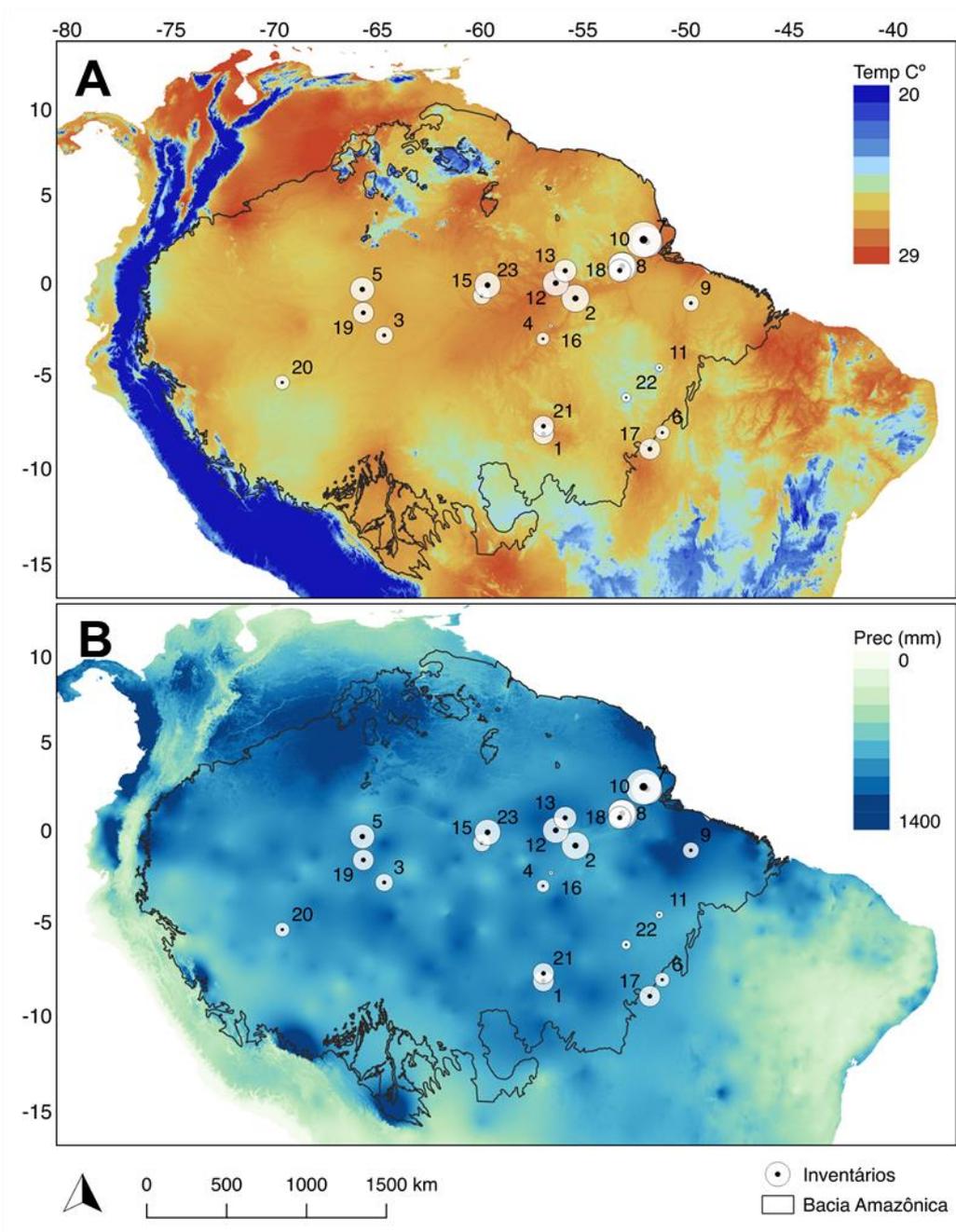


Figura 5. Distribuição da dispersão funcional nos gradientes de (A) temperatura do quartil mais quente e (B) precipitação do quartil mais úmido. O diâmetro da circunferência referente aos inventários indica o grau de dispersão funcional.

Dissimilaridade filogenética

O primeiro eixo de variação (PC1) de PCD captou 64.91% da variação da dissimilaridade, de PCDC 38.79% e de PCDp, 66.78%. O primeiro eixo de variação de PCD e componentes correspondeu à dissimilaridade observada (Figura 6). PCD e PCDp apresentaram padrão muito similar (Figura 6A e 6C),

indicando que o componente filogenético provavelmente possui um peso maior na dissimilaridade das assembleias. A variação de PCDc foi mais homogênea com aparente formação de três grupo de similaridade taxonômica com correspondência espacial (Figura 6B).

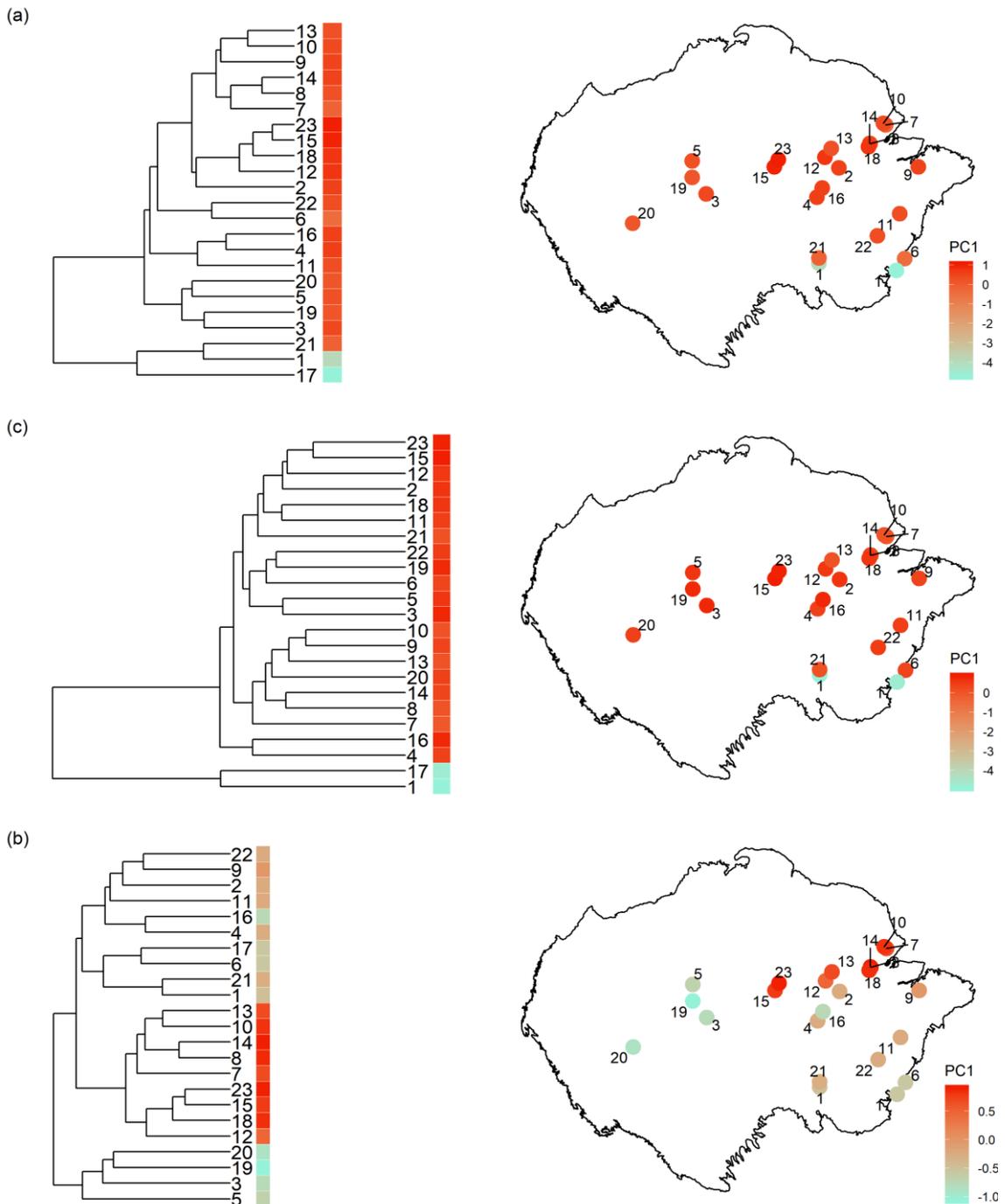


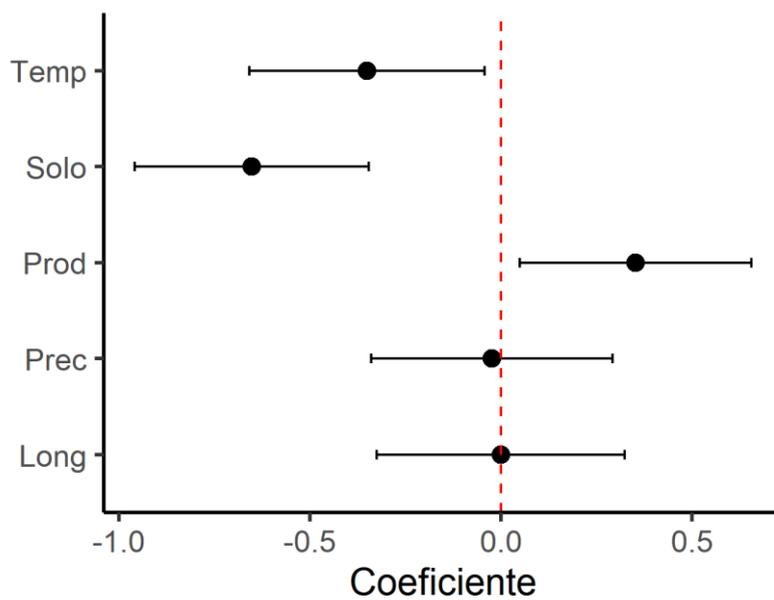
Figura 6. Dendrogramas criados a partir das matrizes de dissimilaridade com os respectivos gradientes dos valores do primeiro eixo de variação da análise de componentes principais de (a) PCD, (b) PCDc e (c) PCDp.

Solo, produtividade e temperatura do quartil mais quente foram as variáveis ambientais que tiveram efeito consistente sobre a dissimilaridade (PCD) de pequenos mamíferos amazônicos (Figura 7A). Esse resultado sugere que locais com valores similares de solo, produtividade e/ou temperatura tendem a apresentar assembleias similares de pequenos mamíferos.

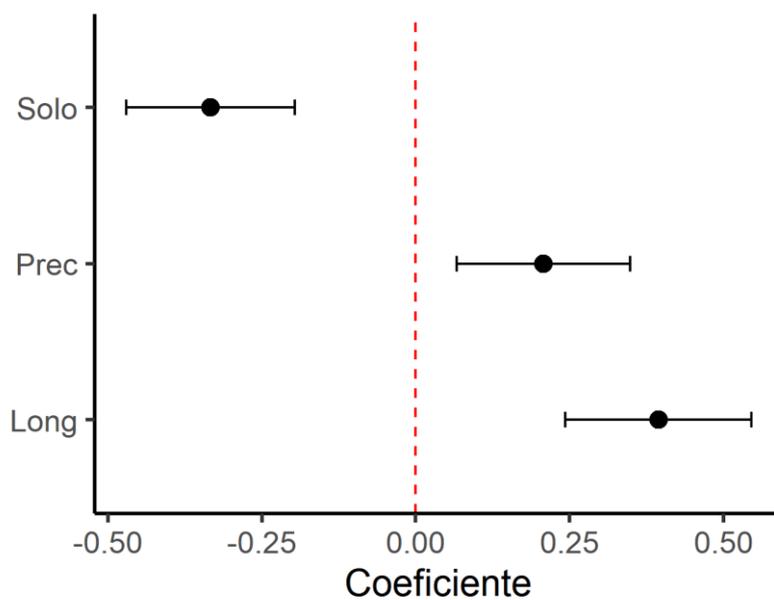
O componente de composição taxonômica (PCDc) respondeu à soma de bases do solo, precipitação do quartil mais úmido, e distância geográfica. Ou seja, locais com valores similares de somas de base do solo ou precipitação tendem a ter assembleias com composição de espécies mais similares que o esperado ao acaso; e locais mais próximos geograficamente tendem a ser similares (Figura 7B).

O componente filogenético das assembleias (PCDp) respondeu ao solo e produtividade, o que indica que locais com valores similares de solo ou produtividade tendem a apresentar assembleias similares de pequenos mamíferos (Figura 7C).

