

**UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS**

**EFEITO DA LATITUDE NO TAMANHO CORPORAL DE**  
**MORCEGOS NEOTROPICAIS**

**SUÉLI HUBER OLIVEIRA**

**VILA VELHA**  
**FEVEREIRO / 2020**

**UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSSISTEMAS**

**EFEITO DA LATITUDE NO TAMANHO CORPORAL DE  
MORCEGOS NEOTROPICAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas, para a obtenção do título de Mestra em Ecologia.

**SUÉLI HUBER OLIVEIRA**

**VILA VELHA**  
**FEVEREIRO / 2020**

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

O48e Oliveira, Sueli Huber  
Efeito da latitude no tamanho corporal de morcegos  
neotropicais / Sueli Huber Oliveira – 2020.  
79 f.; il.

Orientadora: Ana Carolina Srbek-Araujo.

Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecossistemas),  
Universidade Vila Velha, 2020.

Inclui bibliografias.

1. Morcegos. 2. Filogenia. 3. Taxonomia numérica. I. Srbek-  
Araujo, Ana Carolina. II. Universidade Vila Velha. III. Título.

CDD 599.4

**SUÉLI HUBER OLIVEIRA**

**EFEITO DA LATITUDE NO TAMANHO CORPORAL DE  
MORCEGOS NEOTROPICAIS**

Dissertação apresentada à Universidade  
Vila Velha, como pré-requisito do Programa  
de Pós-graduação em Ecologia de  
Ecossistemas, para a obtenção do título de  
Mestra em Ecologia.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2020.

Banca Examinadora:



**Dr. Albert David Ditchfield – UFES**



**Dr. Charles Gladstone Duca Soares – UVV**



**Dra. Ana Carolina Srbek de Araujo – UVV**

**(Orientadora)**

*“O sucesso nasce do querer,  
da determinação e persistência em se chegar a um objetivo.  
Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos,  
no mínimo fará coisas admiráveis.”*

(José de Alencar)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter guiado meus passos durante essa caminhada, me dando força e coragem para continuar. Agradeço imensamente aos meus pais, Argeu e Dalcira, por terem me dado a oportunidade de estudar, mesmo não entendendo e não concordado com a vida que eu escolhi para mim. Ao meu maninho, Hilário, pela nossa cumplicidade e por todas as vezes que segurou a barra sozinho para me permitir finalizar algum trabalho. Agradeço às minhas avós, Albertina e Maria, por terem grande influência na pessoa que sou hoje. Às minhas madrinhas, Luzia e Elizangela, por estarem sempre por perto quando eu precisava de colo. Às minhas primas loucas, Juliana, Silvana e Jaqueline, pela força e parceria de todos os dias. Aos meus tios e tias, que foram de suma importância nessa trajetória, me dando apoio e moradia temporária para chegar até aqui. Agradeço imensamente à minha orientadora, Ana Carolina, por todos os ensinamentos passados com enorme maestria, por todos os “puxões de orelha” e pela sua enorme paciência em nos orientar e aturar nossas trapalhadas. Obrigada por me proporcionar as melhores experiências na biologia e na vida, sejam elas durante trabalhos de campo, congressos ou durante as atividades diárias do laboratório. Obrigada pelas inúmeras oportunidades de crescer profissionalmente e como pessoa. Aos meus colegas de laboratório, por sempre se porem à disposição quando eu precisava, pela parceria e cumplicidade durante os dias de trabalho. À Silvana Carolina, uma irmã que está distante fisicamente, mas sempre presente no meu coração. À Giovanna, por ser essa amiga incrível, pela espontaneidade, por tornar os dias de trabalho mais leves, por me arrancar um sorriso todos os dias com suas trapalhadas, por me fazer de cúmplice nas suas loucuras, por todas as vezes que largou suas coisas para me ajudar, por todas as noites que viramos juntas escrevendo um trabalho e por me ensinar a “respeitar o seu tempo”. Agradeço à Lyandra, pela amizade de anos de histórias repletas de risos. Obrigada por estar sempre ao meu lado, “puxando minha orelha” e tornando até os momentos mais difíceis em inesquecíveis. Agradeço à Rayane, que em dois anos se tornou uma das pessoas mais importantes da minha vida, uma amizade madura e cheia de conselhos e uns “puxões de orelha” na hora certa durante nossas horas do café. Agradeço à Miliane, que com seu jeito sorrateiro me arrancou as melhores

risadas. Eu não poderia deixar de agradecer à pessoa que me fez estar aqui hoje, que me fez acreditar em uma capacidade que até então eu desconhecia: muito obrigada, Karina, por ter me instigado a conhecer o universo que mudou minha vida. Não poderia deixar de agradecer também ao Hilton, meu irmão de alma, meu parceiro de campo, companheiro de laboratório, parceiro na hora do café, sempre presente na social. Obrigada por ter deixado meus dias mais iluminados e por compartilhar infinitos ensinamentos. Obrigada Renan, por ser tão prestativo e estar sempre disposto a ajudar. Agradeço à Laura, pelas risadas que contagiam e pela amizade que construímos. Ao meu amigo e parceiro Matheus, por todos esses anos de amizade e cumplicidade, por ser sempre um espelho de pessoa e de amigo, por todas as vezes que se pôs à disposição para me ajudar, por acreditar em mim e por “comprar” minhas loucuras. Obrigada Alexandra Elbakyan, por abrir as portas do conhecimento. De forma geral, gostaria de agradecer a todos os meus amigos. Muito obrigada por acreditarem mais em mim do que eu mesma fui capaz de acreditar. Não poderia deixar de agradecer ao Projeto Felinos, que proporcionou as melhores experiências da minha vida e me fez crescer como profissional e como pessoa, me possibilitando trabalhar com profissionais de diferentes áreas e principalmente me ensinando ao longo dos anos o que é um trabalho em equipe e reconhecer que vitórias provenientes de um trabalho em equipe são mais saborosas. Às tias da limpeza e meus amigos porteiros, pela alegria de compartilharmos nossos dias sempre com muita alegria e regados de boas conversas acompanhadas de um bom café nas horas vagas. A todos os professores da graduação e da pós-graduação, por sempre se colocarem à disposição para nos ajudar, por todo conhecimento compartilhado com enorme maestria e por serem espelhos do que queremos ser. Agradeço aos membros da banca pelo tempo dedicado ao meu trabalho, pela presença e pelas contribuições. Agradeço à FAPES pela bolsa de estudo concedida.

Obrigada!

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>Introdução</b> .....	3
<b>Materiais e Métodos</b> .....	8
<i>Preparação de dados</i> .....	8
<i>Análise de dados</i> .....	14
<b>Resultados</b> .....	17
<i>História filogenética</i> .....	17
<i>Tamanho corporal médio</i> .....	51
<i>Guilda trófica</i> .....	55
<b>Discussão</b> .....	59
<b>Conclusão</b> .....	69
<b>Literatura Citada</b> .....	70

## RESUMO

HUBER, Suéli, M.Sc., Universidade Vila Velha - ES, fevereiro de 2020. **Efeito da latitude no tamanho corporal de morcegos neotropicais**. Orientadora: Ana Carolina Srbek-Araujo.

A Regra de Bergmann considera que animais endotérmicos que habitam regiões de clima mais frio tendem a ser maiores do que os indivíduos de uma mesma espécie que habitam regiões de clima mais quente. Isso se deve ao fato de animais maiores apresentarem proporção superfície-volume menor, resultando em menor perda de calor corporal para o meio. Dentre os trabalhos que buscaram analisar a aplicabilidade de tal regra, poucos utilizaram morcegos neotropicais em suas análises. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da latitude sobre a massa corporal de morcegos neotropicais e verificar se esse efeito varia em função de: (1) história filogenética dos grupos, (2) tamanho corporal médio dos táxons e (3) guilda trófica das espécies. Foram considerados dados secundários (massa corporal) disponíveis na literatura científica. Foram selecionadas espécies que apresentam ampla distribuição latitudinal, abrangendo diferentes tamanhos corporais, incluindo representantes de famílias distintas e táxons com diferentes hábitos alimentares. Foram considerados nas análises apenas indivíduos adultos, excluindo-se fêmeas gestantes. Foram utilizadas correlações para testar a relação entre as variáveis e regressões para avaliar o efeito da variável geográfica (latitude) sobre a massa corporal. Nos dois casos foram considerados os dados gerais e os sexos separadamente. Os morcegos neotropicais responderam significativamente à latitude, em diferentes categorias taxonômicas (de ordem até espécie), embora a resposta tenha sido variável entre grupos, incluindo diferenças intersexuais e táxons que responderam de forma oposta ao esperado pela Regra de Bergmann. Para cinco das seis classes de tamanho corporal foram observadas associações significativas. O maior efeito da variável geográfica foi observado para a quinta classe de tamanho. A segunda e a sexta classes apresentaram relação indireta entre massa e latitude. As quatro guildas tróficas apresentaram respostas significativas. As guildas insetívora e mista apresentaram associação inversa entre a massa e a latitude, enquanto frugívora e hematófaga apresentaram associação direta. Insetívora e hematófaga apresentaram os valores mais expressivos. A Regra de Bergmann demonstrou ser aplicável para morcegos neotropicais, embora não seja uma generalização universal, ressaltando que o detalhamento taxonômico foi fundamental para detecção de padrões diferenciados de resposta a nível de gênero e de espécie, assim como a separação entre machos e fêmeas para identificação de varrições intersexuais. Ressalta-se ainda que a existência de diferenças entre subfamílias de Phyllostomidae e entre espécies congêneres evidenciam que a resposta à regra é independente da filogenia, estando especialmente relacionada a aspectos da história natural dos táxons.

**Palavras-chave:** Chiroptera, Ecofisiologia, Gradiente latitudinal, Mata Atlântica, Regra de Bergmann.

## ABSTRACT

HUBER, Suéli, M.Sc., Universidade Vila Velha - ES, February 2020. **Effect of latitude on body size of neotropical bats.** Advisor: Ana Carolina Srbek-Araujo.

Bergmann's Rule considers that endothermic animals that inhabit regions with a colder climate tend to be larger than individuals of the same species that inhabit regions with a warmer climate. This is due to the fact that larger animals have a smaller surface-volume ratio, resulting in less loss of body heat to the environment. Among the studies that sought to analyze the applicability of such a rule, few used neotropical bats in their analysis. The objective of the present study was to evaluate the effect of latitude on the body mass of neotropical bats and to verify whether this effect varies depending on: (1) phylogenetic history of the groups, (2) average taxon body size and (3) species trophic guild. Secondary data (body mass) available in the scientific literature were considered. Species with wide latitudinal distribution were selected, covering different body sizes, including representatives of different families and taxa with different eating habits. Only adult individuals were considered in the analyzes, excluding pregnant females. Correlations were used to test the relationship between variables and regressions to assess the effect of the geographic variable (latitude) on body mass. In both cases, general data and sexes were considered separately. Neotropical bats responded significantly to latitude, in different taxonomic categories (from order to species), although the response was variable between groups, including intersex differences and taxa that responded in the opposite way expected by the Bergmann Rule. Additionally, it is mentioned that the association between the variables was observed for 71% of the genera and 75% of the analyzed species. Five of the six body size classes had significant associations. The greatest effect of the geographic variable was observed for the fifth size class. The second and sixth classes showed an indirect relationship between mass and latitude. The four trophic guilds showed significant responses. The insectivorous and mixed guilds showed an inverse association between mass and latitude, while frugivorous and hematophagous showed a direct association. Insectivorous and hematophagous showed the most expressive values. Bergmann's Rule proved to be applicable to neotropical bats, although it is not a universal generalization, emphasizing that taxonomic detailing was fundamental for detecting different patterns of response at the level of gender and species, as well as the separation between males and females to identify intersex sweeps. It should also be noted that the existence of differences between subfamilies of Phyllostomidae and between congeneric species shows that the answer to the rule is independent of phylogeny, being especially related to aspects of the natural history of taxa.