(a)



(b)



(c)

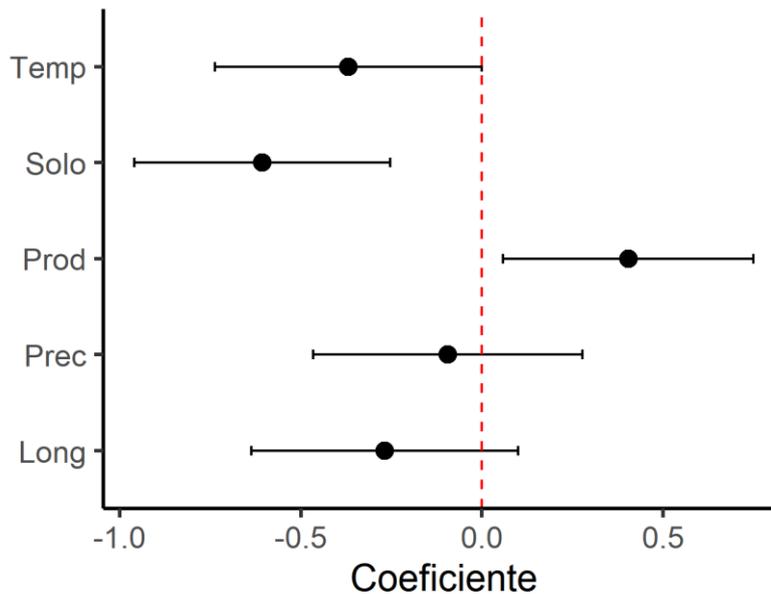


Figura 7. Média dos coeficientes dos melhores modelos sobre (a) a dissimilaridade das assembleias, (b) a composição de espécies e (c) a estrutura filogenética das assembleias de pequenos mamíferos na Bacia Amazônica. As linhas ao redor das medias representam o e o erro padrão.

DISCUSSÃO

A Bacia Amazônica é uma região bastante desafiadora para realização de estudos de ecologia de assembleias de pequenos mamíferos, pois demanda alto investimento financeiro, planejamento logístico complexo, uso de técnicas amostrais e armadilhas complementares, períodos longos de amostragem e especialistas capazes de distinguir as espécies que costumam ter características morfolologicamente conservadas (Gardner *et al.* 2007). Devido a esses fatores, boa parte dos inventários compilados (69 dentre 94) não atingiu 50% do número de espécies esperadas. Apesar das dificuldades encontradas, alguns inventários conseguiram atingir 100% ou até ultrapassaram o número esperado de espécies. Ou seja, alguns inventários apresentaram maior número de espécies para aquela localidade que o esperado pela somatória das áreas de distribuição das espécies preditas pela IUCN. Os inventários que atingiram ou ultrapassaram o número de espécies esperadas tiveram pelo menos dois anos de duração, esforço amostral entre 20482 e 41760 armadilhas/noite, e utilizaram armadilhas

dos tipos Tomahawk, Sherman e interceptação e queda- Pitfall (apenas na Terra Indígena Kayapó não foi utilizado pitfall). O sucesso de amostragem dessas expedições evidencia que a complementaridade dos métodos de captura, grande esforço amostral e longos períodos de amostragem potencializam a amostragem de um maior número de espécies de pequenos mamíferos (Voss & Emmons 1996). Torna-se necessário então um protocolo de amostragem para pequenos mamíferos da região da Bacia Amazônica que proponha desenho amostral apropriado, número mínimo de esforço de armadilhas-noite e a complementariedade de tipos de armadilha.

Estrutura filogenética e funcional

A maior parte das assembleias que apresentaram diversidade filogenética diferente do acaso (PD) foram dispersas. Esse resultado sugere que nestas assembleias as espécies de pequenos mamíferos mais filogeneticamente relacionadas coexistem menos do que o esperado ao acaso. A dispersão filogenética também foi observada para os nós mais profundos da árvore filogenética (NRI), o que indica que a estrutura filogenética de algumas das assembleias analisadas reflete eventos que ocorreram no passado (Cardillo 2011), possivelmente a divergência de grandes clados dentro e entre as famílias de pequenos mamíferos. A dispersão filogenética é um padrão já observado em assembleias de mamíferos (Cooper et al. 2008), o que implica que a história evolutiva e o padrão de diversificação do grupo são fatores importantes na estrutura filogenética das assembleias atuais (Kamilar *et al.* 2015). Davies & Buckley (2011) sugerem que, de modo geral, a grande quantidade de espécies de mamíferos e conseqüentemente altos valores de PD, favorece a detecção de dispersão filogenética.

O sistema hidrográfico que existiu na Amazônia há cerca de 14.5 Ma e o surgimento de uma vasta região de floresta inundada na Bacia Amazônica podem ter contribuído para a diversificação de pequenos mamíferos pela colonização do habitat arbóreo (Hoorn *et al.* 2010, Jansa *et al.* 2014, Parada *et al.* 2015, Galewski 2005). A subsequente drenagem dessa região expôs uma variedade de habitats para a colonização das linhagens terrestres (Jansa *et al.* 2014, Wesselingh & Salo 2006). Essa sequência de eventos pode ter

possibilitado a grande diversidade de espécies e conseqüentemente alta diversidade filogenética de pequenos mamíferos da Bacia Amazônica (Cardillo 2011). A acumulação relativamente rápida de espécies pode ter resultado em redundância filogenética e funcional. A competição por recursos pode favorecer a ocupação de ambientes geograficamente distintos por espécies congênicas, o que provavelmente causou a dispersão filogenética da assembleia de pequenos mamíferos amazônicos (Davies & Buckley 2011).

Coronado *et al.* (2015) mostraram que existe um padrão espacial e ambiental na distribuição da diversidade filogenética de árvores, sendo as regiões oeste e centro da Amazônia as que apresentaram estrutura filogeneticamente dispersa, e a região mais a leste estrutura filogeneticamente agrupada. A única assembleia que apresentou padrão agrupado (17 – Parna Araguaia), está no leste da Amazônia, na região do ecótono com o Cerrado. Carvalho *et al.* (2010) também observaram um padrão de agrupamento filogenético de mamíferos não voadores nessa região. É possível que tanto a limitação de recursos pelo agrupamento florístico (Coronado *et al.* 2015), quanto o próprio processo de diversificação que gerou o gradiente de espécies oeste-leste na Amazônia sejam os motivos para o agrupamento filogenético nessa região. Além disso, áreas de transição entre regiões homogêneas correspondem a mudanças mais drásticas de fatores ambientais como solo e clima (Kark *et al.* 2006) o que selecionaria espécies com características específicas que as permitiriam persistir nesses ambientes.

Apenas duas assembleias apresentaram maior diversidade funcional que o esperado pelo acaso, e ambas apresentaram estrutura filogenética dispersa. Espécies filogeneticamente mais distantes acumulam maiores intervalos de tempo evolutivo independente (e.g. PD), e podem acumular maior variação funcional (Webb *et al.* 2002, Tucker *et al.* 2018). De acordo com o conservatismo de nicho, quanto maior a distância filogenética entre as espécies maior a variação de traços funcionais ecologicamente relevantes (Gómez *et al.* 2010), logo, assembleias dispersas filogeneticamente podem apresentar maior dispersão funcional (Tucker *et al.* 2018). As duas assembleias que apresentaram maior diversidade funcional que o esperado pelo acaso foram também as com maior número de espécies amostradas. O maior número de espécies pode ser

um artefato do esforço amostral, conseqüentemente esse resultado deve ser interpretado com cuidado. Apesar de duas assembleias apresentarem diversidade funcional maior que o esperado, este não foi um padrão observado para a Bacia Amazônica aparenta ter diversidade funcional similar. Safi *et al.* (2011) sugere que há pouca diversidade funcional nos trópicos porque altas taxas de especiação nessa região produziram muitas espécies com nicho conservado que não apenas permaneceram no espaço ocupado por seu ancestral, mas também mantiveram similaridades funcionais. Dessa forma, o principal fator para acumulação de diversidade funcional para mamíferos é o tempo evolutivo, enquanto fatores ambientais influenciam principalmente a estruturação das assembleias (Oliveira *et al.* 2016, Zimbres *et al.* 2017, López-González *et al.* 2015, Bogoni *et al.* 2016). Grande diversidade de espécies tende a promover seleção estabilizadora em traços funcionais, pois com o aumento de espécies existe uma tendência à restrição do nicho, levando ao conservatismo de nicho (Mazancourt *et al.* 2008).

A dispersão funcional foi relacionada consistentemente apenas à temperatura do quartil mais quente e a precipitação do quartil mais úmido. A temperatura afeta a performance fisiológica de animais endotérmicos (como os mamíferos), que por sua vez define a performance de locomoção, comportamento e atividades como o consumo de alimentos (Tomasi *et al.* 2019; Bennet 1991; Abreu-Vieira *et al.* 2015). Lodhi & Semenkovich (2009) afirmam que a zona termoneutra (temperatura em que o animal despende menos energia para regular sua temperatura corporal) de pequenos mamíferos é aproximadamente 30°C. Pequenos mamíferos são mais ativos em temperatura mais elevadas provavelmente porque esse comportamento minimiza a perda de energia pela termorregulação (Virtue *et al.* 2012, Vieira *et al.* 2017). Animais em locais com temperaturas mais elevadas podem apresentar maior dispersão funcional em consequência da sua performance fisiológica. O efeito da temperatura como filtro ambiental para traços funcionais foi observado para outros grupos de animais como insetos (Albrecht *et al.* 2018, Classen *et al.* 2016, Reymond *et al.* 2013), aves (Albrecht *et al.* 2018) e peixes (Dee *et al.* 2016).

Temperatura e precipitação são preditores da estrutura da floresta na Bacia Amazônica (Quesada *et al.* 2012, Banin *et al.* 2012, Saatchi *et al.* 2009) o

que pode ser um proxy indireto para a dispersão funcional em pequenos mamíferos. À medida que a temperatura e a precipitação aumentam, a floresta tende a ficar mais fechada aumentando a estratificação e a quantidade de habitats disponíveis (Lawing *et al.* 2016). O período de chuvas na Amazônia também influencia na produção sazonal de frutos, flores, serrapilheira e abundância de invertebrados (Ferreira & Parolin 2007, Cattanio, 2004, Wolda 1978, Jahn *et al.* 2010, Silveira *et al.* 2010). Outros trabalhos observaram a associação da diversidade funcional de pequenos mamíferos com a precipitação (González-Maya *et al.* 2015, Cordero 2012). O aumento de habitats disponíveis e de alimento em locais com maior precipitação pode favorecer maior dispersão funcional.

Substituição de espécies nas assembleias

A substituição de espécies examina a combinação de processos ecológicos (filtros ambientais) e evolutivos nos padrões de diversidade (Cadotte & Davies 2016). A mudança na estrutura das assembleias pode ser uma resposta a processos ecológicos que podem restringir a expectativa de sobrevivência das espécies no ambiente (Legendre *et al.* 2010). Nossos resultados mostram que gradientes ambientais são estruturadores das assembleias de pequenos mamíferos amazônicos. A dissimilaridade de espécies nas assembleias mostrou relação com solo, produtividade e temperatura indicando que a substituição das espécies responde à gradientes ambientais.

A temperatura já foi observada como sendo preditora da diversidade de mamíferos em escala global (Davies *et al.* 2011, Safi *et al.* 2011, Bennie *et al.* 2014, Peixoto *et al.* 2017). Nossos resultados sugerem que essa relação também acontece em escala regional na Bacia Amazônica. A temperatura do quartil mais quente apresentou uma relação com a dissimilaridade das assembleias, indicando que assembleias similares ocorrem em ambientes com temperaturas similares. Temperatura está relacionada tanto com a estruturação da floresta quanto com a performance fisiológica dos animais (Quesada *et al.* 2012, Tomasi *et al.* 2019). A temperatura tem um efeito negativo sobre as taxas de produtividade na Amazônia (Quesada *et al.* 2012) apesar de com os nossos pontos não termos observado alta correlação entre essas duas variáveis. O

efeito da temperatura sobre a dissimilaridade também pode ter sido relacionado à performance fisiológica dos animais visto que temperaturas mais baixas são um fator limitante para pequenos mamíferos e possivelmente selecionam espécies mais similares com adaptações para sobreviver nessa condição.

Solo e produtividade estão diretamente relacionados com recursos tanto de disponibilidade de habitats quanto de alimento. A concentração de bases do solo é um preditor do padrão de ocorrência de plantas em grandes escalas espaciais na Amazônia (Moulatlet *et al.* 2019). Muitos autores sugerem que existe uma forte relação entre o padrão de distribuição da composição florística com padrões geológicos, entre eles a concentração de nutrientes do solo (Quesada & Lloyd 2016, Zuquim *et al.* 2012, Higgins *et al.* 2011, John *et al.* 2007). Nutrientes do solo também têm uma relação positiva com os nutrientes presentes nas folhas (Quesada & Lloyd 2016). Emmons (1984) sugere que mamíferos tendem a apresentar correspondência com habitats que possuem características edáficas específicas, podendo até desaparecer completamente em habitats com características edáficas diferentes dos quais é especializado. Já a produtividade é a taxa de formação de estruturas orgânicas em plantas incluindo troncos, folhas, raízes, ramos e estruturas reprodutivas (Roy & Saugier 2001, Malhi *et al.* 2011), que são recursos do habitat com efeito sobre a assembleia de pequenos mamíferos (Malcolm 2005). Além disso, Hawkings *et al.* (2003) afirmam que a produtividade é um proxy da energia disponível no ambiente e que esse é um preditor importante para o padrão de diversidade de mamíferos. A relação da produtividade primária com a comunidade de pequenos mamíferos também foi observada por outros trabalhos (Wang *et al.* 2004, Owen 1988, McCain *et al.* 2018) o que indica que produtividade é um fator limitante para esse grupo. August 1983 sugere que a relação da produtividade com assembleias de pequenos mamíferos acontece devido ao aumento da complexidade do habitat proporcionada pela formação de estruturas orgânicas. Concentração de nutrientes no solo e taxas de produtividade podem agir como filtros ambientais para as espécies de pequenos mamíferos onde concentrações semelhantes de nutrientes e/ou de taxas de produtividade abrigaria assembleias mais similares.

Nutrientes do solo também foram relacionados à dissimilaridade da composição de espécies nas assembleias de pequenos mamíferos não

voadores. Esse resultado pode ser um reflexo da importância das concentrações de nutrientes do solo com a composição florística. Pomara *et al.* (2012) constataram que houve relação entre a dissimilaridade das assembleias de aves em uma região na Amazônia peruana e as concentrações de cátions no solo e que essa relação foi mediada pelo efeito das concentrações de cátions sobre a composição florística. É possível que exista alguma especificidade entre a composição de pequenos mamíferos e a disponibilidade de recursos proporcionada pela composição florística (Fine *et al.* 2004). Os recursos associados à composição florística podem estar relacionados à composição de invertebrados herbívoros, quais e quantas frutas estão disponíveis, a quantidade de nutrientes nas folhas, e a quantidade e tamanho das sementes (ver Steege *et al.* 2006, Lamarre *et al.* 2012, Strauss & Irwin 2004). Outro modo com que as concentrações do solo podem estar relacionadas à composição de pequenos mamíferos seria pela relação do solo com a fisionomia da floresta (Coomes *et al.* 1996, Ardente *et al.* 2016, Lambert *et al.* 2005). A precipitação também apresentou relação com a composição das assembleias. Precipitação está relacionada com estrutura da floresta e disponibilidade sazonal de recursos alimentares (Ferreira & Parolin 2007, Wolda 1978). É possível que diferentes valores de precipitação modulem a disponibilidade desses recursos no ambiente que por sua vez selecionam a composição de espécies relacionadas a estes.

A composição das assembleias de pequenos mamíferos na Bacia Amazônica foi mais similar em locais mais próximos geograficamente. Alguns gêneros como *Monodelphis*, *Philander*, *Caluromys*, *Marmosa*, *Marmosops*, *Oecomys*, *Rhipidomys*, *Neacomys*, *Hylaeamys*, *Euryoryzomys*, *Nectomys*, *Proechimys*, *Mesomys* e *Makalata*, possuem ampla distribuição geográfica, mas suas espécies possuem áreas de distribuição restritas, provável resultado da exclusão competitiva de espécies cogenéricas. Voss *et al.* (2001) também observaram a relação entre similaridade da composição com distância geográfica para assembleias de pequenos mamíferos não voadores na região amazônica e atribuiu esse padrão à pouca habilidade de dispersão dessas espécies em relação as barreiras de dispersão (e.g. grandes rios). Já a dissimilaridade filogenética das assembleias não foi influenciada pela distância geográfica. Isso acontece provavelmente também devido à tendência de

gêneros com grande distribuição geográfica apresentarem espécies com áreas de distribuição restritas (Emmons 1984). Essa tendência das espécies de pequenos mamíferos amazônicos geraria assembleias mais similares filogeneticamente que o esperado ao acaso, pois suas espécies não compartilhadas seriam provenientes dos mesmos clados. Gradientes ambientais aparentam ser mais importantes para a estruturação filogenética das assembleias.

Solo e produtividade apresentaram efeito consistente sobre a estrutura filogenética das assembleias. Assembleias com espécies não compartilhadas similares filogeneticamente tenderam a ocorrer em locais com valores similares de nutrientes no solo e de produtividade. É possível que os ancestrais precursores das espécies que ocorrem nas assembleias atuais fossem adaptados a condições específicas de solo e produtividade e seus descendentes tenham conservado essas características. De forma em geral a decomposição do PDC em seus componentes sugere um peso maior das relações filogenéticas entre as espécies não compartilhadas entre as assembleias, do que entre a composição taxonômica das espécies compartilhadas. Isso indica que os filtros ambientais, como solo e produtividade, modulam a dissimilaridade das assembleias quando elas são distinguidas pela relação filogenética das suas espécies não compartilhadas.

CONCLUSÃO

Embora não tenha sido observado um padrão para diversidade filogenética de pequenos mamíferos na Bacia Amazônica, nossos resultados sugerem que a estrutura filogenética apresenta-se dispersa quando existente nas assembleias de pequenos mamíferos amazônicos. Inventários com esforços amostrais relativamente baixos podem ser insuficientes para detecção de estrutura filogenética em algumas assembleias devido ao número reduzido de espécies.

De forma em geral, a dissimilaridade filogenética foi o principal fator relacionado à substituição de espécies nas assembleias de pequenos mamíferos

não voadores da Bacia Amazônica. Também obtivemos evidências de que gradientes ambientais modulam a dispersão funcional e a substituição das espécies de roedores e marsupiais ao longo da Bacia Amazônica. O padrão de substituição das espécies nas assembleias de pequenos mamíferos não voadores parece estar relacionado à soma de bases do solo, temperatura e produtividade. Sugerimos que inventários na região mais à oeste da Amazônia sejam incluídos nas análises para complementar a informação sobre a diversidade filogenética, funcional e a substituição de espécies nas assembleias da Bacia Amazônica, e avaliar se o padrão observado no ecótono com o Cerrado se repete.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu-Vieira, G., C. Xiao, O. Gavrilova, and M. L. Reitman. 2015. Integration of body temperature into the analysis of energy expenditure in the mouse. *Molecular Metabolism* **4**:461-470.
- Albrecht, J., A. Classen, M. G. R. Vollstädt, A. Mayr, N. P. Mollel, D. Schellenberger Costa, H. I. Dulle, M. Fischer, A. Hemp, K. M. Howell, M. Kleyer, T. Nauss, M. K. Peters, M. Tschapka, I. Steffan-Dewenter, K. Böhning-Gaese, and M. Schleuning. 2018. Plant and animal functional diversity drive mutualistic network assembly across an elevational gradient. *Nature Communications* **9**:3177.
- Almeida, K. A. d. 2014. Filogenia, filogeografia e avaliação do código de barras de DNA em roedores do gênero *Euryoryzomys* (Sigmodontinae: Oryzomyini). Universidade de São Paulo.
- Anderson, D., K. Burnham, and G. White. 1994. AIC model selection in overdispersed capture-recapture data. *Ecology* **75**:1780-1793.
- Ardente, N. C., Á. C. Ferregueti, D. Gettinger, P. Leal, A. C. Mendes-Oliveira, F. Martins-Hatano, and H. G. Bergallo. 2016. Diversity and Impacts of Mining on the Non-Volant Small Mammal Communities of Two Vegetation Types in the Brazilian Amazon. *PLoS One* **11**:e0167266-e0167266.
- August, P. V. 1983. The Role of Habitat Complexity and Heterogeneity in Structuring Tropical Mammal Communities. *Ecology*, **64**(6), 1495–1507.
- Baldrige, E., N. Myrnhovd, and S. Ernest. 2012. Macroecological life-history trait database for birds, mammals, and reptiles. *Mammalia* **153**:5416.

- Banin, L., T. R. Feldpausch, O. L. Phillips, T. R. Baker, J. Lloyd, K. Affum-Baffoe, E. J. M. M. Arets, N. J. Berry, M. Bradford, R. J. W. Brienen, S. Davies, M. Drescher, N. Higuchi, D. W. Hilbert, A. Hladik, Y. Iida, K. A. Salim, A. R. Kassim, D. A. King, G. Lopez-Gonzalez, D. Metcalfe, R. Nilus, K. S.-H. Peh, J. M. Reitsma, B. Sonké, H. Taedoumg, S. Tan, L. White, H. Wöll, and S. L. Lewis. 2012. What controls tropical forest architecture? Testing environmental, structural and floristic drivers. *Global Ecology and Biogeography* **21**:1179-1190.
- Bennett, A. F. 1991. The evolution of activity capacity. *Journal of Experimental Biology* **160**:1-23.
- Bennie, J. J., J. P. Duffy, R. Inger, and K. J. Gaston. 2014. Biogeography of time partitioning in mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **111**:13727-13732.
- Bezerra, A. M., A. P. Carmignotto, and F. H. Rodrigues. 2009. Small non-volant mammals of an ecotone region between the Cerrado hotspot and the Amazonian rainforest, with comments on their taxonomy and distribution. *Zoological Studies* **48**:861-874.
- Bininda-Emonds, O. R., M. Cardillo, K. E. Jones, R. D. MacPhee, R. M. Beck, R. Grenyer, S. A. Price, R. A. Vos, J. L. Gittleman, and A. Purvis. 2007. The delayed rise of present-day mammals. *Nature* **446**:507.
- Bogoni, J. A., J. J. Cherem, E. L. Hettwer Giehl, L. G. Oliveira-Santos, P. V. de Castilho, V. Picinatto Filho, F. M. Fantacini, M. A. Tortato, M. R. Luiz, R. Rizzaro, and M. E. Graipel. 2016. Landscape features lead to shifts in communities of medium- to large-bodied mammals in subtropical Atlantic Forest. *Journal of Mammalogy* **97**:713-725.
- Borges-Matos, C., S. Aragón, M. N. F. da Silva, M.-J. Fortin, and W. E. Magnusson. 2016. Importance of the matrix in determining small-mammal assemblages in an Amazonian forest-savanna mosaic. *Biological Conservation* **204**:417-425.
- Braga, C., and R. Duda. 2017. New records and phylogenetic position of *Neusticomys ferreirai* (Rodentia: Cricetidae) Percequillo, Carmignoto and Silva, 2005 from the Amazon basin, northern Brazil. *Mammalia* **81**:635-639.

- Brandão O., Marcus V.; da Rocha, P. A., Dantas, S. P., Pascoal, W. 2014. New records of the elusive marsupial *Gracilinanus emiliae* (Didelphimorphia, Didelphidae) from the Brazilian Amazon Basin and a range extension for the species. *Mastozoología Neotropical*, vol. 21, núm. 2, 2014, pp. 325-330.
- Bryant, J. A., C. Lamanna, H. Morlon, A. J. Kerkhoff, B. J. Enquist, and J. L. Green. 2008. Microbes on mountainsides: contrasting elevational patterns of bacterial and plant diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **105**:11505-11511.
- Cadotte, M. W., and T. J. Davies. 2016. *Phylogenies in ecology: a guide to concepts and methods*. Princeton University Press.
- Cadotte, M. W., T. Jonathan Davies, J. Regetz, S. W. Kembel, E. Cleland, and T. H. Oakley. 2010. Phylogenetic diversity metrics for ecological communities: integrating species richness, abundance and evolutionary history. *Ecology Letters* **13**:96-105.
- Calaça, A., M. B. Faria, D. A. Silva, Á. O. Fialho, and F. R. d. Melo. 2018. Mammals of the Saracá-Taquera National Forest, northwestern Pará, Brazil. *Biota Neotropica* **18**.
- Cardillo, M. 2011. Phylogenetic structure of mammal assemblages at large geographical scales: linking phylogenetic community ecology with macroecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **366**:2545-2553.
- Carvalho, R. d., M. V. Cianciaruso, J. Trindade-Filho, M. D. Sagnori, and R. D. Loyola. 2010. Drafting a blueprint for functional and phylogenetic diversity conservation in the Brazilian Cerrado. *Natureza & Conservação* **8**:171-176.
- Castro, K. d. C. 2012. *Assembleia de pequenos mamíferos não voadores da Floresta Nacional do Amapá, Amazônia Oriental*.
- Cattanio, J. H., A. B. Anderson, J. S. Rombold, and D. C. Nepstad. 2004. Phenology, litterfall, growth, and root biomass in a tidal floodplain forest in the Amazon estuary. *Brazilian Journal of Botany* **27**:703-712.
- Cavender-Bares, J., K. H. Kozak, P. V. A. Fine, and S. W. Kembel. 2009. The merging of community ecology and phylogenetic biology. *Ecology Letters* **12**:693-715.