**Keywords:** Atlantic Forest, Bergmann's Rule, Chiroptera, Ecophysiology, Latitudinal Gradient.

*Dissertação apresentada em formato de artigo científico conforme normas da revista*

*Journal of Mammalogy*

## **Efeito da latitude no tamanho corporal de morcegos neotropicais**

Suéli Huber\* e Ana Carolina Srbek-Araujo

Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ecossistemas, Universidade Vila Velha,  
Rua Comissário José Dantas de Melo, nº 21, Boa Vista, Vila Velha, Espírito Santo - CEP  
29102-920, Brasil (SH, ACS-A)

Laboratório de Ecologia e Conservação de Biodiversidade (LECBio), Universidade Vila  
Velha, Brasil (GCC, ACS-A)

Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Vila Velha, Brasil (ACS-  
A)

Instituto SerraDiCal de Pesquisa e Conservação, Belo Horizonte, Minas Gerais - CEP  
30493-180, Brasil (ACS-A)

\*Autor correspondente: [sueli\\_huber@hotmail.com](mailto:sueli_huber@hotmail.com)

### **INTRODUÇÃO**

Um dos grandes desafios da Ecologia é compreender os mecanismos que ocasionam variações na diversidade de espécies ao longo do gradiente de aumento da riqueza que se estende dos polos ao Equador (Hillebrand 2004). Vários mecanismos foram propostos como possível causa primária deste padrão, dentre os quais citam-se o tempo de especiação dos grupos, o número de habitats disponíveis, o efeito das interações ecológicas (como competição e predação, por exemplo), a previsibilidade climática do

ambiente (Pianka 2011) e o efeito da intensidade luminosa sobre a produtividade local (Terborgh 1985). O estudo dos padrões de distribuição das espécies ao longo do gradiente de latitude levou também à proposição de mecanismos para tentar explicar a relação entre as características biológicas dos indivíduos e as variáveis ambientais ou de localização, como a própria latitude (e.g. Bergmann 1847; Allen 1876; Mayr 1956).

Ao observar a morfologia de indivíduos de uma mesma espécie, Carl Bergmann notou que os indivíduos maiores ocorriam em latitudes maiores, principalmente quando analisados mamíferos e aves (Bergmann 1847). Relacionando o fato de animais maiores apresentarem proporções superfície-volume menores, Bergmann atribuiu a característica observada a uma vantagem na manutenção da temperatura corporal por espécimes que habitam climas mais frios (Bergmann 1847). A definição mais usual para a Regra de Bergmann considera que animais endotérmicos habitantes de regiões de clima mais frio tendem a apresentar maior tamanho corporal do que aqueles indivíduos da mesma espécie que habitam as regiões de clima mais quente (Mayr 1956). Com os trabalhos realizados posteriormente, principalmente com endotérmicos, confirmou-se a relação positiva entre o tamanho corporal dos indivíduos e a latitude, confirmando o padrão descrito pela Regra de Bergmann (Gaston et al. 2008).

A Regra de Bergmann está entre as generalizações biogeográficas mais conhecidas, porém, os fatores e mecanismos que envolvem esta gradação das características morfométricas das espécies continuam não sendo bem compreendidos, considerando a dificuldade de determinar os fatores ecológicos que podem estar relacionados com a variação morfométrica (Kaspari 2005; Meiri e Thomas 2007; Jiang et al. 2019). A Regra de Bergmann foi proposta e testada visando análises intraespecíficas (e.g. Bergmann 1847; Ray 1960; James 1970; Ashton et al. 2000; Meiri et al. 2004; Salewski et al. 2010), porém, também demonstrou ser aplicável a nível interespecífico (e.g. Pincheira- Donoso

2010; Meiri 2011; Gohli e Voje 2016) e em análises abordando assembleias (e.g. Roy e Martien 2001; Blackburn e Hawkins 2004; Kaspari 2005; Olalla-Tárraga et al. 2006; Rodríguez et al. 2006; Ramirez et al. 2008). A aplicabilidade de tal regra já foi testada para diferentes grupos, a exemplo de algas verdes, protozoários e nematódeos (Ray 1960), bivalves (Roy e Martien 2001), insetos (e.g. Blanckenhorn e Demont 2004; Kaspari 2005), répteis (e.g. Ashton e Feldman 2003; Olalla-Tarraga et al. 2006), aves (e.g. Bergmann 1847; Mayr 1956; James 1970; Meiri et al. 2004; Ramirez et al. 2008; Salewski et al. 2010) e mamíferos (e.g. Allen 1876; Mayr 1956; Rosenzweig 1968; McNab 1971; Burnett 1983; Bogdanowicz 1990; Krystufek 1993; Ashton et al. 2000; Storz et al. 2001; Blackburn e Hawkins 2004; Meiri et al. 2004; Yom-Tov e Yom-Tov 2005; Rodríguez et al. 2006; Postawa et al. 2012; Safi et al. 2013; Barros et al. 2014; Gohli e Voje 2016; Kelly et al. 2018; Penone et al. 2018; Jiang et al. 2019). Alguns estudos que avaliaram a aplicabilidade da Regra de Bergmann apresentam limitações devido à escassez de dados (pequeno número de indivíduos por espécie estudada; e.g. McNab 1971; Bogdanowicz 1990) ou por abordar apenas categorias taxonômicas superiores (e.g. Ramirez et al. 2008; Clauss et al. 2013; Gohli e Voje 2016). Apesar de sua ampla aplicação e de haver, para vários táxons, relação positiva entre tamanho e latitude, não há consenso quanto à aceitação da Regra de Bergmann (Kaspari 2005).

Os morcegos (Ordem Chiroptera) constituem a segunda maior ordem de mamíferos, representando mais da metade das espécies que compõem as comunidades neotropicais (Estrada e Coates-Estrada 2001; Aguirre 2002; Stevens et al. 2004). Apresentam ampla distribuição geográfica, alta riqueza de espécies e desempenham inúmeras funções ecológicas que podem ser traduzidas em serviços ecossistêmicos (Kunz et al. 2011; Ghanem e Voigt 2012), atuando por exemplo como polinizadores (e.g. Arias et al. 2009; Trejo-Salazar et al. 2016; Uieda e Bred 2016), dispersores de sementes (e.g. Muscarella

e Fleming 2007; Lima et al. 2016; Uieda e Bred 2016) e controladores de populações de artrópodes (e.g. Böhm et al. 2011; Uieda e Bred 2016), contribuindo para a manutenção dos ecossistemas terrestres (Stevens et al. 2004; Marinho Filho 1991; Gardner 2007; Reis et al. 2017). Isso torna os morcegos um importante objeto de estudo para testar a aplicação da Regra de Bergmann, visto que a ampla distribuição geográfica é uma das premissas para sua aplicabilidade (Bergmann 1847) e que a interação com diferentes componentes das comunidades faz com que sejam um grupo chave para entendimento dos processos ecológicos (Galindo-González 1998; Ghanem e Voigt 2012). Alinhado a isso, ressalta-se que há um crescente interesse em tentar entender e prever como os organismos podem responder às variações climáticas, o que inclui alterações no tamanho corporal e suas consequências ecológicas e evolutivas (Smith et al. 1995; Millien et al. 2006; Yom-Tov e Geffen 2011), considerando eventos que ocorreram no passado e que poderão ocorrer no futuro.

A aplicabilidade da Regra de Bergmann para morcegos foi testada considerando diferentes conjuntos de táxons e espécies individualmente, confirmando ser um padrão válido para o grupo (e.g. Bogdanowicz 1990; Gohli e Voje 2016; Kelly et al. 2018), embora haja registro de associação indireta entre as variáveis (e.g. Storz et al. 2001; Safi et al. 2013; Clauss et al. 2013; Barros et al. 2014), além de machos e fêmeas de uma mesma espécie poderem apresentar respostas diferentes (e.g. Storz et al. 2001; Safi et al. 2013; Barros et al. 2014; Jiang et al. 2019). Entre os trabalhos realizados até o momento, há estudos que abrangeram poucas espécies ou reduzido número de indivíduos (e.g. Burnett 1983; Bogdanowicz 1990; Krystufek 1993), incluindo abordagens limitadas à ordem e/ou a famílias (Meiri e Thomas 2007; Clauss et al. 2013; Gohli e Voje 2016). Dos trabalhos que reuniram conjuntos de dados satisfatórios, a maior parte foi desenvolvida abordando espécies com distribuição no hemisfério norte (Burnett 1983; Bogdanowicz

1990; Krystufek 1993; Ashton et al. 2000; Storz et al. 2001; Postawa et al. 2012; Kelly et al. 2018; Penone et al. 2018; Jiang et al. 2019), havendo poucos estudos considerando dados coletados no hemisfério sul (Moratelli e Oliveira 2011; Barros et al. 2014) ou em ambos os hemisférios simultaneamente (Clauss et al. 2013; Safi et al. 2013; Gohli e Voje 2016).

A Regra de Bergmann foi testada avaliando diferentes características morfológicas em morcegos, a exemplo de caracteres cranianos (Bogdanowicz 1990; Krystufek 1993; Moratelli e Oliveira 2011; Postawa et al. 2012; Kelly et al. 2018) e dentários (Bogdanowicz 1990), tamanho da asa (Burnett 1983), comprimento do antebraço (Storz 2001; Gohli e Voje 2016) e massa corporal (Ashton et al. 2000; Clauss et al. 2013; Safi et al. 2013; Barros et al. 2014; Gohli e Voje 2016; Jiang et al. 2019), além de elementos estruturais do chamado de ecolocalização, considerando a relação entre tamanho corporal e características do sinal acústico (Penone et al. 2018). Embora a regra tenha sido testada utilizando diferentes caracteres, a massa corporal é apontada como a métrica mais adequada para estudos dessa natureza (métrica de “ouro”), sendo considerada mais precisa por se tratar de uma medida cúbica (Jiang et al. 2019) proporcional ao volume do corpo, cuja variação possui grandes efeitos sobre a taxa metabólica (Kleiber 1932; Ballesteros et al. 2018). Destaca-se que, em mamíferos, a seleção do tamanho corporal é afetada pela necessidade de conservação de calor, o que por sua vez influencia a demanda por alimento (Mayr 1956), ressaltando que o aumento do tamanho do corpo resulta em aumento absoluto do metabolismo e requer maior suprimento de alimento (McNab 1971). Destaca-se ainda que o tamanho corporal pode variar consideravelmente dentro de um mesmo grupo taxonômico, estando os padrões corporais especialmente relacionados com a história natural em mamíferos (McNab 1971; Jeschke e Kokko 2009).

A existência de diferentes respostas das espécies de morcegos à latitude e o uso de caracteres variados entre os estudos reforçam a necessidade da realização de análises para confirmação dos padrões e identificação de fatores que podem contribuir para os diferentes padrões observados. Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da latitude sobre a massa corporal de morcegos neotropicais, considerando espécies ocorrentes em florestas da porção atlântica sul americana, e verificar se esse efeito varia em função de: (1) história filogenética dos grupos, (2) tamanho corporal médio dos táxons e (3) guilda trófica das espécies.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

*Preparação de dados.*—Para realização do presente estudo, foram considerados dados de massa corporal (em g) disponíveis em “Atlantic Mammal Traits: a data set of morphological traits of mammals in the Atlantic Forest of South America” (Gonçalves et al. 2018). O estudo em questão contempla dados biométricos de 279 espécies de mamíferos que ocorrem na Mata Atlântica do Brasil, Argentina e Paraguai, representando o maior banco de dados morfológicos de espécies de mamíferos neotropicais (Gonçalves et al. 2018). O banco de dados inclui registros de 98 espécies de morcegos, distribuídas em oito famílias, totalizando 39.850 mil espécimes (Gonçalves et al. 2018).

Foram pré-selecionadas todas as espécies de morcegos que apresentavam mais de 50 registros. Em seguida, as coordenadas geográficas dos registros de cada espécie foram plotadas em mapas produzidos com o auxílio do programa ArcGIS a fim de avaliar sua distribuição ao longo do gradiente latitudinal. Posteriormente, as espécies cujos registros apresentavam ampla distribuição latitudinal na Mata Atlântica e cujos dados disponíveis possuíam maior representatividade numérica ao longo do gradiente avaliado foram selecionadas para as etapas seguintes.

Os indivíduos juvenis e as fêmeas gestantes foram excluídos da amostra uma vez que o tamanho corporal dos indivíduos, nestes casos, não corresponde ao padrão geral esperado para a espécie. Indivíduos que apresentavam discrepância em relação aos dados de massa corporal, quando comparados com indivíduos da mesma espécie considerando todo o gradiente latitudinal, também foram desconsiderados (massa corporal 5% menor ou maior do que o próximo indivíduo mais leve ou mais pesado, respectivamente, conforme sequência de ordenação crescente dos dados). Este procedimento objetivou eliminar indivíduos com valores duvidosos de massa corporal, considerando, por exemplo, classificação etária errada ou possível erro de pesagem. Após triagem dos dados, conforme os critérios citados, foi obtido um total de 32 espécies, pertencentes a 21 gêneros e três famílias, sendo Molossidae (n = 2 espécies), Phyllostomidae (n = 25 espécies) e Vespertilionidae (n = 5 espécies), totalizando 16.139 espécimes (Tabela 1) distribuídos ao longo do gradiente latitudinal estudado (5°83'81"S a 29°68'33"S; Fig. 1).

Para cada espécie selecionada, foram inseridas no banco de dados informações a respeito do hábito alimentar (tipo de dieta; Gnocchi et al. 2019; Reis et al. 2017) e massa corporal média do adulto (média dos valores constantes em Gonçalves et al. 2018, para cada espécie, considerando apenas os indivíduos selecionados no presente estudo; Tabela 1). As espécies que apresentam dieta baseada na mistura de itens de origem animal e vegetal foram classificadas como “dieta mista” e, deste modo, foram consideradas quatro guildas alimentares: frugívora (n = 14 espécies), insetívora (n = 12 espécies), mista (n = 05 espécies) e hematófaga (n = 01 espécie) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Espécies analisadas no presente estudo, de acordo com as famílias e gêneros, incluindo informações sobre dieta, massa corporal média (em g) e número de indivíduos por espécie (N). Para a família Phyllostomidae são indicadas também as subfamílias.