- Chiquito, E. d. A. 2015. Sistemática do gênero *Nectomys* Peters, 1861 (Cricetidae: Sigmodontinae). Universidade de São Paulo.
- Classen, A., I. Steffan-Dewenter, W. J. Kindeketa, and M. K. Peters. 2017. Integrating intraspecific variation in community ecology unifies theories on body size shifts along climatic gradients. *Functional Ecology* **31**:768-777.
- Cody, M. L., R. H. MacArthur, and J. M. Diamond. 1975. Ecology and evolution of communities. Harvard University Press.
- Coomes, D. A., & Grubb, P. J. 1996. Amazonian caatinga and related communities at La Esmeralda, Venezuela: forest structure, physiognomy and floristics, and control by soil factors. *Vegetatio*, *122*(2), 167-191.
- Cooper, N., J. Rodríguez, and A. Purvis. 2008. A common tendency for phylogenetic overdispersion in mammalian assemblages. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **275**:2031-2037.
- Cordero, G. A., and C. W. Epps. 2012. From Desert to Rainforest: Phenotypic Variation in Functionally Important Traits of Bushy-Tailed Woodrats (*Neotoma cinerea*) Across Two Climatic Extremes. *Journal of Mammalian Evolution* **19**:135-153.
- D'Elía, G., J. D. Hanson, M. R. Mauldin, P. Teta, and U. F. J. Pardiñas. 2015. Molecular systematics of South American marsh rats of the genus *Holochilus* (Muroidea, Cricetidae, Sigmodontinae). *Journal of Mammalogy* **96**:1081-1094.
- da Silva, C. R., A. C. M. Martins, I. J. de Castro, E. Bernard, E. M. Cardoso, D. dos Santos Lima, R. Gregorin, R. V. Rossi, A. R. Percequillo, and K. da Cruz Castro. 2013. Mammals of Amapá State, Eastern Brazilian Amazonia: a revised taxonomic list with comments on species distributions. *Mammalia* **77**:409-424.
- Dambros, C. S., N. C. Cáceres, L. Magnus, and N. J. Gotelli. 2015. Effects of neutrality, geometric constraints, climate, and habitat quality on species richness and composition of Atlantic Forest small-mammals. *Global Ecology and Biogeography* **24**:1084-1093.
- Daru, B. H., P. C. le Roux, J. Gopalraj, D. S. Park, B. G. Holt, and M. Greve. 2019. Spatial overlaps between the global protected areas network and

- terrestrial hotspots of evolutionary diversity. *Global Ecology and Biogeography* **28**:757-766.
- Davies, T. J., and L. B. Buckley. 2011. Phylogenetic diversity as a window into the evolutionary and biogeographic histories of present-day richness gradients for mammals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **366**:2414-2425.
- De Mazancourt, C., E. Johnson, and T. Barraclough. 2008. Biodiversity inhibits species' evolutionary responses to changing environments. *Ecology Letters* **11**:380-388.
- de Oliveira, T. G., F. D. Mazim, O. Q. Vieira, A. P. Barnett, G. d. N. Silva, J. B. Soares, J. P. Santos, V. F. da Silva, P. A. Araújo, and L. Tchaika. 2016. Nonvolant mammal megadiversity and conservation issues in a threatened central Amazonian hotspot in Brazil. *Tropical Conservation Science* **9**:1940082916672340.
- Dee, L. E., S. J. Miller, L. E. Peavey, D. Bradley, R. R. Gentry, R. Startz, S. D. Gaines, and S. E. Lester. 2016. Functional diversity of catch mitigates negative effects of temperature variability on fisheries yields. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **283**:20161435.
- Díaz-Nieto, J. F., and R. S. Voss. 2016. A revision of the didelphid marsupial genus *Marmosops*, Part 1. Species of the subgenus *Sciophanes*. *Bulletin of the American Museum of Natural History*:1-70.
- dos Reis, M., J. Inoue, M. Hasegawa, R. J. Asher, P. C. Donoghue, and Z. Yang. 2012. Phylogenomic datasets provide both precision and accuracy in estimating the timescale of placental mammal phylogeny. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **279**:3491-3500.
- Emmons, L. H. 1984. Geographic Variation in Densities and Diversities of Non-Flying Mammals in Amazonia. *Biotropica* **16**:210-222.
- Faith, D. P. 1992. Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biological Conservation* **61**:1-10.
- Fauth, J., J. Bernardo, M. Camara, W. Resetarits Jr, J. Van Buskirk, and S. McCollum. 1996. Simplifying the jargon of community ecology: a conceptual approach. *The American Naturalist* **147**:282-286.

- Ferreira, L. V., and P. Parolin. 2007. Tree phenology in central Amazonian floodplain forests: effects of water level fluctuation and precipitation at community and population level. *Pesquisas Botânica* **58**:139-156.
- Fick, S. E., and R. J. Hijmans. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology* **37**:4302-4315.
- Fine, P. V., I. Mesones, and P. D. Coley. 2004. Herbivores promote habitat specialization by trees in Amazonian forests. *Science* **305**:663-665.
- Foley, N. M., M. S. Springer, and E. C. Teeling. 2016. Mammal madness: is the mammal tree of life not yet resolved? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **371**:20150140.
- Fukami, T. 2015. Historical contingency in community assembly: integrating niches, species pools, and priority effects. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **46**:1-23.
- Galewski, T., J.-F. Mauffrey, Y. L. R. Leite, J. L. Patton, and E. J. P. Douzery. 2005. Ecomorphological diversification among South American spiny rats (Rodentia; Echimyidae): a phylogenetic and chronological approach. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **34**:601-615.
- Gardner, A. L. 2008. *Mammals of South America, volume 1: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats*. University of Chicago Press.
- Gaston, K. J. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature* **405**:220.
- Geier, A. R., and L. B. Best. 1980. Habitat Selection by Small Mammals of Riparian Communities: Evaluating Effects of Habitat Alterations. *The Journal of Wildlife Management* **44**:16-24.
- Gómez, J. P., G. A. Bravo, R. T. Brumfield, J. G. Tello, and C. D. Cadena. 2010. A phylogenetic approach to disentangling the role of competition and habitat filtering in community assembly of Neotropical forest birds. *Journal of Animal Ecology* **79**:1181-1192.
- Gonçalves, F., R. S. Bovendorp, G. Beca, C. Bello, R. Costa-Pereira, R. L. Muylaert, R. R. Rodarte, N. Villar, R. Souza, and M. E. Graipel. 2018. ATLANTIC MAMMAL TRAITS: a data set of morphological traits of mammals in the Atlantic Forest of South America. *Ecology* **99**:498-498.

- González-Maya, J. F., L. R. Viquez-R, A. Arias-Alzate, J. L. Belant, and G. Ceballos. 2016. Spatial patterns of species richness and functional diversity in Costa Rican terrestrial mammals: implications for conservation. *Diversity and Distributions* **22**:43-56.
- Gower, J. C. 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics*:857-871.
- Graham, C. H., and P. V. Fine. 2008. Phylogenetic beta diversity: linking ecological and evolutionary processes across space in time. *Ecology Letters* **11**:1265-1277.
- Higgins, M. A., K. Ruokolainen, H. Tuomisto, N. Llerena, G. Cardenas, O. L. Phillips, R. Vásquez, and M. Räsänen. 2011. Geological control of floristic composition in Amazonian forests. *Journal of Biogeography* **38**:2136-2149.
- Holt, R. D. 2009. Bringing the Hutchinsonian niche into the 21st century: ecological and evolutionary perspectives. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **106**:19659-19665.
- Honorio Coronado, E. N., K. G. Dexter, R. T. Pennington, J. Chave, S. L. Lewis, M. N. Alexiades, E. Alvarez, A. Alves de Oliveira, I. L. Amaral, A. Araujo-Murakami, E. J. M. M. Arets, G. A. Aymard, C. Baraloto, D. Bonal, R. Brienen, C. Cerón, F. Cornejo Valverde, A. Di Fiore, W. Farfan-Rios, T. R. Feldpausch, N. Higuchi, I. Huamantupa-Chuquimaco, S. G. Laurance, W. F. Laurance, G. López-Gonzalez, B. S. Marimon, B. H. Marimon-Junior, A. Monteagudo Mendoza, D. Neill, W. Palacios Cuenca, M. C. Peñuela Mora, N. C. A. Pitman, A. Prieto, C. A. Quesada, H. Ramirez Angulo, A. Rudas, A. R. Ruschel, N. Salinas Revilla, R. P. Salomão, A. Segalin de Andrade, M. R. Silman, W. Spironello, H. ter Steege, J. Terborgh, M. Toledo, L. Valenzuela Gamarra, I. C. G. Vieira, E. Vilanova Torre, V. Vos, and O. L. Phillips. 2015. Phylogenetic diversity of Amazonian tree communities. *Diversity and Distributions* **21**:1295-1307.
- Horn, C., F. P. Wesselingh, H. ter Steege, M. A. Bermudez, A. Mora, J. Sevink, I. Sanmartín, A. Sanchez-Meseguer, C. L. Anderson, J. P. Figueiredo, C. Jaramillo, D. Riff, F. R. Negri, H. Hooghiemstra, J. Lundberg, T. Stadler, T. Särkinen, and A. Antonelli. 2010. Amazonia Through Time: Andean

- Uplift, Climate Change, Landscape Evolution, and Biodiversity. *Science* **330**:927-931.
- Ives, A. R., and M. R. Helmus. 2010. Phylogenetic metrics of community similarity. *The American Naturalist* **176**:E128-E142.
- Jahn, A. E., D. J. Levey, A. M. Mamani, M. Saldias, A. Alcoba, M. J. Ledezma, B. Flores, J. Q. Vidoz, and F. Hilarion. 2010. Seasonal differences in rainfall, food availability, and the foraging behavior of Tropical Kingbirds in the southern Amazon Basin. *Journal of Field Ornithology* **81**:340-348.
- Jansa, S. A., F. K. Barker, and R. S. Voss. 2014. The early diversification history of didelphid marsupials: a window into South America's "splendid isolation". *Evolution* **68**:684-695.
- Jarvis, A., H. I. Reuter, A. Nelson, and E. Guevara. 2008. Hole-filled SRTM for the globe Version 4.
- John, R., J. W. Dalling, K. E. Harms, J. B. Yavitt, R. F. Stallard, M. Mirabello, S. P. Hubbell, R. Valencia, H. Navarrete, and M. Vallejo. 2007. Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104**:864-869.
- Junior, R. G. G., C. H. Schneider, T. de Lira, N. D. M. Carvalho, E. Feldberg, M. N. F. da Silva, and M. C. Gross. 2016. Intense genomic reorganization in the genus *Oecomys* (Rodentia, Sigmodontinae): comparison between DNA barcoding and mapping of repetitive elements in three species of the Brazilian Amazon. *Comparative cytogenetics* **10**:401.
- Kamilar, J. M., L. Beaudrot, and K. E. Reed. 2015. Climate and Species Richness Predict the Phylogenetic Structure of African Mammal Communities. *PLoS One* **10**:e0121808.
- Kark, S., and B. J. Van Rensburg. 2006. Ecotones: marginal or central areas of transition? *Israel Journal of Ecology and Evolution* **52**:29-53.
- Kattge, J., S. Díaz, S. Lavorel, I. C. Prentice, P. Leadley, G. Bönisch, E. Garnier, M. Westoby, P. B. Reich, I. J. Wright, J. H. C. Cornelissen, C. Violle, S. P. Harrison, P. M. Van Bodegom, M. Reichstein, B. J. Enquist, N. A. Soudzilovskaia, D. D. Ackerly, M. Anand, O. Atkin, M. Bahn, T. R. Baker, D. Baldocchi, R. Bekker, C. C. Blanco, B. Blonder, W. J. Bond, R. Bradstock, D. E. Bunker, F. Casanoves, J. Cavender-Bares, J. Q.

Chambers, F. S. Chapin, III, J. Chave, D. Coomes, W. K. Cornwell, J. M. Craine, B. H. Dobrin, L. Duarte, W. Durka, J. Elser, G. Esser, M. Estiarte, W. F. Fagan, J. Fang, F. Fernández-Méndez, A. Fidelis, B. Finegan, O. Flores, H. Ford, D. Frank, G. T. Freschet, N. M. Fyllas, R. V. Gallagher, W. A. Green, A. G. Gutierrez, T. Hickler, S. I. Higgins, J. G. Hodgson, A. Jalili, S. Jansen, C. A. Joly, A. J. Kerkhoff, D. Kirkup, K. Kitajima, M. Kleyer, S. Klotz, J. M. H. Knops, K. Kramer, I. Kühn, H. Kurokawa, D. Laughlin, T. D. Lee, M. Leishman, F. Lens, T. Lenz, S. L. Lewis, J. Lloyd, J. Llusià, F. Louault, S. Ma, M. D. Mahecha, P. Manning, T. Massad, B. E. Medlyn, J. Messier, A. T. Moles, S. C. Müller, K. Nadrowski, S. Naeem, Ü. Niinemets, S. Nöllert, A. Nüske, R. Ogaya, J. Oleksyn, V. G. Onipchenko, Y. Onoda, J. Ordoñez, G. Overbeck, W. A. Ozinga, S. Patiño, S. Paula, J. G. Pausas, J. Peñuelas, O. L. Phillips, V. Pillar, H. Poorter, L. Poorter, P. Poschlod, A. Prinzing, R. Proulx, A. Rammig, S. Reinsch, B. Reu, L. Sack, B. Salgado-Negret, J. Sardans, S. Shiodera, B. Shipley, A. Siefert, E. Sosinski, J. F. Soussana, E. Swaine, N. Swenson, K. Thompson, P. Thornton, M. Waldram, E. Weiher, M. White, S. White, S. J. Wright, B. Yguel, S. Zaehle, A. E. Zanne, and C. Wirth. 2011. TRY – a global database of plant traits. *Global Change Biology* **17**:2905-2935.