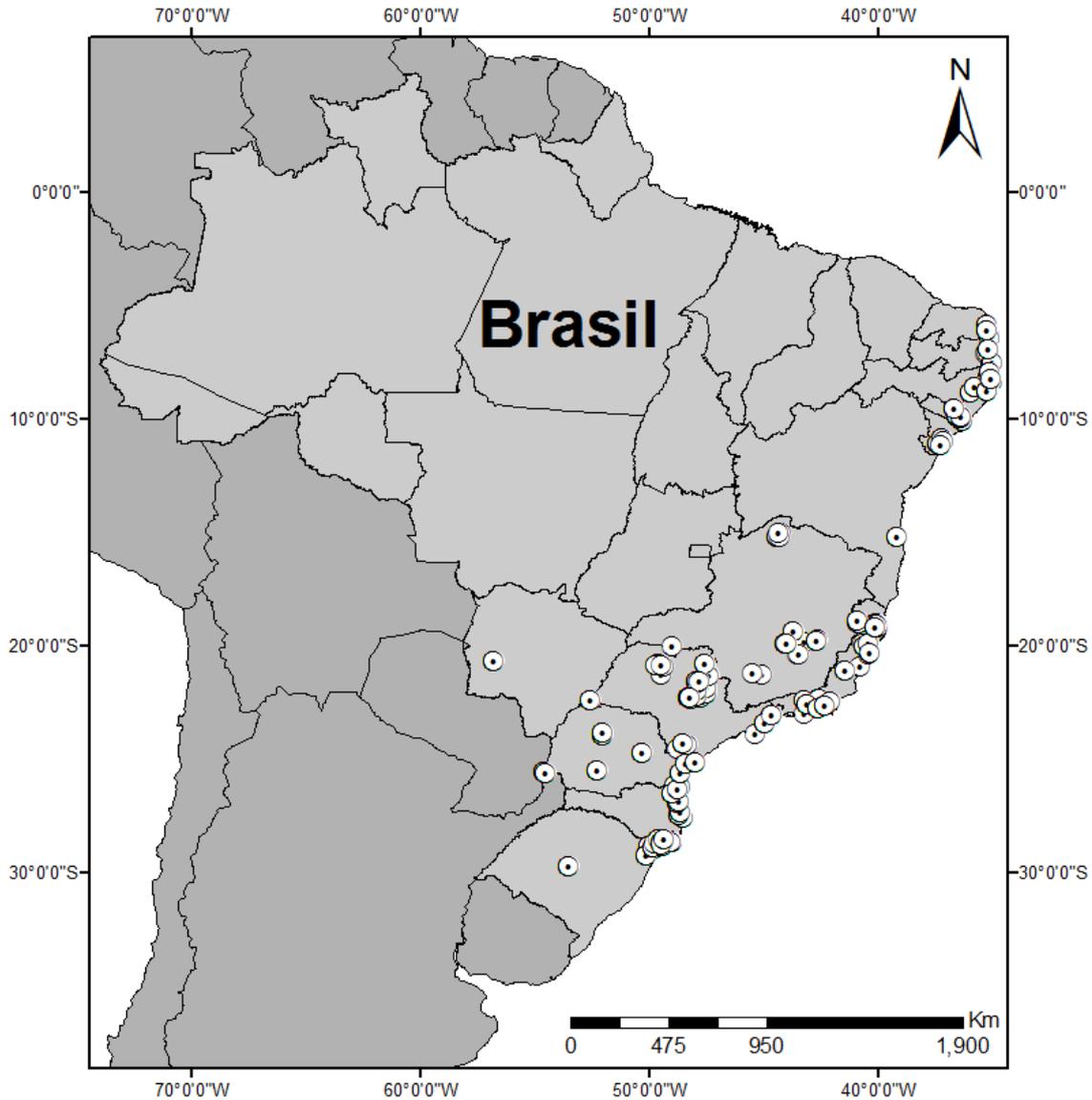
Família / Subfamília	Gênero	Espécie	Dieta	Massa corporal média	N
Molossidae					
	<i>Molossus</i>	<i>Molossus molossus</i>	Insetívora	15,22	165
		<i>Molossus rufus</i>	Insetívora	34,66	52
Phyllostomidae					
Carollinae	<i>Carollia</i>	<i>Carollia perspicillata</i>	Mista	16,20	5102
	<i>Rhinophylla</i>	<i>Rhinophylla pumilio</i>	Frugívora	9,31	442
Desmodontinae	<i>Desmodus</i>	<i>Desmodus rotundus</i>	Hematófaga	38,07	326

Glossophaginae	<i>Anoura</i>	<i>Anoura caudifer</i>	Mista	11,67	229
		<i>Anoura geoffroyi</i>	Mista	15,35	102
	<i>Glossophaga</i>	<i>Glossophaga soricina</i>	Mista	10,09	569
Phyllostominae	<i>Chrotopterus</i>	<i>Chrotopterus auritus</i>	Mista	90,32	43
	<i>Lonchorhina</i>	<i>Lonchorhina aurita</i>	Insetívora	17,39	134
	<i>Lophostoma</i>	<i>Lophostoma brasiliense</i>	Insetívora	13,08	24
	<i>Micronycteris</i>	<i>Micronycteris megalotis</i>	Insetívora	7,13	20
	<i>Phyllostomus</i>	<i>Phyllostomus discolor</i>	Mista	37,33	355
		<i>Phyllostomus hastatus</i>	Mista	101,69	54
<i>Trachops</i>	<i>Trachops cirrhosus</i>	Insetívora	32,98	57	

Stenodermatinae	<i>Artibeus</i>	<i>Artibeus cinereus</i>	Frugívora	13,51	357
		<i>Artibeus fimbriatus</i>	Frugívora	58,59	646
		<i>Artibeus lituratus</i>	Frugívora	73,13	1910
		<i>Artibeus obscurus</i>	Frugívora	39,28	583
		<i>Artibeus planirostris</i>	Frugívora	44,16	1453
	<i>Chiroderma</i>	<i>Chiroderma doriae</i>	Frugívora	32,78	66
		<i>Chiroderma villosum</i>	Frugívora	25,85	43
	<i>Platyrrhinus</i>	<i>Platyrrhinus lineatus</i>	Frugívora	23,47	401
		<i>Platyrrhinus recifinus</i>	Frugívora	20,42	75
	<i>Pygoderma</i>	<i>Pygoderma bilabiatum</i>	Frugívora	20,70	54

	<i>Sturnira</i>	<i>Sturnira lilium</i>	Frugívora	21,14	2419
	<i>Vampyressa</i>	<i>Vampyressa pusilla</i>	Frugívora	10,50	41
Vespertilionidae	<i>Eptesicus</i>	<i>Eptesicus diminutus</i>	Mista	7,13	39
		<i>Eptesicus furinalis</i>	Insetívora	7,69	34
	<i>Lasiurus</i>	<i>Lasiurus blossevillii</i>	Insetívora	8,76	23
	<i>Myotis</i>	<i>Myotis nigricans</i>	Insetívora	5,07	261
		<i>Myotis riparius</i>	Insetívora	5,05	60

---

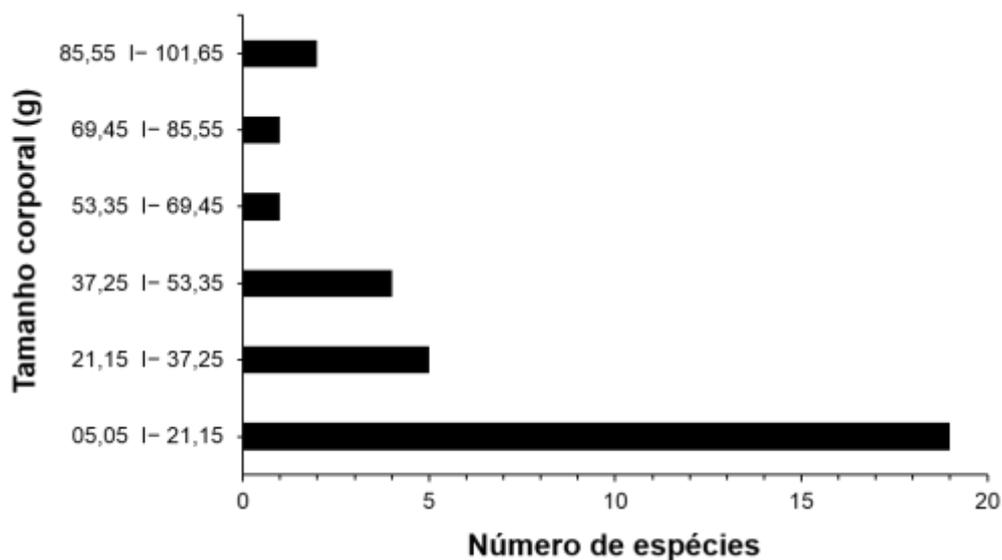


**Fig. 1.** Distribuição geográfica dos registros de morcegos (n = 16.139 espécimes) analisados no presente estudo.

*Análise de dados.*—Após seleção final dos táxons e indivíduos, os dados de cada espécie foram organizados para análise considerando todos os indivíduos da espécie em questão (“geral”) e cada sexo separadamente. Indivíduos cujo sexo não havia sido informado no banco de dados foram considerados apenas nas análises gerais. Para o

gênero *Lasiurus* não foi possível realizar análises considerando somente as fêmeas uma vez que a distribuição dos registros, neste caso, se concentrava em uma única localidade.

Foram utilizadas três abordagens de análise: (1) a história filogenética, (2) o tamanho corporal médio dos táxons e (3) a guilda trófica. Para a primeira abordagem, as análises partiram do maior (ordem) para o menor nível taxonômico (espécie) para verificar se a resposta dos táxons à latitude está associada à filogenia. Para Phyllostomidae foram consideradas também análises a nível de subfamília. As análises a nível de gênero foram realizadas agrupando espécies congêneres e, quando apenas uma espécie estava representada, o gênero correspondente foi mantido mesmo sem agrupamento. Na segunda abordagem, as espécies foram agrupadas em categorias de massa corporal média a fim de verificar se o efeito da latitude varia em função do tamanho dos táxons. Para definição do número de categorias, utilizou-se a Regra de Sturges:  $K = 1 + (3,322 \log_{10}N)$ , onde K = número de classes e N = número total de observações (Sturges 1926). Com base na Regra de Sturges, as espécies foram agrupadas em seis classes de tamanho com amplitude de 16,10 g cada (Fig. 2). Para a terceira abordagem, as espécies foram agrupadas de acordo com o tipo de dieta (Frugívora, Insetívora, Mista e Hematófaga) com o intuito de verificar se a resposta da característica morfométrica à variável latitudinal está relacionada com o hábito alimentar das espécies.



**Fig. 2.** Classes de tamanho corporal (massa, em g) definidas para agrupamento dos morcegos neotropicais analisados no presente estudo, incluindo a amplitude e o número de espécies em cada caso.

A partir da matriz de dados composta pela variável morfométrica (massa corporal) e pela variável geográfica (valor da latitude), foram aplicados dois métodos de análise: correlação linear de Pearson (Legendre e Legendre 2012) e regressão linear (Faraway 2016). A correlação foi aplicada com o intuito de verificar a magnitude (força) e o sentido (direção) da associação entre as variáveis testadas (conforme valor do Coeficiente de Correlação). A magnitude da associação foi interpretada considerando quatro níveis, onde valores  $\leq 0,35$  foram considerados como fraca associação, valores  $\geq 0,36$  e  $\leq 0,67$  como associação moderada, valores  $\geq 0,68$  e  $\leq 0,89$  como forte associação e valores  $\geq 0,90$  como associação muito forte (Taylor 1990). A regressão foi utilizada para determinar a relação entre as variáveis dependente/resposta e independente/explicativa (de acordo com o Coeficiente de Determinação) e gerar a equação matemática ( $Y = \alpha + \beta x$ ) que explica o efeito da variável explicativa (latitude) sobre a variável resposta (massa corporal). Foram considerados significativos testes com valor de  $p \leq 0,05$  (Zar 2010). As análises de dados

foram desenvolvidas no ambiente R (R core Team 2017) com uso do pacote *vegan* (Oksanen et al. 2017). Foram gerados gráficos a partir dos resultados das análises de regressão para os casos nos quais o valor de p foi significativo considerando dados de maior destaque. Nos gráficos constam a linha de tendência e seu respectivo intervalo de confiança. Todos os gráficos foram gerados no ambiente R (R core Team 2017) com o auxílio do pacote *ggplot2* (Wickham 2011).