Kembel, S. W., P. D. Cowan, M. R. Helmus, W. K. Cornwell, H. Morlon, D. D. Ackerly, S. P. Blomberg, and C. O. Webb. 2010. Picante: R tools for integrating phylogenies and ecology. *Bioinformatics* **26**:1463-1464.

Laliberté, E., and P. Legendre. 2010. A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology* **91**:299-305.

Laliberté, E., P. Legendre, B. Shipley, and M. E. Laliberté. 2014. Package 'FD'. Measuring functional diversity from multiple traits, and other tools for functional ecology.

Lamarre, G. P., C. Baraloto, C. Fortunel, N. Dávila, I. Mesones, J. G. Rios, M. Ríos, E. Valderrama, M. V. Pilco, and P. V. Fine. 2012. Herbivory, growth rates, and habitat specialization in tropical tree lineages: implications for Amazonian beta-diversity. *Ecology* **93**:S195-S210.

- Lambert, T. D., J. R. Malcolm, and B. L. Zimmerman. 2005. Variation in small mammal species richness by trap height and trap type in southeastern Amazonia. *Journal of Mammalogy* **86**:982-990.
- Lawing, A. M., J. T. Eronen, J. L. Blois, C. H. Graham, and P. D. Polly. 2017. Community functional trait composition at the continental scale: the effects of non-ecological processes. *Ecography* **40**:651-663.
- Leibold, M. A., M. Holyoak, N. Mouquet, P. Amarasekare, J. M. Chase, M. F. Hoopes, R. D. Holt, J. B. Shurin, R. Law, and D. Tilman. 2004. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecology Letters* **7**:601-613.
- Leite, R. d. N. 2006. Comunidade de pequenos mamíferos em um mosaico de plantações de eucalipto, florestas primárias e secundárias na Amazônia oriental.
- Lima, R. C. S. d. 2013. Efeito da monocultura de palma de dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.) sobre a fauna de pequenos mamíferos não-voadores na Amazônia.
- Lodhi, I. J., and C. F. Semenkovich. 2009. Why we should put clothes on mice. *Cell metabolism* **9**:111-112.
- Loggins, A. A., A. Monadjem, L. M. Kruger, B. E. Reichert, and R. A. McCleery. 2019. Vegetation structure shapes small mammal communities in African savannas. *Journal of Mammalogy*.
- López-González, C., S. J. Presley, A. Lozano, R. D. Stevens, and C. L. Higgins. 2015. Ecological biogeography of Mexican bats: the relative contributions of habitat heterogeneity, beta diversity, and environmental gradients to species richness and composition patterns. *Ecography* **38**:261-272.
- Losos, J. B. 2008. Phylogenetic niche conservatism, phylogenetic signal and the relationship between phylogenetic relatedness and ecological similarity among species. *Ecology Letters* **11**:995-1003.
- Maddison, W., and D. Maddison. 2018. Mesquite: a modular system for evolutionary analysis. version 0.992, 2002.
- Magnus, L. Z., R. F. Machado, and N. Cáceres. 2017. Comparative ecogeographical variation in skull size and shape of two species of woolly opossums (genus *Caluromys*). *Zoologischer Anzeiger* **267**:139-150.

- Malcolm, J. R. 1992. The small mammals of Amazonian forest fragments: Pattern and process.
- Malcolm, J. R., J. L. Patton, and M. N. F. da Silva. 2005. Along an Amazonian White Water River. Mammalian diversification: From chromosomes to phylogeography **133**:335.
- Malhi, Y., C. Doughty, and D. Galbraith. 2011. The allocation of ecosystem net primary productivity in tropical forests. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **366**:3225-3245.
- McCain, C. M. 2005. Elevational gradients in diversity of small mammals. *Ecology* **86**:366-372.
- McCain, C. M., S. R. King, T. Szewczyk, and J. Beck. 2018. Small mammal species richness is directly linked to regional productivity, but decoupled from food resources, abundance, or habitat complexity. *Journal of Biogeography* **45**:2533-2545.
- Mittelbach, G. G., D. W. Schemske, H. V. Cornell, A. P. Allen, J. M. Brown, M. B. Bush, S. P. Harrison, A. H. Hurlbert, N. Knowlton, H. A. Lessios, C. M. McCain, A. R. McCune, L. A. McDade, M. A. McPeck, T. J. Near, T. D. Price, R. E. Ricklefs, K. Roy, D. F. Sax, D. Schluter, J. M. Sobel, and M. Turelli. 2007. Evolution and the latitudinal diversity gradient: speciation, extinction and biogeography. *Ecology Letters* **10**:315-331.
- Moritz, C., J. L. Patton, C. J. Conroy, J. L. Parra, G. C. White, and S. R. Beissinger. 2008. Impact of a century of climate change on small-mammal communities in Yosemite National Park, USA. *Science* **322**:261-264.
- Moulatlet, G. M., G. Zuquim, F. O. G. Figueiredo, S. Lehtonen, T. Emilio, K. Ruokolainen, and H. Tuomisto. 2017. Using digital soil maps to infer edaphic affinities of plant species in Amazonia: Problems and prospects. *Ecology and Evolution* **7**:8463-8477.
- Nathan J. B. Kraft, William K. Cornwell, Campbell O. Webb, and David D. Ackerly. 2007. Trait Evolution, Community Assembly, and the Phylogenetic Structure of Ecological Communities. *The American Naturalist* **170**:271-283.
- Oliveira, B. F., A. Machac, G. C. Costa, T. M. Brooks, A. D. Davidson, C. Rondinini, and C. H. Graham. 2016. Species and functional diversity

- accumulate differently in mammals. *Global Ecology and Biogeography* **25**:1119-1130.
- Oliveira, B. F., V. A. São-Pedro, G. Santos-Barrera, C. Penone, and G. C. Costa. 2017. AmphiBIO, a global database for amphibian ecological traits. *Scientific Data* **4**:170123.
- Orme, C. D. L., R. G. Davies, M. Burgess, F. Eigenbrod, N. Pickup, V. A. Olson, A. J. Webster, T.-S. Ding, P. C. Rasmussen, and R. S. Ridgely. 2005. Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. *Nature* **436**:1016.
- Owen, J. G. 1988. On productivity as a predictor of rodent and carnivore diversity. *Ecology* **69**:1161-1165.
- Paglia, A. P., G. Da Fonseca, A. B. Rylands, G. Herrmann, L. Aguiar, A. G. Chiarello, Y. L. Leite, L. P. Costa, S. Siciliano, and M. C. M. Kierulff. 2012. Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil 2ª Edição/Annotated Checklist of Brazilian Mammals. *Occasional papers in conservation biology* **6**:1-82.
- Palmeirim, A. F., M. Benchimol, J. C. Morante-Filho, M. V. Vieira, and C. A. Peres. 2018. Ecological correlates of mammal β -diversity in Amazonian land-bridge islands: from small-to large-bodied species. *Diversity and Distributions*.
- Parada, A., G. D'Elía, and R. E. Palma. 2015. The influence of ecological and geographical context in the radiation of Neotropical sigmodontine rodents. *BMC Evolutionary Biology* **15**:172.
- Patton, J. L. 1987. Species groups of spiny rats, genus *Proechimys* (Rodentia: Echimyidae). *Fieldiana: Zoology (new series)* **39**:305-345.
- Patton, J. L., U. F. Pardiñas, and G. D'Elía. 2015. *Mammals of South America, volume 2: rodents*. University of Chicago Press.
- Pavan, S. E., S. A. Jansa, and R. S. Voss. 2014. Molecular phylogeny of short-tailed opossums (Didelphidae: Monodelphis): Taxonomic implications and tests of evolutionary hypotheses. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **79**:199-214.
- Pavan, S. E., S. A. Jansa, and R. S. Voss. 2016. Spatiotemporal diversification of a low-vagility Neotropical vertebrate clade (short-tailed opossums, Didelphidae: Monodelphis). *Journal of Biogeography* **43**:1299-1309.

- Pavan, S. E., A. C. Mendes-Oliveira, and R. S. Voss. 2017. A New Species of *Monodelphis* (Didelphimorphia: Didelphidae) from the Brazilian Amazon. *American Museum Novitates* **2017**:1-20, 20.
- Pavan, S. E., R. V. Rossi, and H. Schneider. 2012. Species diversity in the *Monodelphis brevicaudata* complex (Didelphimorphia: Didelphidae) inferred from molecular and morphological data, with the description of a new species. *Zoological Journal of the Linnean Society* **165**:190-223.
- Pavan, S. E., and R. S. Voss. 2016. A revised subgeneric classification of short-tailed opossums (Didelphidae: *Monodelphis*). *American Museum Novitates* **2016**:1-45.
- Peres-Neto, P. R., M. A. Leibold, and S. Dray. 2012. Assessing the effects of spatial contingency and environmental filtering on metacommunity phylogenetics. *Ecology* **93**:S14-S30.
- Petchey, O. L., and K. J. Gaston. 2002. Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters* **5**:402-411.
- Pomara, L. Y., K. Ruokolainen, H. Tuomisto, and K. R. Young. 2012. Avian Composition Co-varies with Floristic Composition and Soil Nutrient Concentration in Amazonian Upland Forests. *Biotropica* **44**:545-553.
- Pyron, R. A., F. T. Burbrink, and J. J. Wiens. 2013. A phylogeny and revised classification of Squamata, including 4161 species of lizards and snakes. *BMC Evolutionary Biology* **13**:93.
- Quesada, C., O. Phillips, M. Schwarz, C. Czimczik, T. Baker, S. Patiño, N. Fyllas, M. Hodnett, R. Herrera, and S. Almeida. 2012. Basin-wide variations in Amazon forest structure and function are mediated by both soils and climate. *Biogeosciences* **9**:2203-2246.
- Quesada, C. A., and J. Lloyd. 2016. Soil–vegetation interactions in Amazonia. Pages 267-299. *Interactions between biosphere, atmosphere and human land use in the Amazon Basin*. Springer.
- Reymond, A., J. Purcell, D. Cherix, A. Guisan, and L. Pellissier. 2013. Functional diversity decreases with temperature in high elevation ant fauna. *Ecological Entomology* **38**:364-373.
- Rocha, R. 2011. Diversificação evolutiva no Brasil central: onde a Amazônia e o Cerrado se encontram. Ph. D. dissertation, Universidade de Aveiro.

- Rocha, R. G., E. Ferreira, B. Costa, I. Martins, Y. L. Leite, L. P. Costa, and C. Fonseca. 2011. Small mammals of the mid-Araguaia River in central Brazil, with the description of a new species of climbing rat. *Zootaxa* **2789**:1-34.
- Rossi, R. V., C. L. Miranda, and T. B. F. Semedo. 2017. Rapid assessment of nonvolant mammals in seven sites in the northern State of Pará, Brazil: a forgotten part of the Guiana Region. *Mammalia* **81**:465-487.
- Rowe, K. C., K. M. Rowe, M. W. Tingley, M. S. Koo, J. L. Patton, C. J. Conroy, J. D. Perrine, S. R. Beissinger, and C. Moritz. 2015. Spatially heterogeneous impact of climate change on small mammals of montane California. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **282**:20141857.
- Roy, J., and B. Saugier. 2001. Terrestrial Primary Productivity: Definitions and Milestones. *Terrestrial global productivity*.
- Royer, A., S. Montuire, S. Legendre, E. Discamps, M. Jeannet, and C. Lécuyer. 2016. Investigating the influence of climate changes on rodent communities at a regional-scale (MIS 1-3, Southwestern France). *PLoS One* **11**:e0145600.
- Running, S. W., R. R. Nemani, F. A. Heinsch, M. Zhao, M. Reeves, and H. Hashimoto. 2004. A continuous satellite-derived measure of global terrestrial primary production. *AIBS Bulletin* **54**:547-560.
- Saatchi, S., Y. Malhi, B. Zutta, W. Buermann, L. Anderson, A. Araujo, O. Phillips, J. Peacock, H. t. Steege, and G. L. Gonzalez. 2009. Mapping landscape scale variations of forest structure, biomass, and productivity in Amazonia. *Biogeosciences Discussions* **6**:5461.
- Safi, K., M. V. Cianciaruso, R. D. Loyola, D. Brito, K. Armour-Marshall, and J. A. F. Diniz-Filho. 2011. Understanding global patterns of mammalian functional and phylogenetic diversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **366**:2536-2544.
- Safran, R. J., and M. N. Vitousek. 2014. *Ecological and evolutionary connections between morphology, physiology, and behavior*. Oxford University Press Oxford, UK.

- Santos-Filho, M. d., P. R. D. Lázari, C. P. F. d. Sousa, and G. R. Canale. 2015. Trap efficiency evaluation for small mammals in the southern Amazon. *Acta Amazonica* **45**:187-194.
- Silveira, J. M., J. Barlow, J. Louzada, and P. Moutinho. 2010. Factors Affecting the Abundance of Leaf-Litter Arthropods in Unburned and Thrice-Burned Seasonally-Dry Amazonian Forests. *PLoS One* **5**:e12877.
- Stevens, P. F., and H. Davis. 2001. Angiosperm phylogeny website.
- Stevens, R. D., R. J. Rowe, and C. Badgley. 2019. Gradients of mammalian biodiversity through space and time. *Journal of Mammalogy* **100**:1069-1086.
- Strauss, S. Y., and R. E. Irwin. 2004. Ecological and evolutionary consequences of multispecies plant-animal interactions. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **35**:435-466.
- Suárez-Villota, E. Y., A. P. Carmignotto, M. V. Brandão, A. R. Percequillo, and M. J. d. J. Silva. 2017. Systematics of the genus *Oecomys* (Sigmodontinae: Oryzomyini): molecular phylogenetic, cytogenetic and morphological approaches reveal cryptic species. *Zoological Journal of the Linnean Society*.
- Swenson, N. G. 2011. Phylogenetic beta diversity metrics, trait evolution and inferring the functional beta diversity of communities. *PLoS One* **6**:e21264.
- Ter Steege, H., N. C. Pitman, O. L. Phillips, J. Chave, D. Sabatier, A. Duque, J.-F. Molino, M.-F. Prévost, R. Spichiger, and H. Castellanos. 2006. Continental-scale patterns of canopy tree composition and function across Amazonia. *Nature* **443**:444.
- Tomasi, T. E., B. N. Anderson, and T. Garland, Jr. 2019. Ecophysiology of mammals. *Journal of Mammalogy* **100**:894-909.
- Tucker, C. M., T. J. Davies, M. W. Cadotte, and W. D. Pearse. 2018. On the relationship between phylogenetic diversity and trait diversity. *Ecology* **99**:1473-1479.
- Tucker, C. M., T. J. Davies, M. W. Cadotte, and W. D. Pearse. 2018. On the relationship between phylogenetic diversity and trait diversity. *Ecology* **99**:1473-1479.

- Verde Arregoitia Luis, D., O. Fisher Diana, and M. Schweizer. Morphology captures diet and locomotor types in rodents. *Royal Society Open Science* **4**:160957.
- Vieira, E. M., N. F. De Camargo, P. F. Colas, J. F. Ribeiro, and A. P. Cruz-Neto. 2017. Geographic variation in daily temporal activity patterns of a neotropical marsupial (*Gracilinanus agilis*). *PLoS One* **12**:e0168495.
- Virtue, S., P. Even, and A. Vidal-Puig. 2012. Below Thermoneutrality, Changes in Activity Do Not Drive Changes in Total Daily Energy Expenditure between Groups of Mice. *Cell metabolism* **16**:665-671.
- Voss, R. S., J. F. Díaz-Nieto, and S. A. Jansa. 2018. A revision of Philander (Marsupialia: Didelphidae), part 1: *P. quica*, *P. canus*, and a new species from Amazonia. *American Museum Novitates* **2018**:1-71.
- Voss, R. S., and L. Emmons. 1996. Mammalian diversity in Neotropical lowland rainforests: a preliminary assessment. *Bulletin of the AMNH*; no. 230.
- Voss, R. S., D. P. Lunde, and N. B. Simmons. 2001. The mammals of Paracou, French Guiana: a Neotropical lowland rainforest fauna part 2. Nonvolant species. *Bulletin of the American Museum of Natural History* **2001**:3-236.
- Wang, J., S. Liu, J. Ran, C. Wang, L. Shen, P. Jiang, and C. Guo. 2004. Effects of annual net primary productivity of forest ecosystem and habitat complexity on species diversity of small mammals. *Acta theriologica sinica* **24**:298-303.
- Webb, C. O. 2000. Exploring the phylogenetic structure of ecological communities: an example for rain forest trees. *The American Naturalist* **156**:145-155.
- Webb, C. O., D. D. Ackerly, M. A. McPeck, and M. J. Donoghue. 2002. Phylogenies and community ecology. *Annual review of ecology and systematics* **33**:475-505.
- Wesselingh, F., and J. Salo. 2006. A Miocene perspective on the evolution of the Amazonian biota. *Scripta Geologica* **133**:439-458.
- Whittaker, R. H. 1960. Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. *Ecological monographs* **30**:279-338.
- Wiens, J. J., D. D. Ackerly, A. P. Allen, B. L. Anacker, L. B. Buckley, H. V. Cornell, E. I. Damschen, T. J. Davies, J. A. Grytnes, and S. P. Harrison. 2010.

- Niche conservatism as an emerging principle in ecology and conservation biology. *Ecology Letters* **13**:1310-1324.
- Wilson, M. V., and A. Shmida. 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *The Journal of Ecology*:1055-1064.
- Wolda, H. 1978. Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. *The Journal of Animal Ecology*:369-381.
- Zimbres, B., C. A. Peres, and R. B. Machado. 2017. Terrestrial mammal responses to habitat structure and quality of remnant riparian forests in an Amazonian cattle-ranching landscape. *Biological Conservation* **206**:283-292.
- Zuquim, G., F. Costa, H. Tuomisto, G. Moulatlet, and F. Figueiredo. 2019. The importance of soils in predicting the future of plant habitat suitability in a tropical forest. *Plant and Soil*:1-20.
- Zuquim, G., H. Tuomisto, F. R. Costa, J. Prado, W. E. Magnusson, T. Pimentel, R. Braga-Neto, and F. O. Figueiredo. 2012. Broad scale distribution of ferns and lycophytes along environmental gradients in Central and Northern Amazonia, Brazil. *Biotropica* **44**:752-762.

APÊNDICE A – Lista das assembleias compiladas neste estudo. Linhas destacadas são as assembleias melhores amostradas com mais de 50% de espécies esperadas que entraram nas análises. NI= Número de indivíduos, NE= Número de espécies, NER = número de espécies após revisão taxonômica, NEE = número de espécies esperadas, O/E= porcentagem de espécies esperadas que foram observadas.

Referência	Localidade	Lon	Lat	NI	NE	NER	NEE	O/E (%)
Coleção INPA	Abunã	-65.33	-9.53	77	15	11	28	39.28
Santos-Filho 2015	Alta Floresta	-56.46	-9.88	873	21	14	17	82.35
Borges-Matos et al 2016	Alter do Chão	-54.93	-2.48	178	16	15	27	55.55
Coleção INPA	Alto Rio Urucu	-65.16	-4.51	158	20	19	32	59.37
UHE Tapajós	Area de Influência Tapajós	-56.61	-4.75	340	31	25	24	104.16
Coleção Mamirauá	Auati-Paraná	-66.23	-1.93	112	19	19	27	70.37
Rocha 2011	Bacia Rio Araguaia	-49.85	-9.53	560	22	19	19	100
Coleção Mamirauá	Baixo Juruá	-66.09	-3.73	96	15	14	31	45.16
PROBIO	Boca do Juma e Trilha Pau Rosa	-60.17	-6.01	35	11	7	20	35
UHE Belo Monte	Bom Jardim	-51.75	-3.40		15	11	27	40.74
UHE Cachoeira Caldeirao	Cachoeira Caldeirão	-51.32	0.86	126	16	15	29	51.72
UHE Jari	Cachoeira Santo Antônio	-52.52	-0.61	119	20	17	24	70.83
PROBIO	Cachoeirinha e Lago Xadá	-60.82	-5.49	36	11	5	21	23.80
UHE Belo Monte	Caracol	-51.66	-3.45		11	7	25	28
Coleção INPA	Comunidade Boa Esperança	-60.40	-2.71	28	8	6	30	20

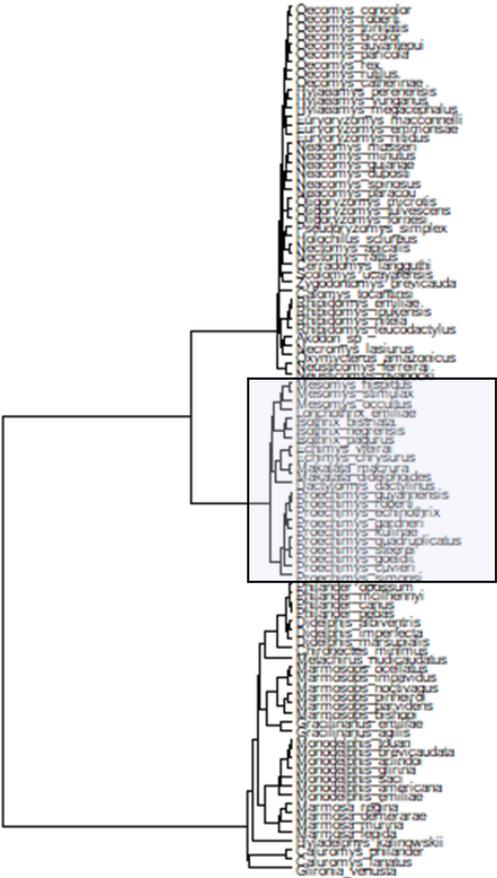
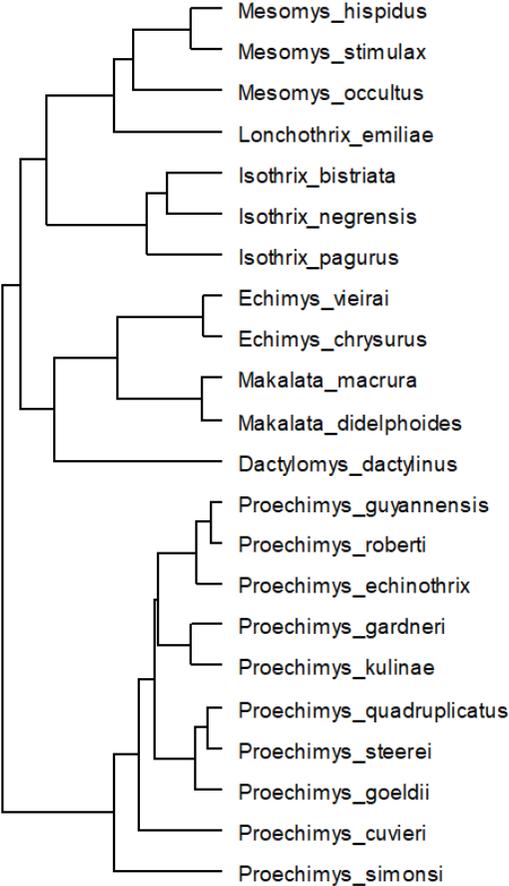
Coleção INPA	Comunidade Tambor	-62.43	-2.21	84	17	11	26	42.30
Lima 2013	Entre Rios Mojú e Acará	-48.80	-2.40	197	21	16	27	59.25
Rossi et al 2017	ESEC Grão-Pará Centro	-55.72	0.63	14	8	8	26	30.76
Rossi et al 2017	ESEC Grão-Pará Norte	-58.69	1.28	34	10	10	26	38.46
Rossi et al 2017	ESEC Grão-Pará Sul	-55.18	-0.16	12	7	6	25	24
Abreu-Junior et al 2016	ESEC Rio Acre	-70.21	-11.04	21	8	8	39	20.51
Semedo et al 2011	Fazenda São Nicolau Peugeot	-58.23	-9.84	22	10	8	17	47.05
Santos 2008	Fazenda Tanguro Área1	-52.38	-13.07	25	6	5	19	26.31
Santos 2008	Fazenda Tanguro Área2	-52.36	-12.82	365	9	9	19	47.36
Castro 2012	FLONA Amapá	-51.50	0.96	167	21	20	30	66.66
Ardente 2012	FLONA Carajás	-50.25	-6.05	1192	29	29	17	170.58
Ribeiro-Júnior 2011	FLONA Caxiuanã	-51.61	-1.96	187	13	11	26	42.30
Calaça 2018	FLONA Saracá-Taquera	-56.00	-1.66		20	20	26	76.92
Coleção INPA	FLONA Tapirapé	-50.50	-5.80	188	15	5	20	25
Rossi et al 2017	FLOTA Faro	-57.21	-1.71	32	11	10	27	37.03
Rossi et al 2017	FLOTA Paru	-53.23	-0.94	19	10	8	22	36.36
Rossi et al 2017	FLOTA Trombetas	-55.52	-0.96	77	15	14	26	53.84
Abreu-Junior et al 2017	Baixo Rio Jufari	-62.10	-0.96	190	11	10	22	45.45
com pessoal Claudia Silva	Igarapé Santo Antonio	-51.88	1.13	17	10	9	31	29.03
Linardi 1991; Barnett 1994	Ilha de Maracá	-61.69	3.38	129	14	12	27	44.44
UHE Jari	Itacara	-52.55	-0.58	53	15	14	24	58.33