## RESULTADOS

*História filogenética.*—Análises a nível de ordem demonstraram que houve associação significativa direta entre massa e latitude, no entanto, uma pequena parte da variação da massa de morcegos neotropicais pode ser explicada pela latitude (< 1%; Tabela 2; Fig. 3). Resposta semelhante foi observada quando analisados machos e fêmeas separadamente (Tabela 2). Para as famílias Phyllostomidae e Vespertilionidae também houve associação significativa direta entre as variáveis analisadas (Fig. 4), não tendo sido observada relação significativa entre massa corporal e latitude para a família Molossidae (Tabela 3). Quando analisados os sexos separadamente, o padrão geral observado se manteve em Phyllostomidae, mas apenas as fêmeas responderam significativamente à latitude em Vespertilionidae, assim como os machos em Molossidae (Tabela 3; Fig. 4). Em todos os casos, pouco da variação da massa corporal pode ser atribuído à variação da latitude (< 5%; Tabela 3), demonstrando que a variável geográfica analisada não é o fator principal influenciando a variação da massa corporal também a nível de família.

Para as cinco subfamílias de Phyllostomidae foi observada associação significativa entre massa e latitude, mas apenas em Carolliinae a relação entre as variáveis foi inversa (Tabela 3; Fig. 5). A relação entre as variáveis analisadas foi maior nas subfamílias Desmodontinae e Glossophaginae (associação de 22 e 36% na variação dos dados, nesta

ordem), podendo ser 5 e 13% da variação da massa, respectivamente, atribuída à variável geográfica (Tabela 3). O padrão geral se manteve quando analisados os sexos separadamente, exceto para a subfamília Phyllostominae, a qual não apresentou resposta significativa para fêmeas (Tabela 3). Em Desmodontinae, a resposta das fêmeas à variação da latitude foi maior em comparação com os machos (9 e 5%, respectivamente; Tabela 3; Fig. 5).

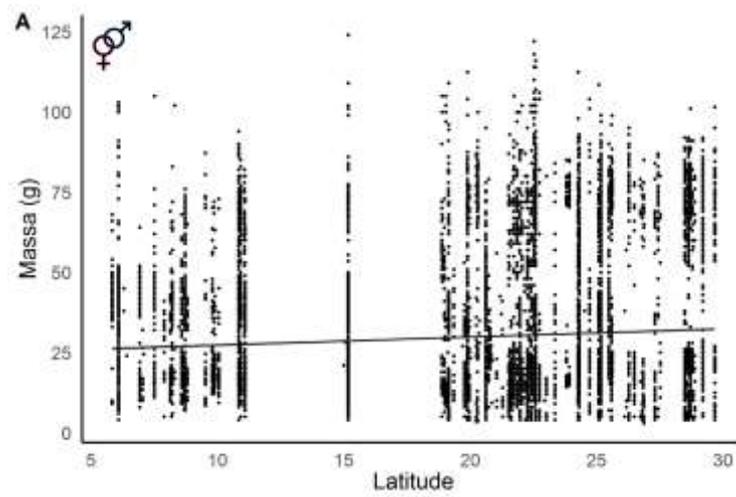
**Tabela. 2.** Resultados da correlação de Pearson e regressão linear considerando a variável morfométrica (massa corporal; em g) e a variável geográfica (latitude) para a ordem Chiroptera considerando morcegos neotropicais. Valores expressos em negrito indicam resultados significativos para as análises estatísticas correspondentes.

Categoria	Correlação		Regressão						
	r	p	Nº Pares	F	p	R <sup>2</sup>	g.l.	Intercepto ( $\alpha$ )	Coefficiente angular ( $\beta$ )
Geral	0,0792	< <b>0,0001</b>	16.139	101,824	< <b>0,0001</b>	0,0063	16.137	24,7512	0,2545
Macho	0,0871	< <b>0,0001</b>	8.661	66,122	< <b>0,0001</b>	0,0076	8.659	24,9608	0,2694
Fêmea	0,0727	< <b>0,0001</b>	7.430	39,496	< <b>0,0001</b>	0,0053	7.428	24,4286	0,2433

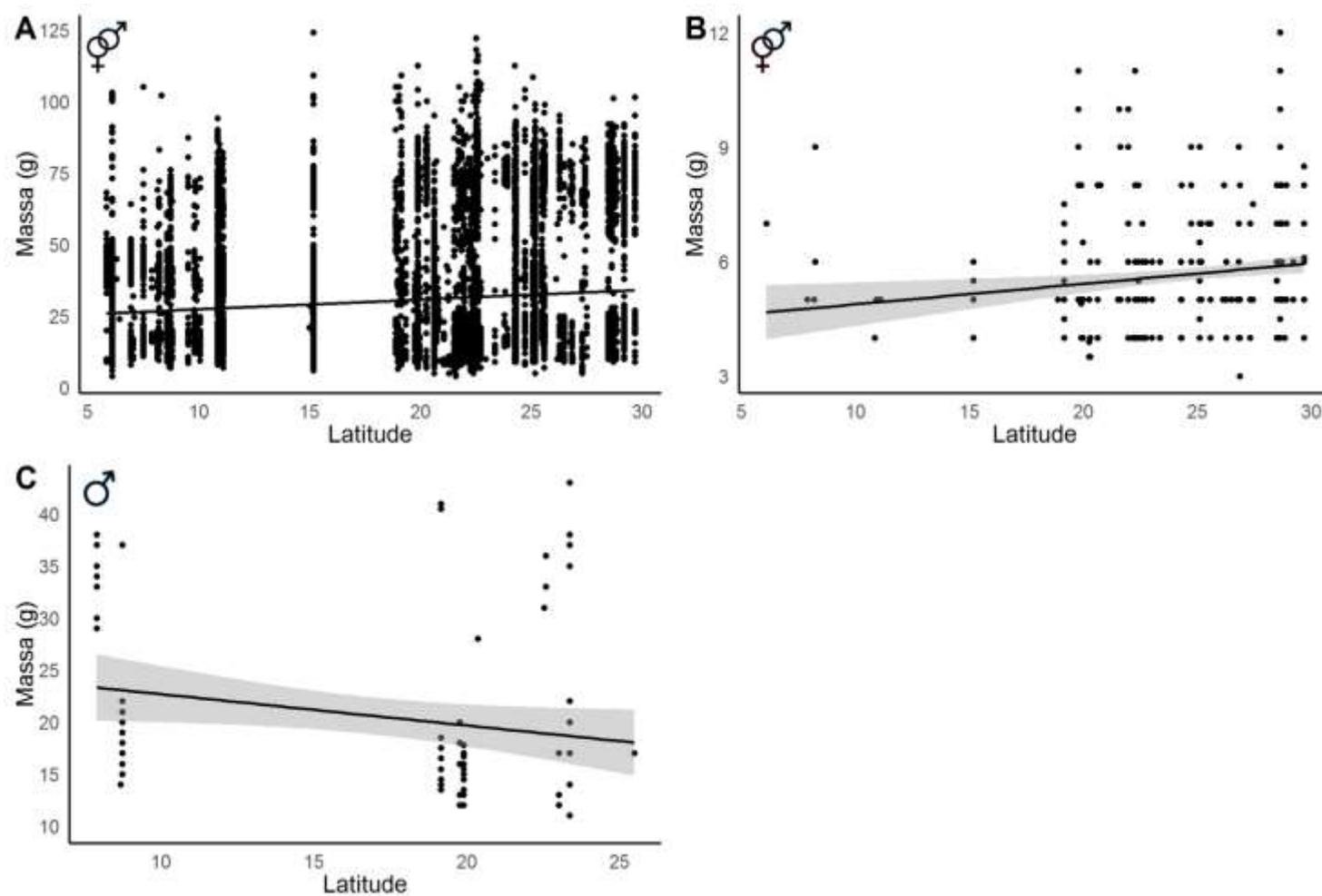
**Tabela. 3.** Resultados da correlação de Pearson e regressão linear considerando a variável morfométrica (massa corporal; em g) e a variável geográfica (latitude) para as famílias de morcegos neotropicais (Molossidae, Phyllostomidae e Vespertilionidae) e para as subfamílias em Phyllostomidae. Valores expressos em negrito indicam resultados significativos para as análises estatísticas correspondentes.

Família / Subfamília	Categoria	Correlação		Regressão						
		r	p	N° Pares	F	p	R <sup>2</sup>	g.l.	Intercepto ( $\alpha$ )	Coefficiente angular ( $\beta$ )
Molossidae	Geral	-0,0293	0,6679	217	0,185	0,6718	0,0009	215	20,8062	-0,0508
	Macho	-0,2100	<b>0,0509</b>	87	3,923	<b>0,0480</b>	0,0441	85	25,6886	-0,3007
	Fêmea	0,1618	0,0658	130	3,443	0,0624	0,0262	128	12,5942	0,3507
Phyllostomidae	Geral	0,1061	<b>&lt; 0,0001</b>	15.505	176,426	<b>&lt; 0,0001</b>	0,0113	15.503	23,9063	0,3404
	Macho	0,1100	<b>&lt; 0,0001</b>	8.383	102,699	<b>&lt; 0,0001</b>	0,0121	8.381	24,2969	0,3397
	Fêmea	0,1035	<b>&lt; 0,0001</b>	7.079	76,666	<b>&lt; 0,0001</b>	0,0107	7.077	23,3731	0,3463
Carolliinae	Geral	-0,1448	<b>&lt; 0,0001</b>	5.544	118,700	<b>&lt; 0,0001</b>	0,0210	5.542	17,0262	-0,0746
	Macho	-0,1701	<b>&lt; 0,0001</b>	2.818	83,900	<b>&lt; 0,0001</b>	0,0289	2.816	17,3868	-0,0847
	Fêmea	-0,1080	<b>&lt; 0,0001</b>	2.708	31,950	<b>&lt; 0,0001</b>	0,0117	2.706	16,5172	-0,0576

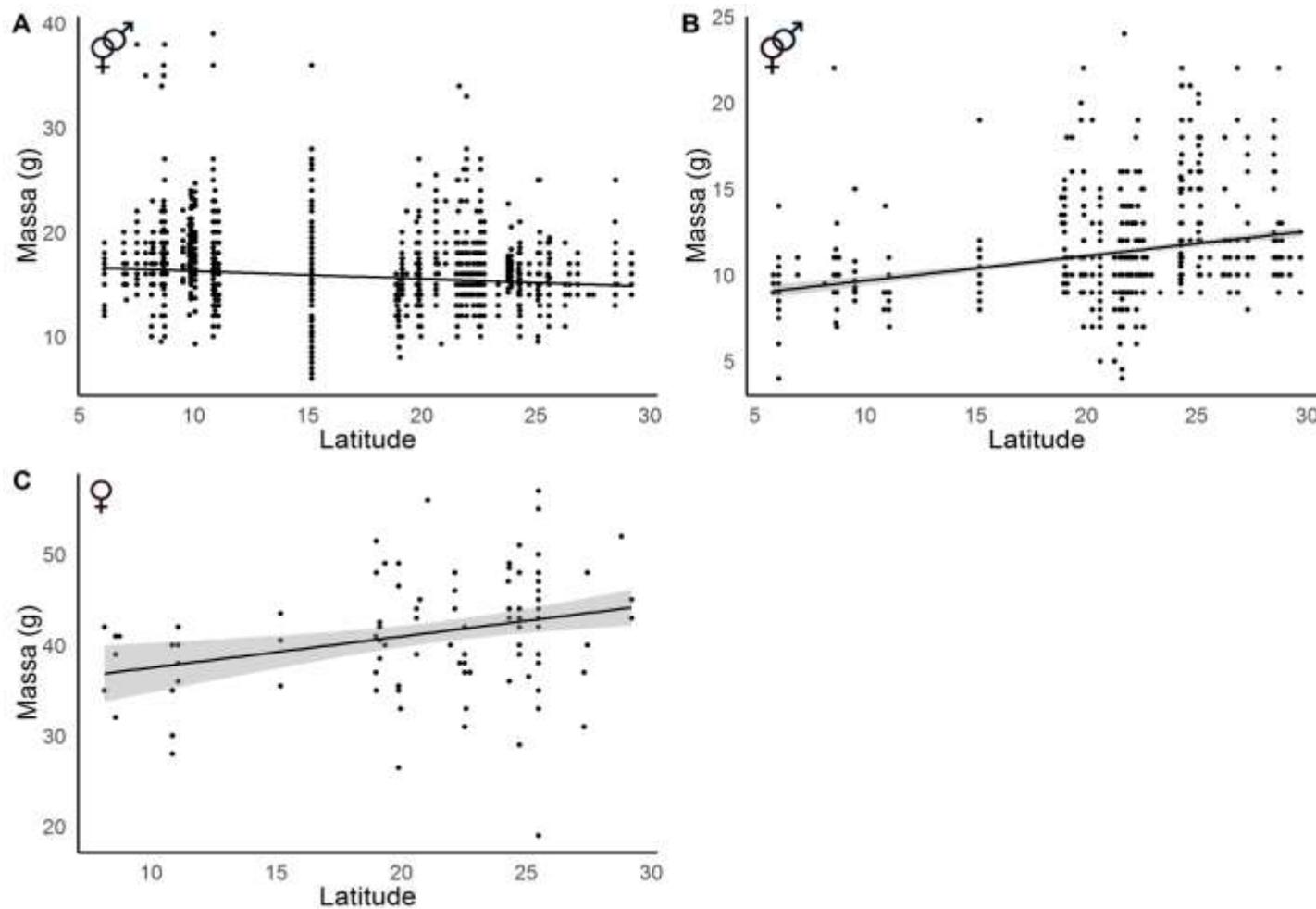
Desmodontinae	Geral	0,2241	< <b>0,0001</b>	326	17,139	<b>0,0002</b>	0,0502	324	32,6532	0,2501
	Macho	0,2269	<b>0,0009</b>	212	11,403	<b>0,0012</b>	0,0515	210	31,7967	0,2075
	Fêmea	0,2935	<b>0,0019</b>	110	10,178	<b>0,0022</b>	0,0861	108	34,0370	0,3453
Glossophaginae	Geral	0,3565	< <b>0,0001</b>	900	130,700	< <b>0,0001</b>	0,1271	898	8,2310	0,1437
	Macho	0,3545	< <b>0,0001</b>	495	70,870	< <b>0,0001</b>	0,1257	493	7,9398	0,1518
	Fêmea	0,3724	< <b>0,0001</b>	399	63,910	< <b>0,0001</b>	0,1387	397	8,4950	0,1396
Phyllostominae	Geral	0,0836	<b>0,0284</b>	687	4,824	<b>0,0266</b>	0,0070	685	35,2018	0,3033
	Macho	0,1193	<b>0,0212</b>	373	5,358	<b>0,0200</b>	0,0142	371	34,2035	0,4497
	Fêmea	0,0452	0,4254	313	0,637	0,5688	0,0020	311	36,0600	0,1565
Stenodermatinae	Geral	0,0836	< <b>0,0001</b>	8.048	56,570	< <b>0,0001</b>	0,0070	8.046	36,5013	0,2615
	Macho	0,0841	< <b>0,0001</b>	4.485	31,920	< <b>0,0001</b>	0,0071	4.483	36,2841	0,2502
	Fêmea	0,0825	< <b>0,0001</b>	3.549	24,3	< <b>0,0001</b>	0,0068	3.547	36,8337	0,2720
Vespertilionidae	Geral	0,1384	<b>0,0047</b>	417	8,099	<b>0,0049</b>	0,0191	415	4,3433	0,0537
	Macho	0,0955	0,1890	191	1,738	0,1858	0,0091	189	4,6799	0,0314
	Fêmea	0,1390	<b>0,0389</b>	221	4,316	<b>0,0365</b>	0,0193	219	4,3237	0,0618