Santos-Filho 2012	Jaúru e cabacal	-58.40	-15.36	844	26	20	26	76.92
Coleção INPA	Jirau	-64.73	-9.35	40	9	2	26	07.69
PROBIO	Lago Açaí Igarapé Arauzinho	-60.39	-6.29	50	12	7	21	33.33
Coleção INPA	Lago meduini	-61.38	-1.78	43	10	4	23	17.39
Coleção INPA	Macaco Jaú	-62.13	-2.08	70	15	11	27	40.74
Coleção INPA	Margem Direita e Esquerda Rio Jaú	-61.48	-1.08	50	10	8	26	30.76
Malcolm 1991	MCSE	-59.90	-2.41	2130	21	21	29	72.41
Cordeiro 1999	Médio e Alto Rio Surumu	-60.73	4.20	95	6	5	30	16.66
Coleção INPA	Morrinhos Margem Direita	-64.20	-9.03	15	3	2	24	08.33
Coleção INPA	Morrinhos Margem Esquerda	-69.21	-9.01	19	8	6	35	17.14
Oliveira 2016	PARNA Amazônia	-56.20	-4.03		35	23	27	85.18
Bezerra et al 2009	PARNA Araguaia	-50.48	-10.45	185	13	11	19	57.89
Coleção INPA	Pedra Branca do Amaparí	-51.86	0.88	60	11	8	31	25.80
Leite 2006	Região do vale do Rio Jari	-52.65	-0.83	213	32	27	24	112.5
Coleção INPA	RESEX baixo Juruá	-65.08	-3.66	23	16	12	29	41.37
Abreu-Junior et al 2016	RESEX chico mendes	-69.32	-10.76	35	16	14	35	40
Silva 2008	Rio Amapari	-52.49	1.60	20	7	7	34	20.58
Silva 2008	Rio Anacuí	-52.65	1.84	33	11	10	31	32.25
Silva 2008	Rio Anotaie	-52.02	3.22	6	5	5	31	16.12
com pessoal Claudia Silva	Rio Cupixi	-52.33	0.58	23	8	7	31	22.58
SISBIOTA	Rio Japurá Margem Direita	-69.02	-1.85	20	9	5	21	23.80

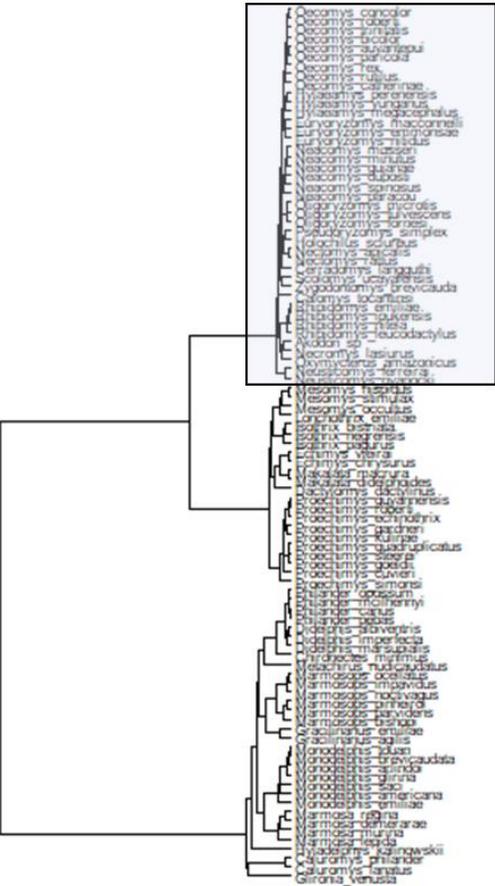
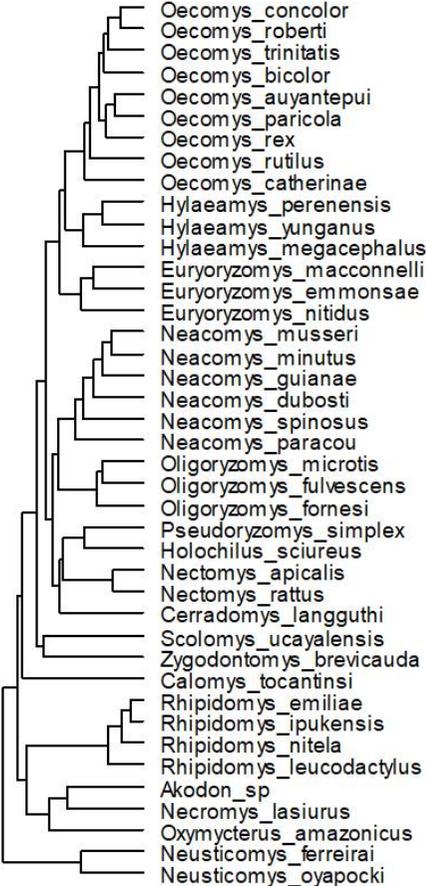
SISBIOTA	Rio Japurá Margem Esquerda	-69.10	-1.82	25	7	3	21	14.28
SISBIOTA	Rio Jatapú Margem Direita	-58.22	-2.03	35	16	13	27	48.14
SISBIOTA	Rio Jatapú Margem Esquerda	-58.23	-1.87	4	4	3	27	11.11
Malcolm et al 2005	Rio Juruá Headwaters 1	-72.80	-8.56	157	19	18	39	46.15
Malcolm et al 2005	Rio Juruá Headwaters 2	-72.78	-8.66	96	18	19	40	47.5
Malcolm et al 2005	Rio Juruá Headwaters 3	-72.81	-8.36	113	18	17	38	44.73
Malcolm et al 2005	Rio Juruá Headwaters 4	-72.81	-8.36	77	14	15	38	39.47
Malcolm et al 2005	Rio Juruá Lower 10	-68.93	-6.58	52	9	9	37	24.32
Malcolm et al 2005	Rio Juruá Lower 11	-68.76	-6.46	40	8	8	38	21.05
Malcolm et al 2005	Rio Juruá Lower 12	-68.25	-6.46	85	18	18	37	48.64
Malcolm et al 2005	Rio Juruá Lower 9	-68.90	-6.58	122	14	13	37	35.13
Malcolm et al 2005	Rio Juruá Mouth 13	-66.00	-3.31	57	8	8	31	25.80
Malcolm et al 2005	Rio Juruá Mouth 14	-66.23	-3.23	144	16	16	31	51.61
Malcolm et al 2005	Rio Juruá Mouth 15	-66.01	-3.31	86	10	10	31	32.25
Malcolm et al 2005	Rio Juruá Mouth 16	-66.23	-3.28	61	10	10	31	32.25
Malcolm et al 2005	Rio Juruá Upper 5	-70.85	-6.75	171	10	10	36	27.77
Malcolm et al 2005	Rio Juruá Upper 6	-70.81	-6.78	146	21	20	37	54.05
Malcolm et al 2005	Rio Juruá Upper 7	-70.75	-6.83	211	17	18	37	48.64
Malcolm et al 2005	Rio Juruá Upper 8	-70.73	-6.80	229	12	12	37	32.43
Silva 2008	Rio Mapaone	-54.59	-2.19	9	4	5	26	19.23
Silva 2008	Rio Mutum	-52.93	1.39	29	12	12	30	40

SISBIOTA	Rio Negro Margem Direita	-64.90	-0.58	12	7	6	23	26.08
SISBIOTA	Rio Negro Margem Esquerda	-64.78	-0.39	40	10	8	23	34.78
SISBIOTA	Rio Purus Margem Direita	-62.96	-4.98	15	6	6	28	21.42
SISBIOTA	Rio Purus Margem Esquerda	-62.96	-4.97	32	12	11	28	39.28
SISBIOTA	Rio Tapajós Margem Direita	-55.20	-3.35	59	12	9	29	31.03
SISBIOTA	Rio Tapajós Margem Esquerda	-55.30	-3.29	91	14	12	30	40
SISBIOTA	Rio Trombetas Margem Direita	-56.79	-0.45	45	13	10	27	37.03
SISBIOTA	Rio Trombetas Margem Esquerda	-56.75	-0.41	81	13	9	27	33.33
Santos-Filho 2012 I	Serra das Araras	-57.18	-15.62	217	20	18	26	69.23
Coleção INPA	Serra do Apiaú	-62.41	2.61	40	10	4	24	16.66
UHE Teles Pires	Teles Pires	-56.47	-9.47	381	18	12	17	70.58
Coleção INPA	Teotônio Margem Direita	-64.00	-8.87	5	5	4	25	16
Coleção INPA	Teotônio Margem Esquerda	-64.02	-8.83	14	5	4	26	15.38
Lambert 2005; Solorzano 2009	Terra Indígena Kayapó	-51.96	-7.77	1143	23	22	18	122.22
Borges 2007; Palmeirim 2018	UHE Balbina	-59.60	-1.83	966	25	23	28	82.14
EIA RIMA Ferreira Gomes	UHE Ferreira Gomes	-51.55	0.87	87	16	14	30	46.66

Ordem Rodentia, Família Echimyidae



Ordem Rodentia, Família Cricetidae



APÊNDICE C - Traços funcionais das espécies que constaram nas listas de espécies das assembleias compiladas. Hábito de Locomoção: ar = arborícola, fs = fossorial, sa = semi-aquático, sc = escansorial, sf = semi-fossorial, te = terrestre. Dieta: fr = frugívoro, fo = folívoro, gr = granívoro, hb = herbívoro, in = insetívoro, on = onívoro, ps = piscívoro, se = predador de sementes. TBL= Total Body Length, HBL = Head Body Length, TL= Tail Length, EL = Ear Length. Peso em gramas e medidas de comprimento em milímetros.

Táxon	Hábito	Dieta	Peso	TBL	HBL	TL	HFL	EL	Referência
Didelphimorphia									
Didelphidae									
<i>Caluromys lanatus</i>	ar	fr/on	520	730	319	446	51	41	Paglia 2012, Cáceres&Carmignotto 2006
<i>Caluromys philander</i>	ar	fr/on	390	690	279	410	46	40	Paglia 2012, Voss 2001
<i>Chironectes minimus</i>	sa	ps	790	745	400	430	72	31	
<i>Didelphis albiventris</i>	sc	fr/on	2700	940	520	420	52	46	Paglia 2012, Almeida 2008
<i>Didelphis imperfecta</i>	sc	fr/on	1000	777	356	421	59	58	Coleção INPA
<i>Didelphis marsupialis</i>	sc	fr/on	1700	997	500	497	66	63	Paglia 2012, Voss 2001
<i>Glironia venusta</i>	ar	in/on	150	430	205	225	31	25	Paglia 2012, Marshall, 1978
<i>Gracilinanus agilis</i>	ar	in/on	40	273	115	158	19	25	Paglia 2012, Costa 2003
<i>Gracilinanus emiliae</i>	ar	in/on	10	238	87	151	16	17	Paglia 2012, Voss 2009
<i>Hyladelphys kalinowskii</i>	sc	in/on	18	196	81	115	16	19.5	Paglia 2012, Catzeflis 2017
<i>Marmosa demerarae</i>	ar	in/on	150	500	213	287	34	31	Paglia 2012, Patton 2000
<i>Marmosa lepida</i>	sc	in/on	16	241	99	142	16	17	Paglia 2012, Guimarães 2018
<i>Marmosa murina</i>	sc	in/on	52	367	155	212	24	27	Paglia 2012, Hice 2003
<i>Marmosa regina</i>	sc	in/on	100	492	198	294	32	27	Paglia 2012, Patton 2000

Marmosops bishopi	sc	in/on	22	264	111	153	19	23	Paglia 2012, Diaz-Nieto 2016
Marmosops impavidus	sc	in/on	49	315	135	180	22	23	Paglia 2012, Patton 2000
Marmosops neblina	sc	in/on	45	299	129	170	20	22	Paglia 2012, Patton 2000
Marmosops noctivagus	sc	in/on	60	348	146	202	23	25	Paglia 2012, Patton 2000
Marmosops ocellatus	sc	in/on	39	338	152	186	20	25	Paglia 2012, Semedo 2012
Marmosops parvidens	sc	in/on	31	267	107	160	17	24	Paglia 2012, Diaz-Nieto 2016
Marmosops pinheiroi	sc	in/on	33	281	121	160	18	25	Paglia 2012, Diaz-Nieto 2016
Metachirus nudicaudatus	te	in/on	480	606	264	342	47	39	Paglia 2012, Patton 2000
Monodelphis americana	te	in/on	35	195	134	61	20	18	Paglia 2012, Duda&Costa 2015
Monodelphis arlindoi	te	in/on	105	262	182	98	28	23	Pavan 2012
Monodelphis brevicaudata	te	in/on	84	262	170	97	25	23	Paglia 2012, Pavan 2012
Monodelphis domestica	te	in/on	67	272	176	96	25	28	Paglia 2012, Voss 2012
Monodelphis emiliae	te	in/on	60	221	151	70	24	17	Paglia 2012, Pine&Handley 1984
Monodelphis glirina	te	in/on	50	280	180	106	26	22	Paglia 2012, Pavan 2012
Monodelphis saci	te	in/on	19	150	101	49	15	12	Pavan 2017
Monodelphis touan	te	in/on	100	260	170	95	26	23	Pavan 2012
Philander andersoni	sc	in/on	425	587	282	305	41	37	Paglia 2012, Flóres 2008
Philander canus	sc	in/on	314	519	230	289	37	34	Flores, 2008
Philander mcilhennyi	sc	in/on	400	685	308	377	46	41	Paglia 2012, Patton 2000
Philander opossum	sc	in/on	700	606	288	318	47	38	Paglia 2012, Patton 2000