**Fig. 3.** Plot referente ao resultado da regressão linear, considerando a linha de tendência (linha sólida), para a relação entre massa corporal de representantes neotropicais da ordem Chiroptera e latitude.



**Fig. 4.** Plot referente ao resultado da regressão linear considerando a linha de tendência (linha sólida), com seu respectivo intervalo de confiança (área sombreada), para a relação entre massa corporal de morcegos neotropicais e latitude (Famílias): A – Phyllostomidae (geral); B – Vespertilionidae (geral); C – Molossidae (machos).



**Fig. 5.** Plot referente ao resultado da regressão linear considerando a linha de tendência (linha sólida), com seu respectivo intervalo de confiança (área sombreada), para a relação entre massa corporal de morcegos neotropicais e latitude (Subfamílias): A – Carollinae (geral); B – Glossophaginae (geral); C – Desmodontinae (fêmeas).

Dos 21 gêneros analisados, 15 (71%) apresentaram associação significativa entre massa corporal e latitude para pelo menos uma das categorias testadas, sendo que em cinco gêneros (33%) a relação foi inversa (Tabela 4). A relação entre as variáveis analisadas foi semelhante para os dois sexos em nove casos (60%), havendo três gêneros para os quais apenas os machos apresentaram resposta significativa (20%) e outros dois em que apenas as fêmeas responderam (13%; Tabela 4). Em um dos gêneros houve resultado significativo apenas quando analisado o padrão geral (7%; Tabela 4).

**Tabela. 4.** Resultados da correlação de Pearson e regressão linear considerando a variável morfométrica (massa corporal; em g) e a variável geográfica (latitude) para gêneros de morcegos neotropicais. Valores expressos em negrito indicam resultados significativos para as análises estatísticas correspondentes.

Gênero	Categoria	Correlação		Regressão						
		r	p	Nº Pares	F	p	R <sup>2</sup>	g.l.	Intercepto (α)	Coefficiente angular (β)
<i>Anoura</i> <sup>P/G</sup>	Geral	0,0908	0,0990	331	2,737	0,0949	0,0083	329	10,7022	0,0871
	Macho	0,1373	0,0668	179	3,401	0,0633	0,0189	177	9,4855	0,1339
	Fêmea	0,0437	0,5954	150	0,283	0,6021	0,0019	148	11,9507	0,0409
<i>Artibeus</i> <sup>P/S</sup>	Geral	0,4958	< <b>0,0001</b>	4.949	1612,758	< <b>0,0001</b>	0,2459	4.947	31,4348	1,2320
	Macho	0,4806	< <b>0,0001</b>	2.846	853,980	< <b>0,0001</b>	0,2309	2.844	31,0090	1,1560
	Fêmea	0,5190	< <b>0,0001</b>	2.095	771,598	< <b>0,0001</b>	0,2694	2.093	32,3151	1,3174
<i>Carollia</i> <sup>P/C</sup>	Geral	-0,3340	< <b>0,0001</b>	5.102	640,507	< <b>0,0001</b>	0,1116	5.100	18,6968	-0,1334
	Macho	-0,3369	< <b>0,0001</b>	2.621	335,265	< <b>0,0001</b>	0,1135	2.619	18,7261	-0,1290
	Fêmea	-0,3248	< <b>0,0001</b>	2.463	290,162	< <b>0,0001</b>	0,1055	2.461	18,6134	-0,1354

<i>Chiroderma</i> <sup>P/S</sup>	Geral	0,3817	< <b>0,0001</b>	109	18,244	<b>0,0002</b>	0,1457	107	22,2642	0,4095
	Macho	0,6062	< <b>0,0001</b>	54	30,218	< <b>0,0001</b>	0,3675	52	17,8055	0,6153
	Fêmea	0,1382	0,3191	54	1,012	0,3203	0,0191	52	27,7457	0,1566
<i>Chrotopterus</i> <sup>P/P</sup>	Geral	-0,2935	<b>0,0561</b>	43	3,866	<b>0,0531</b>	0,0862	41	123,3497	-1,4071
	Macho	-0,1193	0,5156	32	0,433	0,5224	0,0142	30	102,8225	-0,5558
	Fêmea	-0,7287	<b>0,0110</b>	11	10,191	<b>0,0108</b>	0,5310	9	178,4880	-3,7210
<i>Desmodus</i> <sup>P/D</sup>	Geral	0,2241	< <b>0,0001</b>	326	17,139	<b>0,0002</b>	0,0502	324	32,6532	0,2501
	Macho	0,2269	<b>0,0009</b>	212	11,403	<b>0,0012</b>	0,0515	210	31,7967	0,2075
	Fêmea	0,2935	<b>0,0019</b>	110	10,178	<b>0,0022</b>	0,0861	108	34,0370	0,3453
<i>Eptesicus</i> <sup>V</sup>	Geral	0,4516	<b>0,0001</b>	73	18,193	<b>0,0002</b>	0,2040	71	2,5331	0,1902
	Macho	0,3438	<b>0,0501</b>	33	4,154	<b>0,0475</b>	0,1182	31	4,2609	0,0983
	Fêmea	0,3886	<b>0,0175</b>	37	6,225	<b>0,0166</b>	0,1510	35	3,3806	0,1827
<i>Glossophaga</i> <sup>P/G</sup>	Geral	0,2145	< <b>0,0001</b>	569	27,337	< <b>0,0001</b>	0,0460	567	9,0167	0,0617
	Macho	0,2121	<b>0,0001</b>	316	14,787	<b>0,0004</b>	0,0450	314	8,8370	0,0671
	Fêmea	0,2366	<b>0,0002</b>	249	14,650	<b>0,0004</b>	0,0560	247	9,1659	0,0602

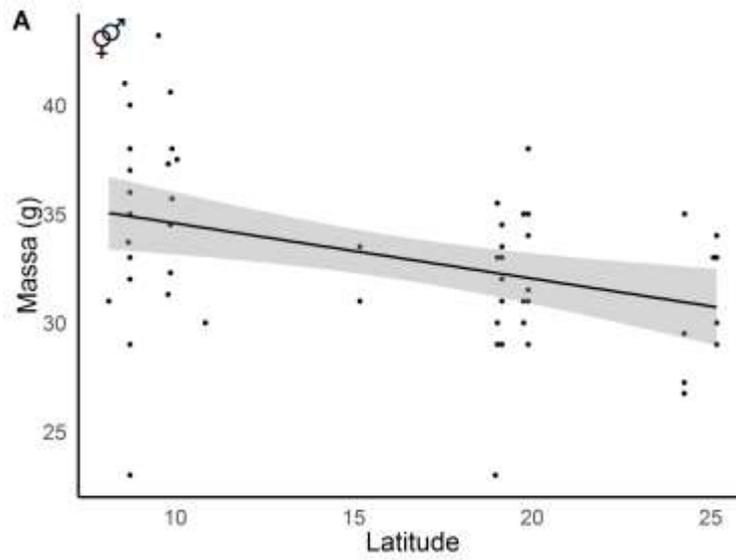
<i>Lasiurus</i> <sup>V</sup>	Geral	0,5383	<b>0,0081</b>	23	8,567	<b>0,0079</b>	0,2898	21	5,1003	0,1446
	Macho	0,5206	<b>0,0387</b>	16	5,205	<b>0,0368</b>	0,2710	14	5,6521	0,1129
	Fêmea	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lonchorhina</i> <sup>P/P</sup>	Geral	0,4444	<b>&lt; 0,0001</b>	134	32,490	<b>&lt; 0,0001</b>	0,1975	132	9,6338	0,3712
	Macho	0,3884	<b>0,0009</b>	70	12,080	<b>0,0012</b>	0,1508	68	9,9485	0,3351
	Fêmea	0,4832	<b>&lt; 0,0001</b>	63	18,576	<b>0,0002</b>	0,2334	61	10,0700	0,3703
<i>Lophostoma</i> <sup>P/P</sup>	Geral	0,1315	0,5403	24	0,387	0,5468	0,0173	22	12,3191	0,0653
	Macho	-0,3376	0,2185	15	1,672	0,2167	0,1139	13	14,6295	-0,1498
	Fêmea	0,5644	0,1134	9	3,272	0,1113	0,3185	7	9,2986	0,3190
<i>Micronycteris</i> <sup>P/P</sup>	Geral	-0,0958	0,6880	20	0,167	0,6901	0,0092	18	8,2688	-0,0475
	Macho	-0,1900	0,6833	7	0,187	0,6835	0,0361	5	9,8718	-0,1013
	Fêmea	-0,0300	0,9226	13	0,010	0,9194	0,0009	11	7,2922	-0,0137
<i>Molossus</i> <sup>M</sup>	Geral	-0,0293	0,6679	217	0,185	0,6718	0,0009	215	20,8062	-0,0508
	Macho	-0,2100	<b>0,0509</b>	87	3,923	<b>0,0480</b>	0,0441	85	25,6886	-0,3007
	Fêmea	0,1618	0,0658	130	3,443	0,0624	0,0262	128	12,5942	0,3507

<i>Myotis</i> <sup>V</sup>	Geral	-0,0423	0,4500	321	0,572	0,5434	0,0018	319	5,3168	-0,0103
	Macho	-0,0462	0,5854	142	0,299	0,5922	0,0021	140	5,0233	-0,0085
	Fêmea	-0,0783	0,3004	177	1,079	0,3008	0,0061	175	5,8009	-0,0218
<i>Phyllostomus</i> <sup>P/P</sup>	Geral	0,4048	<b>&lt; 0,0001</b>	409	79,763	<b>&lt; 0,0001</b>	0,1639	407	28,3385	1,5060
	Macho	0,3055	<b>0,0000</b>	214	21,825	<b>&lt; 0,0001</b>	0,0933	212	32,5057	1,1582
	Fêmea	0,5019	<b>0,0000</b>	195	64,988	<b>&lt; 0,0001</b>	0,2519	193	24,2785	1,8343
<i>Platyrrhinus</i> <sup>P/S</sup>	Geral	-0,0890	<b>0,0525</b>	476	3,780	<b>0,0494</b>	0,0079	474	23,9172	-0,0529
	Macho	-0,0542	0,3739	271	0,793	0,6225	0,0029	269	22,9041	-0,0317
	Fêmea	-0,0654	0,3529	204	0,867	0,6446	0,0043	202	24,5253	-0,0383
<i>Pygoderma</i> <sup>P/S</sup>	Geral	-0,1381	0,3194	54	1,011	0,3206	0,0191	52	27,0759	-0,2593
	Macho	-0,1587	0,4386	26	0,620	0,5556	0,0252	24	22,6923	-0,1561
	Fêmea	-0,1604	0,4150	28	0,686	0,5800	0,0257	26	31,2457	-0,3595
<i>Rhinophylla</i> <sup>P/C</sup>	Geral	0,0038	0,9365	442	0,006	0,9344	0,0000	440	9,2306	0,0052
	Macho	-0,0268	0,7089	197	0,140	0,7104	0,0007	195	9,5463	-0,0360
	Fêmea	0,0375	0,5595	245	0,342	0,5666	0,0014	243	8,8208	0,0488

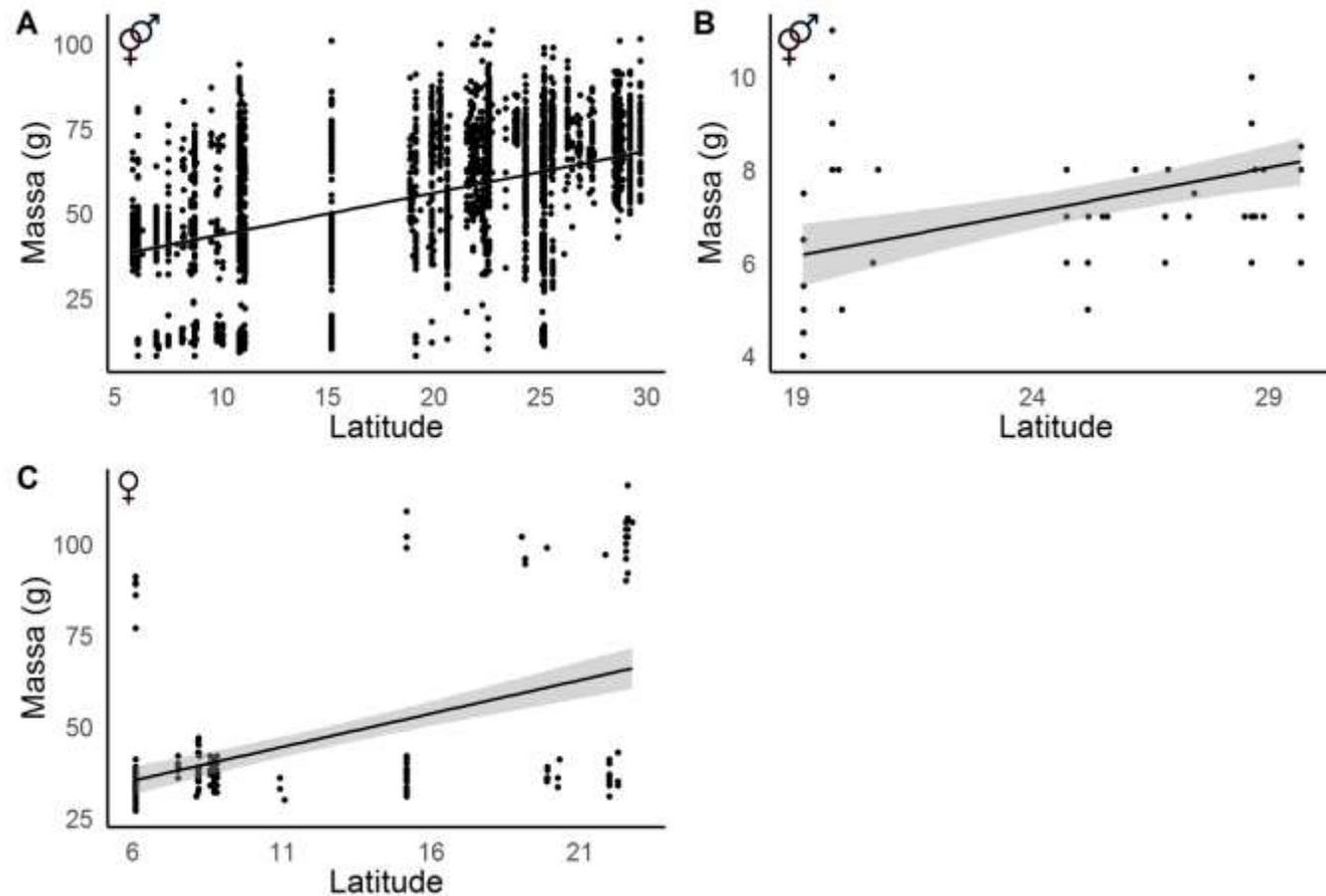
<i>Sturnira</i> <sup>P/S</sup>	Geral	0,1871	< <b>0,0001</b>	2.419	87,692	< <b>0,0001</b>	0,0350	2.417	18,1090	0,1271
	Macho	0,1882	< <b>0,0001</b>	1.267	46,458	< <b>0,0001</b>	0,0354	1.265	18,8259	0,1219
	Fêmea	0,2038	< <b>0,0001</b>	1.148	49,665	< <b>0,0001</b>	0,0415	1.146	17,1945	0,1379
<i>Trachops</i> <sup>P/P</sup>	Geral	-0,3847	<b>0,0031</b>	57	9,556	<b>0,0034</b>	0,1480	55	37,1138	-0,2539
	Macho	-0,2477	0,1514	35	2,157	0,1480	0,0614	33	35,7270	-0,1630
	Fêmea	-0,5761	<b>0,0050</b>	22	9,935	<b>0,0051</b>	0,3319	20	39,0762	-0,3812
<i>Vampyressa</i> <sup>P/S</sup>	Geral	0,4495	<b>0,0032</b>	41	9,877	<b>0,0035</b>	0,2021	39	4,9487	0,2366
	Macho	0,4958	<b>0,0223</b>	21	6,194	<b>0,0211</b>	0,2459	19	2,2984	0,3280
	Fêmea	0,5161	<b>0,0198</b>	20	6,535	<b>0,0189</b>	0,2664	18	5,6755	0,2261

Legenda das Famílias / Subfamílias <sup>(sobrescrito)</sup>: P/C: Phyllostomidae/Carollinae, P/D: Phyllostomidae/Desmodontinae, P/G: Phyllostomidae/Glossophaginae, P/P: Phyllostomidae/Phyllostominae, P/S: Phyllostomidae/Stenodermatinae, M: Molossidae, V: Vespertilionidae.

Os gêneros *Carollia*, *Chrotopterus*, *Molossus*, *Platyrrhinus* e *Trachops* apresentaram associação significativa inversa entre massa e latitude (Tabela 4). Destes, o efeito da latitude foi maior nos gêneros *Carollia* e *Trachops* (Fig. 6) considerando o padrão geral (11 e 15% da variação da massa pode ser atribuída à latitude, nesta ordem), sendo a resposta mais expressiva em fêmeas de *Trachops* e *Chrotopterus* (33 e 53%, respectivamente; Tabela 4). Nestes casos, a massa corporal diminuiu 0,38 e 3,72 vezes, respectivamente, a cada acréscimo em um grau na latitude (Tabela 4). Entre os gêneros com associação significativa direta entre massa e latitude, os valores mais expressivos foram observados em *Artibeus*, *Chiroderma*, *Eptesicus*, *Lasiurus*, *Lonchorhina*, *Phyllostomus* e *Vampyressa* (Tabela 4). Destes, a variação da massa corporal explicada pela latitude foi maior em *Artibeus* (25%; Fig. 7), *Eptesicus* (20%; Fig. 7), *Lasiurus* (29%), *Lonchorhina* (20%) e *Vampyressa* (20%) considerando o padrão geral (Tabela 4). Quando analisados os sexos separadamente, destaca-se o efeito da latitude em machos de *Artibeus* (23%), *Chiroderma* (37%), *Lasiurus* (27%) e *Vampyressa* (25%), e em fêmeas de *Artibeus* (27%), *Lonchorhina* (23%), *Phyllostomus* (25%; Fig. 7) e *Vampyressa* (27%; Tabela 4). Nesses táxons, o aumento da massa a cada um grau de aumento da latitude variou entre 0,10 e 1,83 vezes (Tabela 4).



**Fig. 6.** Plot referente ao resultado da regressão linear considerando a linha de tendência (linha sólida), com seu respectivo intervalo de confiança (área sombreada), para a relação entre massa corporal de morcegos neotropicais e latitude (gêneros): *Trachops* (geral).



**Fig. 7.** Plot referente ao resultado da regressão linear considerando a linha de tendência (linha sólida), com seu respectivo intervalo de confiança (área sombreada), para a relação entre massa corporal de morcegos neotropicais e latitude (gêneros): A – *Artibeus* (geral); B - *Eptesicus* (geral); C – *Phyllostomus* (fêmea).

Foram observadas associações significativas entre massa corporal e latitude para 24 (75%) das 32 espécies analisadas, considerando pelo menos uma das categorias testadas, e em quatro delas (17%) a relação foi inversa (Tabela 5). Ambos os sexos responderam em 13 espécies (54%), com respostas significativas apenas em machos em quatro casos (17%) e apenas em fêmeas em seis espécies (25%; Tabela 5). Para uma espécie houve resultado significativo apenas para o padrão geral (4%; Tabela 5).

**Tabela. 5.** Resultados da correlação de Pearson e regressão linear considerando a variável morfométrica (massa corporal; em g) e a variável geográfica (latitude) para espécies de morcegos neotropicais. Valores expressos em negrito indicam resultados significativos para as análises estatísticas correspondentes.

Espécie	Categoria	Correlação		Regressão						
		r	p	N° Pares	F	p	R <sup>2</sup>	g.l.	Intercepto (α)	Coefficiente angular (β)
<i>Anoura caudifer</i> <sup>P/G</sup>	Geral	0,1237	0,0617	229	3,526	<b>0,0584</b>	0,0153	227	9,3970	0,0929
	Macho	0,1851	<b>0,0365</b>	128	4,470	<b>0,0342</b>	0,0343	126	8,2797	0,1414
	Fêmea	0,0300	0,7678	99	0,088	0,7653	0,0009	97	11,0834	0,0218
<i>Anoura geoffroyi</i> <sup>P/G</sup>	Geral	0,4431	< <b>0,0001</b>	102	24,436	< <b>0,0001</b>	0,1964	100	6,9010	0,3626
	Macho	0,3742	<b>0,0068</b>	51	7,976	<b>0,0069</b>	0,1400	49	7,0751	0,3447
	Fêmea	0,5303	< <b>0,0001</b>	51	19,174	<b>0,0002</b>	0,2812	49	6,5311	0,3895
<i>Artibeus cinereus</i> <sup>P/S</sup>	Geral	0,1125	<b>0,0336</b>	357	4,552	<b>0,0315</b>	0,0127	355	13,0215	0,0365
	Macho	0,0739	0,2908	206	1,122	0,2909	0,0055	204	12,6701	0,0222
	Fêmea	0,1717	<b>0,0350</b>	151	4,526	<b>0,0329</b>	0,0295	149	13,5207	0,0543

<i>Artibeus fimbriatus</i> <sup>P/S</sup>	Geral	0,2152	< <b>0,0001</b>	646	31,282	< <b>0,0001</b>	0,0463	644	47,8952	0,4295
	Macho	0,1951	<b>0,0004</b>	321	12,627	<b>0,0008</b>	0,0381	319	49,7950	0,3262
	Fêmea	0,2546	< <b>0,0001</b>	322	22,188	< <b>0,0001</b>	0,0648	320	44,2768	0,6050
<i>Artibeus lituratus</i> <sup>P/S</sup>	Geral	0,3413	< <b>0,0001</b>	1.910	251,480	< <b>0,0001</b>	0,1165	1.908	62,1913	0,4935
	Macho	0,3810	< <b>0,0001</b>	1.059	179,471	< <b>0,0001</b>	0,1451	1.057	59,6716	0,4985
	Fêmea	0,2919	< <b>0,0001</b>	847	78,676	< <b>0,0001</b>	0,0852	845	66,9205	0,4169
<i>Artibeus obscurus</i> <sup>P/S</sup>	Geral	0,1259	<b>0,0023</b>	583	9,357	<b>0,0027</b>	0,0159	581	36,6522	0,1306
	Macho	0,2871	< <b>0,0001</b>	319	28,472	< <b>0,0001</b>	0,0824	317	32,2848	0,3001
	Fêmea	-0,0332	0,5914	264	0,289	0,5981	0,0011	262	40,8333	-0,0341
<i>Artibeus planirostris</i> <sup>P/S</sup>	Geral	0,2844	< <b>0,0001</b>	1.453	127,691	< <b>0,0001</b>	0,0809	1.451	41,2071	0,2455
	Macho	0,3491	< <b>0,0001</b>	941	130,294	< <b>0,0001</b>	0,1219	939	39,9751	0,2858
	Fêmea	0,2763	< <b>0,0001</b>	511	42,065	< <b>0,0001</b>	0,0763	509	42,1466	0,2836
<i>Carollia perspicillata</i> <sup>P/C</sup>	Geral	-0,3340	< <b>0,0001</b>	5.102	640,507	< <b>0,0001</b>	0,1116	5.100	18,6968	-0,1334
	Macho	-0,3369	< <b>0,0001</b>	2.621	335,265	< <b>0,0001</b>	0,1135	2.619	18,7261	-0,1290
	Fêmea	-0,3248	< <b>0,0001</b>	2.463	290,162	< <b>0,0001</b>	0,1055	2.461	18,6134	-0,1354