Philander pebas	sc	in/on	500	590	278	312	47	35	
Rodentia									
Cricetidae									
Akodon sp 2n=10	te	in/on	52	221	131	90	25	20	Patton 2015
Akodon toba	te	in/on	40	290	203	87	25.5	20	Paglia 2012, Patton 2015
Calomys tocantinsi	te	fr/gr	31	191	116	75	22	21	Paglia 2012, Bonvicino 2010
Cerradomys langguthi	te	fr/gr	72	348	153	195	35	22	Paglia 2012, Percequillo 2008
Cerradomys maracajuensis	te	fr/gr	143	400	185	215	40	22	Paglia 2012, Percequillo 2008
Euryoryzomys emmonsae	te	fr/gr	78	300	140	160	35	24	Paglia 2012, Musser 1998
Euryoryzomys macconnelli	te	fr/gr	80	305	144	161	38	25	Paglia 2012, Patton 2000
Euryoryzomys nitidus	te	fr/gr	70	293	143	150	36	23	Paglia 2012, Patton 2000
Holochilus sciureus	sa	fr/hb	290	380	206	174	44	19	Paglia 2012, Patton 2000
Hylaeamys megacephalus	te	fr/gr	60	269	139	130	31	21	Paglia 2012, Voss 2001
Hylaeamys perenensis	te	fr/gr	60	303	152	151	35	24	Paglia 2012, Patton 2000
Hylaeamys yunganus	te	fr/gr	53	257	137	120	32	22	Paglia 2012, Patton 2000
Kunsia tomentosus	sf	hb	630	483	287	196	48	37	Bezerra 2016, Santos Filho 2000
Neacomys dubosti	te	fr/gr	14	166	81	85	22	15	Paglia 2012, Voss 2001
Neacomys guianae	te	fr/gr	13	166	85	81	20	16	Paglia 2012, Voss 2001

Neacomys minutus	te	fr/gr	14	163	79	84	22	13	Paglia 2012, Patton 2000
Neacomys musseri	te	fr/gr	14	163	73	90	23	15	Paglia 2012, Patton 2000
Neacomys paracou	te	fr/gr	14	164	83	81	21	15	Paglia 2012, Voss 2001
Neacomys spinosus	te	fr/gr	31	203	96	107	25	16	Paglia 2012, Patton 2000
Necomys lasiurus	te	fr/on	80	227	136	91	26	17	Paglia 2012, Bonvicino 2005
Nectomys apicalis	sa	fr/on	200	460	225	235	55	23	Paglia 2012, Patton 2000
Nectomys rattus	sa	fr/on	400	386	185	201	47	22	Paglia 2012, Cáceres 2007
Neusticomys ferreirai	sa	in/on	34	209	114	95	24	12	Paglia 2012, Percequillo 2005, Miranda2012
Neusticomys oyapocki	sa	in/on	47	202	115	87	26	12	Paglia 2012, Voss 2001, Nunes 2002
Oecomys auyantepui	ar	fr/se	42	270	126	144	27	18	Paglia 2012, Voss 2001
Oecomys bicolor	ar	fr/se	28	240	110	130	24	15	Paglia 2012, Patton 2000
Oecomys catherinae	ar	fr/se	70	301	146	155	25.9	29	Paglia 2012, Flores 2010
Oecomys concolor	ar	fr/se	32	296	141	160	29	20	Paglia 2012, Carleton 2009
Oecomys paricola	ar	fr/se	37	279	129	150	29	19	Paglia 2012, Flores 2010
Oecomys rex	ar	fr/se	60	282	144	138	28	22	Paglia 2012, Flores 2010
Oecomys roberti	ar	fr/se	240	312	135	177	31	18	Paglia 2012, Patton 2000
Oecomys rutilus	ar	fr/se	20	205	94	111	21	15	Paglia 2012, Voss 2001
Oecomys trinitatis	ar	fr/se	61	314	140	174	29	17	Paglia 2012, Patton 2000
Oligoryzomys fornesi	sc	fr/gr	20	195	84	111	24	13	Paglia 2012, Weksler&Bonvicino 2005
Oligoryzomys fulvescens	sc	fr/gr	16	205	89	116	24	16	Paglia 2012, Voss 2001, Carleton&Musser1995

<i>Oligoryzomys microtis</i>	sc	fr/gr	20	223	98	125	26	15	Paglia 2012, Patton 2000
<i>Oxymycterus amazonicus</i>	sf	in/on	76	243	148	95	29	20	Paglia 2012, Patton 2015
<i>Oxymycterus inca</i>	sf	in/on	120	294	184	110	34	19	Paglia 2012, Hinojosa 1987
<i>Pseudoryzomys simplex</i>	te	fr/on	55	241	120	121	29	20	Paglia 2012, Wolf 2016, Rocha 2011
<i>Rhipidomys emiliae</i>	ar	fr/se	82	331	156	175	31	22	Paglia 2012, Rocha 2011
<i>Rhipidomys gardneri</i>	ar	fr/se	144	364	179	194	38	20	Paglia 2012, Pacheco&Peralta 2011
<i>Rhipidomys ipukensis</i>	ar	fr/se	66	306	141	165	27	23	Paglia 2012, Rocha 2011
<i>Rhipidomys leucodactylus</i>	ar	fr/se	159	415	185	235	39	25	Pacheco&Peralta 2011
<i>Rhipidomys nitela</i>	ar	fr/se	60	314	135	179	28	20	Paglia 2012, Voss 2001
<i>Scolomys ucayalensis</i>	te	hb	26	163	87	76	22	17	Paglia 2012, Patton 2000
<i>Sigmodon alstoni</i>	te	hb	74	252	145	107	30	21	Paglia 2012, Alhajeri 2014
<i>Zygodontomys brevicauda</i>	te	fr/gr	50	222	127	94.6	26.3	18	Paglia 2012, Alhajeri 2014
Echimyidae									
<i>Carterodon sulcidens</i>	fs	hb	180	342	250	92	30	17	Paglia 2012, Bezerra 2011
<i>Dactylomys boliviensis</i>	ar	fo	650	700	290	410	60	20	Paglia 2012, Dunnun&Salazar-Bravo 2004
<i>Dactylomys dactylinus</i>	ar	fo	650	616	227	389	59	20	Paglia 2012, Tavares 2018
<i>Echimys chrysurus</i>	ar	fr/se	890	725	310	415	60	50	Paglia 2012, lack-Ximenes 2005
<i>Echimys vieirai</i>	ar	fr/se	640	585	245	340	50	15	Paglia 2012, lack-Ximenes 2005

<i>Isothrix bistrata</i>	ar	fr/fo	450	546	275	271	54	20	Paglia 2012, Patton 2015
<i>Isothrix negrensis</i>	ar	fr/fo	410	563	292	271	45	20	Paglia 2012, Patton 2015
<i>Isothrix pagurus</i>	ar	fr/fo	400	445	234	247	45	15	Paglia 2012, Patton 2015
<i>Lonchothrix emiliae</i>	ar	fr/on	190	411	201	210	35	15	Paglia 2012, Auricchio 2001
<i>Makalata didelphoides</i>	ar	fo	390	479	245	234	43	17	Paglia 2012, Patton 2015
<i>Makalata macrura</i>	ar	fo	405	522	280	242	46	17	Paglia 2012, Patton 2015
<i>Mesomys hispidus</i>	ar	fr/on	220	405	202	203	33	15	Paglia 2012, Orlando 2003, Hice 2003
<i>Mesomys occultus</i>	ar	fr/on	220	350	167	183	34	14	Paglia 2012, Tavares 2018
<i>Mesomys stimulax</i>	ar	fr/on	150	374	201	173	31	14	Paglia 2012, Tavares 2018
<i>Proechimys brevicauda</i>	te	fr/gr	360	403	240	163	53	24	Paglia 2012, Patton 2000
<i>Proechimys cuvieri</i>	te	fr/gr	343	432	252	180	54	25	Paglia 2012, Patton 2000
<i>Proechimys echinothrix</i>	te	fr/gr	245	440	231	209	54	28	Paglia 2012, Patton 2000
<i>Proechimys gardneri</i>	te	fr/gr	270	353	201	152	45	24	Paglia 2012, Patton 2000
<i>Proechimys goeldii</i>	te	fr/gr	350	338	198	140	44	23	Paglia 2012, Solórzano-Filho 2009
<i>Proechimys guyannensis</i>	te	fr/gr	191	395	209	186	49	26	Paglia 2012, Voss 2001
<i>Proechimys kulinae</i>	te	fr/gr	360	328	188	140	44	23	Paglia 2012, Patton 2000
<i>Proechimys longicaudatus</i>	te	fr/gr	210	370	209	161	48	21	Coleção INPA
<i>Proechimys pattoni</i>	te	fr/gr	360	328	187	141	43	22	Paglia 2012, Patton 2000
<i>Proechimys quadruplicatus</i>	te	fr/gr	284	557	377	180	56	24	Paglia 2012, Hice 2003
<i>Proechimys roberti</i>	te	fr/gr	191	489	245	244	56	26	Paglia 2012, Bonvicino 2005

Proechimys simonsi	te	fr/gr	240	480	249	231	56	28	Paglia 2012, Patton 2000
Proechimys steerei	te	fr/gr	350	493	286	207	63	26	Paglia 2012, Patton 2000
Thrichomys pachyurus	te	fr/hb	330	430	245	185	43	24	Paglia 2012, Cáceres 2007
Toromys grandis	ar	fr/fo	585	693	353	340	63	25	Paglia 2012, Emmons&Fabre 2018, lack-Ximenes 2005

APÊNDICE D – Modelos selecionados.

Os modelos foram selecionados e elencados de acordo com o delta AIC.

SESFDIS

	(Int)	Temp	Prec	Prod	Solo	Long	family	df	logLik	AICc	delta	weight
1	-0.3673	0.5619					gaussian(identity)	3	-31.653	70.6	0	0.474
2	-0.3673		0.4699				gaussian(identity)	3	-32.737	72.7	2.17	0.16
8	-0.3673	0.5754				0.1487	gaussian(identity)	4	-31.387	73	2.43	0.141
6	-0.3673	0.583		0.08175			gaussian(identity)	4	-31.578	73.4	2.81	0.116
7	-0.3673	0.5659			0.01214		gaussian(identity)	4	-31.651	73.5	2.96	0.108

PCD

	(Int)	Temp	Prec	Prod	Solo	Long	family	df	logLik	AICc	delta	weight
4	-3.96E-17				-0.6335		gaussian(identity)	3	-37.375	82	0	0.374
7	-6.94E-16	-0.3501			-0.7501		gaussian(identity)	4	-36.553	83.3	1.31	0.194
12	-2.29E-16			0.3208	-0.5808		gaussian(identity)	4	-36.621	83.5	1.45	0.181
10	-5.01E-17		-0.02697		-0.6417		gaussian(identity)	4	-37.37	85	2.95	0.086
14	-3.97E-17				-0.6334	-0.0004	gaussian(identity)	4	-37.375	85	2.96	0.085
3				-2.47E-16	0.4163		gaussian(identity)	3	-38.927	85.1	3.1	0.079

PCDc

	(Int)	Prec	Solo	Long	family	df	logLik	AICc	delta	weight
14	1.43E-16		-0.3337	0.4269	gaussian(identity)	4	-17.674	45.6	0	0.773
5	1.49E-16			0.3009	gaussian(identity)	3	-21	49.3	3.69	0.122
11	2.19E-16	0.2073		0.2624	gaussian(identity)	4	-19.671	49.6	3.99	0.105

PCDp

	(Int)	Temp	Prec	Prod	Solo	Long	family	df	logLik	AICc	delta	weight
4	7.64E-17				-0.5797		gaussian(identity)	3	-40.491	88.2	0	0.255
7	-7.35E-16	-0.4338			-0.7242		gaussian(identity)	4	-39.522	89.3	1.02	0.153
3	-1.49E-16			0.4395			gaussian(identity)	3	-41.259	89.8	1.54	0.118
12	-1.32E-16			0.3538	-0.5216		gaussian(identity)	4	-39.794	89.8	1.56	0.117
5	3.15E-17					-0.3446	gaussian(identity)	3	-41.64	90.5	2.3	0.081
10	7.18E-18		-0.1771		-0.6335		gaussian(identity)	4	-40.332	90.9	2.64	0.068
14	4.45E-17				-0.5244	-0.1466	gaussian(identity)	4	-40.389	91	2.75	0.064
1	-2.41E-16	-0.1926					gaussian(identity)	3	-42.043	91.3	3.1	0.054
2	1.21E-16		0.01495				gaussian(identity)	3	-42.221	91.7	3.46	0.045
13	-2.09E-16			0.4142		-0.3109	gaussian(identity)	4	-40.749	91.7	3.47	0.045