<i>Chiroderma doriae</i> <sup>P/S</sup>	Geral	0,4793	< <b>0,0001</b>	66	19,085	<b>0,0002</b>	0,2297	64	24,7935	0,3948
	Macho	0,6965	< <b>0,0001</b>	36	32,033	< <b>0,0001</b>	0,4851	34	18,6799	0,6523
	Fêmea	0,2709	0,1552	29	2,138	0,1519	0,0734	27	30,3226	0,1799
<i>Chiroderma villosum</i> <sup>P/S</sup>	Geral	-0,1553	0,3200	43	1,013	0,3213	0,0241	41	28,6689	-0,1648
	Macho	-0,2862	0,2496	18	1,428	0,2485	0,0819	16	26,4777	-0,1487
	Fêmea	-0,3392	0,0971	25	2,991	0,0937	0,1151	23	36,5542	-0,5213
<i>Chrotopterus auritus</i> <sup>P/P</sup>	Geral	-0,2935	<b>0,0561</b>	43	3,866	<b>0,0531</b>	0,0862	41	123,3497	-1,4071
	Macho	-0,1193	0,5156	32	0,433	0,5224	0,0142	30	102,8225	-0,5558
	Fêmea	-0,7287	<b>0,0110</b>	11	10,191	<b>0,0108</b>	0,5310	9	178,4880	-3,7210
<i>Desmodus rotundus</i> <sup>P/D</sup>	Geral	0,2241	< <b>0,0001</b>	326	17,139	<b>0,0002</b>	0,0502	324	32,6532	0,2501
	Macho	0,2269	<b>0,0009</b>	212	11,403	<b>0,0012</b>	0,0515	210	31,7967	0,2075
	Fêmea	0,2935	<b>0,0019</b>	110	10,178	<b>0,0022</b>	0,0861	108	34,0370	0,3453
<i>Eptesicus diminutus</i> <sup>V</sup>	Geral	0,5068	<b>0,0010</b>	39	12,790	<b>0,0013</b>	0,2569	37	1,3197	0,2139
	Macho	0,4715	<b>0,0173</b>	25	6,576	<b>0,0165</b>	0,2224	23	3,1480	0,1374
	Fêmea	0,6354	<b>0,0146</b>	14	8,126	<b>0,0141</b>	0,4038	12	-4,0605	0,4231

<i>Eptesicus furinalis</i> <sup>V</sup>	Geral	0,6427	< <b>0,0001</b>	34	22,515	< <b>0,0001</b>	0,4130	32	0,3205	0,3111
	Macho	0,1175	0,7817	8	0,084	0,7769	0,0138	6	4,2159	0,1099
	Fêmea	0,4870	<b>0,0184</b>	23	6,528	<b>0,0175</b>	0,2371	21	3,2827	0,2055
<i>Glossophaga soricina</i> <sup>P/G</sup>	Geral	0,2145	< <b>0,0001</b>	569	27,337	< <b>0,0001</b>	0,0460	567	9,0167	0,0617
	Macho	0,2121	<b>0,0001</b>	316	14,787	<b>0,0004</b>	0,0450	314	8,8370	0,0671
	Fêmea	0,2366	<b>0,0002</b>	249	14,650	<b>0,0004</b>	0,0560	247	9,1659	0,0602
<i>Lasiurus blossevillii</i> <sup>V</sup>	Geral	0,5383	<b>0,0081</b>	23	8,567	<b>0,0079</b>	0,2898	21	5,1003	0,1446
	Macho	0,5206	<b>0,0387</b>	16	5,205	<b>0,0368</b>	0,2710	14	5,6521	0,1129
	Fêmea	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lonchorhina aurita</i> <sup>P/P</sup>	Geral	0,4444	< <b>0,0001</b>	134	32,490	< <b>0,0001</b>	0,1975	132	9,6338	0,3712
	Macho	0,3884	<b>0,0009</b>	70	12,080	<b>0,0012</b>	0,1508	68	9,9485	0,3351
	Fêmea	0,4832	< <b>0,0001</b>	63	18,576	<b>0,0002</b>	0,2334	61	10,0700	0,3703
<i>Lophostoma brasiliense</i> <sup>P/P</sup>	Geral	0,1315	0,5403	24	0,387	0,5468	0,0173	22	12,3191	0,0653
	Macho	-0,3376	0,2185	15	1,672	0,2167	0,1139	13	14,6295	-0,1498
	Fêmea	0,5644	0,1134	9	3,272	0,1113	0,3185	7	9,2986	0,3190

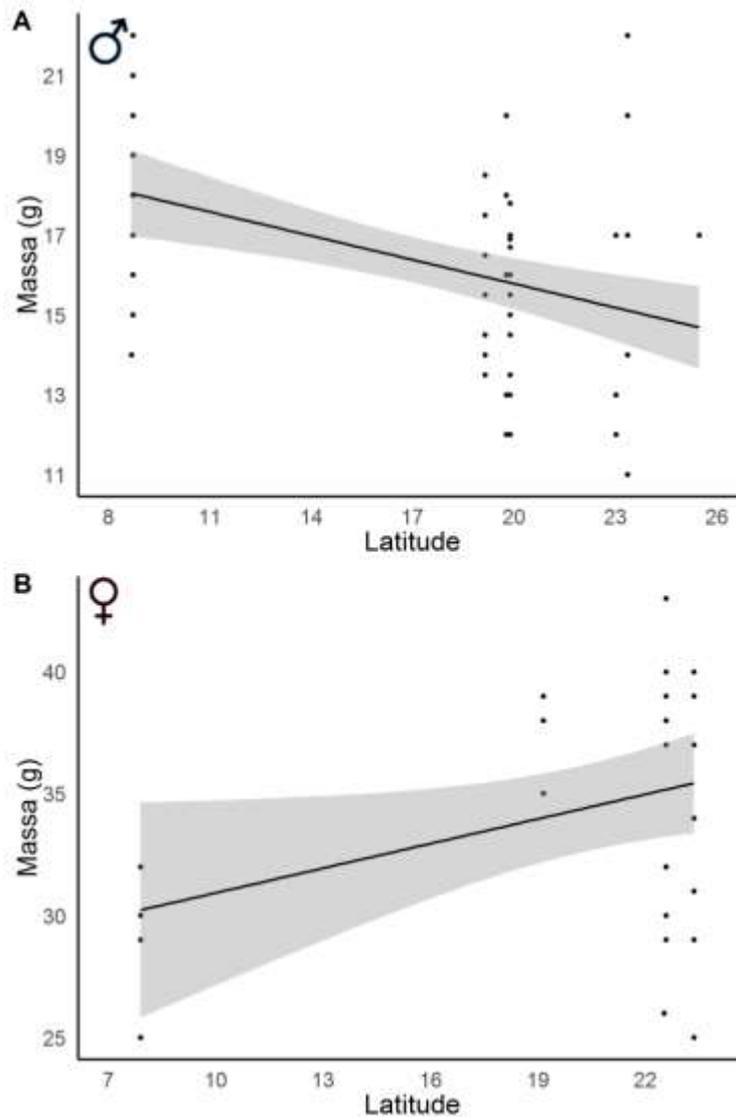
<i>Miconycteris megalotis</i> P/P	Geral	-0,0958	0,6880	20	0,167	0,6901	0,0092	18	8,2688	-0,0475
	Macho	-0,1900	0,6833	7	0,187	0,6835	0,0361	5	9,8718	-0,1013
	Fêmea	-0,0300	0,9226	13	0,010	0,9194	0,0009	11	7,2922	-0,0137
<i>Molossus molossus</i> <sup>M</sup>	Geral	-0,3874	<b>&lt; 0,0001</b>	165	28,778	<b>&lt; 0,0001</b>	0,1501	163	18,6675	-0,1884
	Macho	-0,4232	<b>0,0004</b>	67	14,177	<b>0,0006</b>	0,1791	65	19,7814	-0,1999
	Fêmea	-0,2191	<b>0,0302</b>	98	4,840	<b>0,0284</b>	0,0480	96	16,1809	-0,0904
<i>Molossus rufus</i> <sup>M</sup>	Geral	0,2589	0,0639	52	3,592	0,0606	0,0670	50	31,3010	0,1846
	Macho	0,2690	0,2515	20	1,404	0,2504	0,0723	18	32,8375	0,1527
	Fêmea	0,3581	<b>0,0442</b>	32	4,413	<b>0,0418</b>	0,1282	30	27,5661	0,3366
<i>Myotis nigricans</i> <sup>V</sup>	Geral	-0,0700	0,2596	261	1,276	0,2585	0,0049	259	5,5014	-0,0180
	Macho	-0,0846	0,3665	116	0,822	0,6303	0,0072	114	5,2404	-0,0173
	Fêmea	-0,0824	0,3242	145	0,979	0,6749	0,0068	143	5,8235	-0,0232
<i>Myotis riparius</i> <sup>V</sup>	Geral	0,1257	0,3384	60	0,932	0,6599	0,0158	58	4,3498	0,0263
	Macho	0,1216	0,5539	26	0,361	0,5604	0,0148	24	4,3639	0,0160
	Fêmea	-0,1070	0,5601	32	0,347	0,5668	0,0114	30	7,4066	-0,0773

<i>Phyllostomus discolor</i> <sup>P/P</sup>	Geral	0,1136	<b>0,0323</b>	355	4,618	<b>0,0303</b>	0,0129	353	36,4731	0,0797
	Macho	0,1103	0,1297	190	2,317	0,1256	0,0122	188	37,3888	0,0764
	Fêmea	0,1063	0,1743	165	1,862	0,1708	0,0113	163	35,5564	0,0707
<i>Phyllostomus hastatus</i> <sup>P/P</sup>	Geral	0,3357	<b>0,0131</b>	54	6,605	<b>0,0126</b>	0,1127	52	92,2278	0,5421
	Macho	0,3067	0,1450	24	2,284	0,1417	0,0940	22	96,8771	0,5527
	Fêmea	0,6450	<b>0,0001</b>	30	19,947	<b>0,0003</b>	0,4160	28	83,3902	0,8099
<i>Platyrrhinus lineatus</i> <sup>P/S</sup>	Geral	-0,0750	0,1337	401	2,258	0,1296	0,0056	399	24,2071	-0,0437
	Macho	-0,0521	0,4298	232	0,626	0,5643	0,0027	230	23,3284	-0,0288
	Fêmea	-0,0051	0,9473	169	0,004	0,9458	0,0000	167	24,4245	-0,0031
<i>Platyrrhinus recifinus</i> <sup>P/S</sup>	Geral	0,4722	<b>&lt; 0,0001</b>	75	20,943	<b>&lt; 0,0001</b>	0,2229	73	14,5030	0,2821
	Macho	0,3990	<b>0,0119</b>	39	7,004	<b>0,0115</b>	0,1592	37	15,3190	0,2046
	Fêmea	0,4855	<b>0,0031</b>	35	10,179	<b>0,0034</b>	0,2357	33	14,8210	0,3059
<i>Pygoderma bilabiatum</i> <sup>P/S</sup>	Geral	-0,1381	0,3194	54	1,011	0,3206	0,0191	52	27,0759	-0,2593
	Macho	-0,1587	0,4386	26	0,620	0,5556	0,0252	24	22,6923	-0,1561
	Fêmea	-0,1604	0,4150	28	0,686	0,5800	0,0257	26	31,2457	-0,3595

<i>Rhinophylla pumilio</i> <sup>P/C</sup>	Geral	0,0038	0,9365	442	0,006	0,9344	0,0000	440	9,2306	0,0052
	Macho	-0,0268	0,7089	197	0,140	0,7104	0,0007	195	9,5463	-0,0360
	Fêmea	0,0375	0,5595	245	0,342	0,5666	0,0014	243	8,8208	0,0488
<i>Sturnira lilium</i> <sup>P/S</sup>	Geral	0,1871	< <b>0,0001</b>	2.419	87,692	< <b>0,0001</b>	0,0350	2.417	18,1090	0,1271
	Macho	0,1882	< <b>0,0001</b>	1.267	46,458	< <b>0,0001</b>	0,0354	1.265	18,8259	0,1219
	Fêmea	0,2038	< <b>0,0001</b>	1.148	49,665	< <b>0,0001</b>	0,0415	1.146	17,1945	0,1379
<i>Trachops cirrhosus</i> <sup>P/P</sup>	Geral	-0,3847	<b>0,0031</b>	57	9,556	<b>0,0034</b>	0,1480	55	37,1138	-0,2539
	Macho	-0,2477	0,1514	35	2,157	0,1480	0,0614	33	35,7270	-0,1630
	Fêmea	-0,5761	<b>0,0050</b>	22	9,935	<b>0,0051</b>	0,3319	20	39,0762	-0,3812
<i>Vampyressa pusilla</i> <sup>P/S</sup>	Geral	0,4495	<b>0,0032</b>	41	9,877	<b>0,0035</b>	0,2021	39	4,9487	0,2366
	Macho	0,4958	<b>0,0223</b>	21	6,194	<b>0,0211</b>	0,2459	19	2,2984	0,3280
	Fêmea	0,5161	<b>0,0198</b>	20	6,535	<b>0,0189</b>	0,2664	18	5,6755	0,2261

Legenda das Famílias / Subfamílias <sup>(sobrescrito)</sup>: P/C: Phyllostomidae/Carollinae, P/D: Phyllostomidae/Desmodontinae, P/G: Phyllostomidae/Glossophaginae, P/P: Phyllostomidae/Phyllostominae, P/S: Phyllostomidae/Stenodermatinae, M: Molossidae, V: Vespertilionidae.

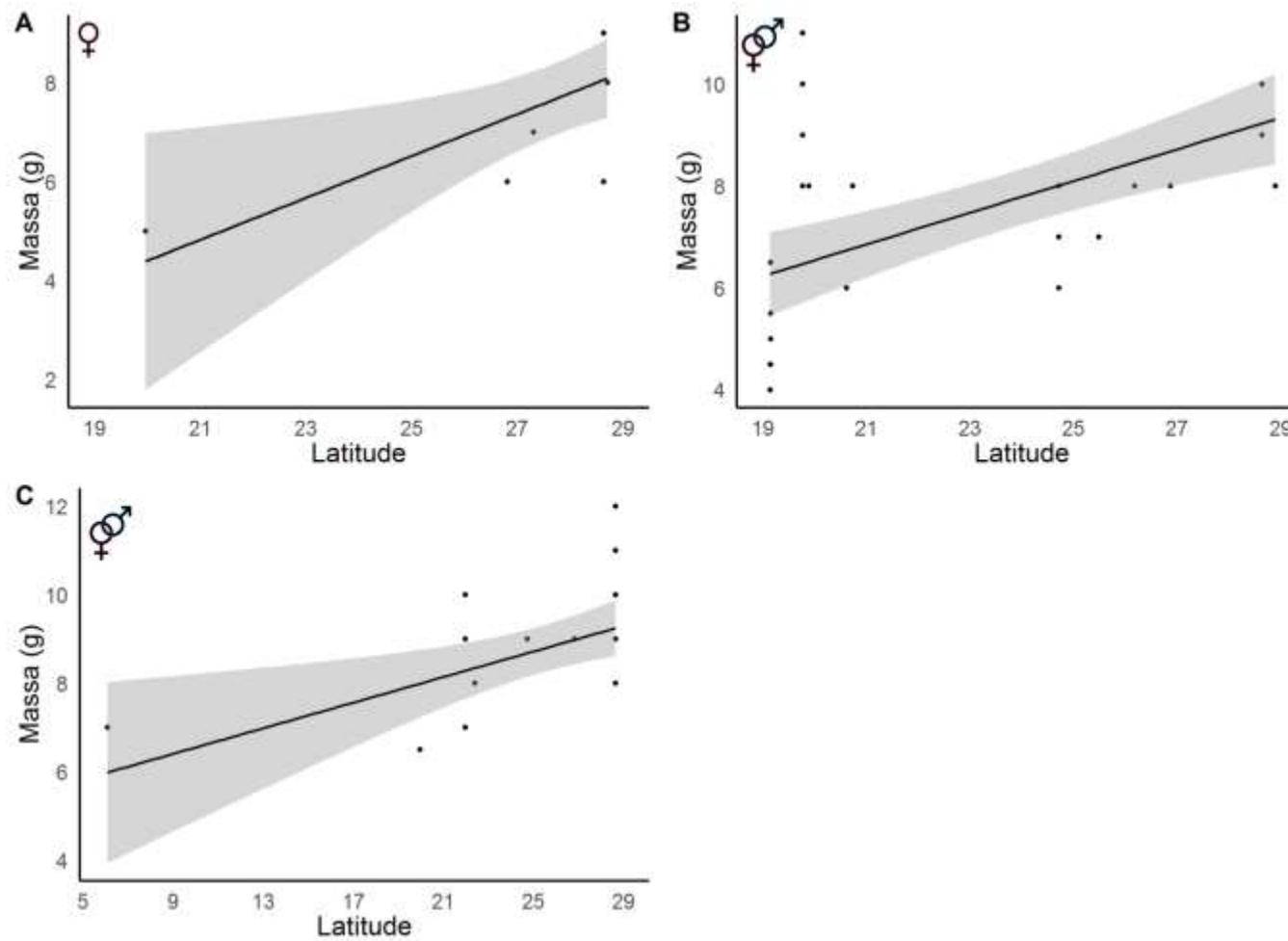
Os representantes da família Molossidae responderam de forma oposta à variação da latitude (Tabela 5). *Molossus molossus* apresentou associação significativa inversa entre massa e latitude, respondendo nas três categorias de análise com diferentes intensidades, embora os machos tenham apresentado maior efeito da variável geográfica (18%; Tabela 5; Fig. 8). Para estes organismos, houve diminuição de 0,20 vezes na massa corporal a cada aumento de um grau de latitude (Tabela 5). Para *Molossus rufus* apenas as fêmeas apresentaram relação significativa entre as variáveis analisadas, onde 13% da variação da massa pode ser atribuída à latitude (Tabela 5; Fig. 8). Para as fêmeas dessa espécie, a cada acréscimo de um grau de latitude ocorreu aumento de 0,34 vezes na massa corporal (Tabela 5).



**Fig. 8.** Plot referente ao resultado da regressão linear considerando a linha de tendência (linha sólida), com seu respectivo intervalo de confiança (área sombreada), para a relação entre massa corporal de morcegos neotropicais e latitude (espécies): A - *Molossus molossus* (machos); B - *Molossus rufus* (fêmeas).

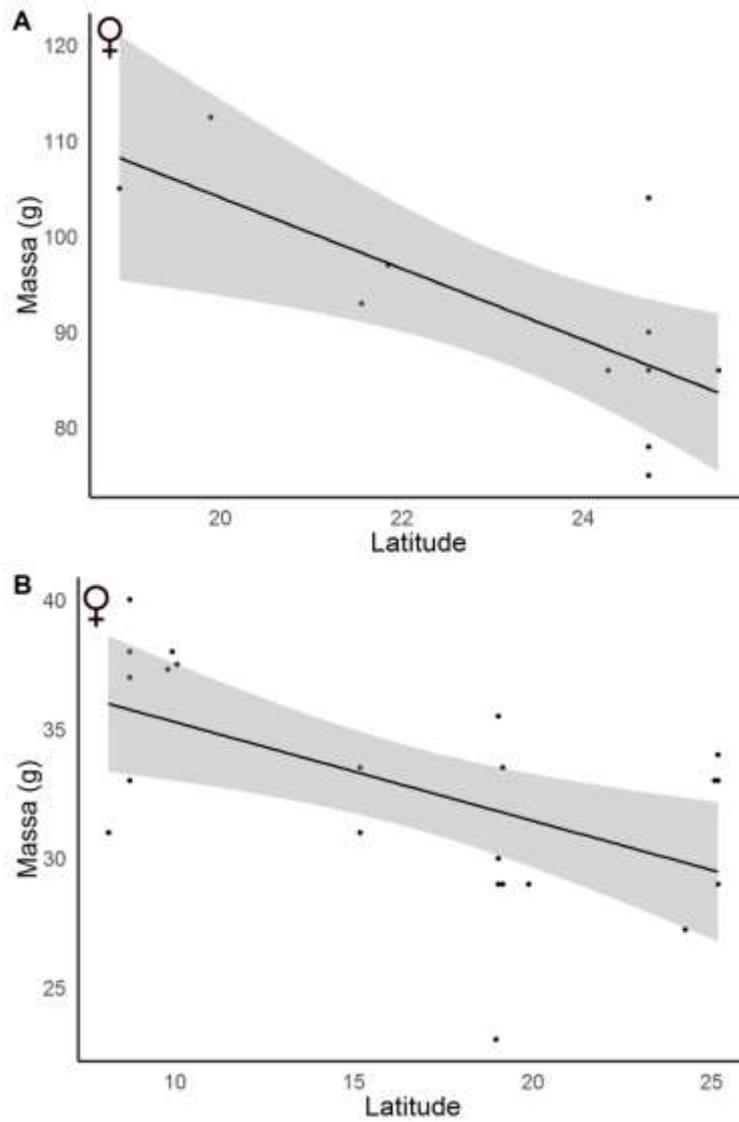
Entre os cinco representantes da família Vespertilionidae, três espécies apresentaram associações significativas entre a latitude e a massa corporal, as quais foram diretas e moderadas (Tabela 5). O efeito da variável geográfica foi maior em *Eptesicus furinalis* (41%; Fig. 9), seguido de *Lasiurus blossevilli* (29%; Fig. 9) e *Eptesicus diminutus* (26%) considerando o padrão geral (Tabela 5). Para *Eptesicus diminutus*, as fêmeas

apresentaram maior resposta à latitude (40%; Fig. 9), em comparação com os machos (22%), e apenas as fêmeas de *Eptesicus furinalis* responderam significativamente à latitude (23%; Tabela 5). Para *Lasiurus blossevilli*, cerca de 27% da variação da massa dos machos pode ser atribuída à latitude, não tendo sido possível avaliar as fêmeas separadamente (Tabela 5). Nas espécies de Vespertilionidae que responderam à latitude, a massa aumentou entre 0,11 e 0,42 vezes a cada aumento de um grau na latitude (Tabela 5).



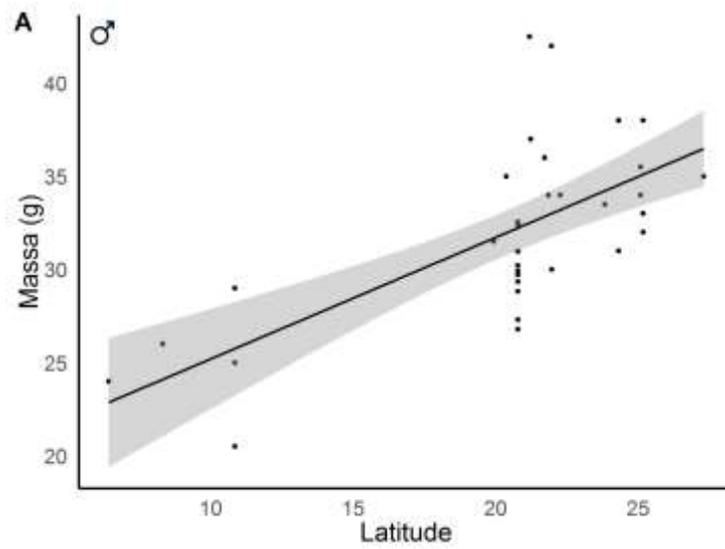
**Fig. 9.** Plot referente ao resultado da regressão linear considerando a linha de tendência (linha sólida), com seu respectivo intervalo de confiança (área sombreada), para a relação entre massa corporal de morcegos neotropicais e latitude (espécies): A – *Eptesicus diminutus* (fêmeas); B – *Eptesicus furinalis* (geral); C – *Lasiurus blossevilli* (geral).

Entre os Phyllostomidae, três espécies apresentaram associação significativa inversa entre massa e latitude, cuja relação variou de fraca a forte (Tabela 5). O efeito da latitude sobre a massa corporal foi maior em *Trachops cirrhosus* (15%), seguido por *Carollia perspicillata* (11%) e *Chrotopterus auritus* (9%; Tabela 5). Considerando os sexos separadamente, foram observadas respostas semelhantes entre machos e fêmeas de *Carollia perspicillata* (11%), enquanto em *Trachops cirrhosus* e *Chrotopterus auritus* apenas as fêmeas responderam significativamente (33 e 53%, respectivamente; Tabela 5; Fig. 10). Para essas três espécies, a massa corporal diminuiu entre 0,13 e 3,72 vezes a cada acréscimo de um grau de latitude (Tabela 5).

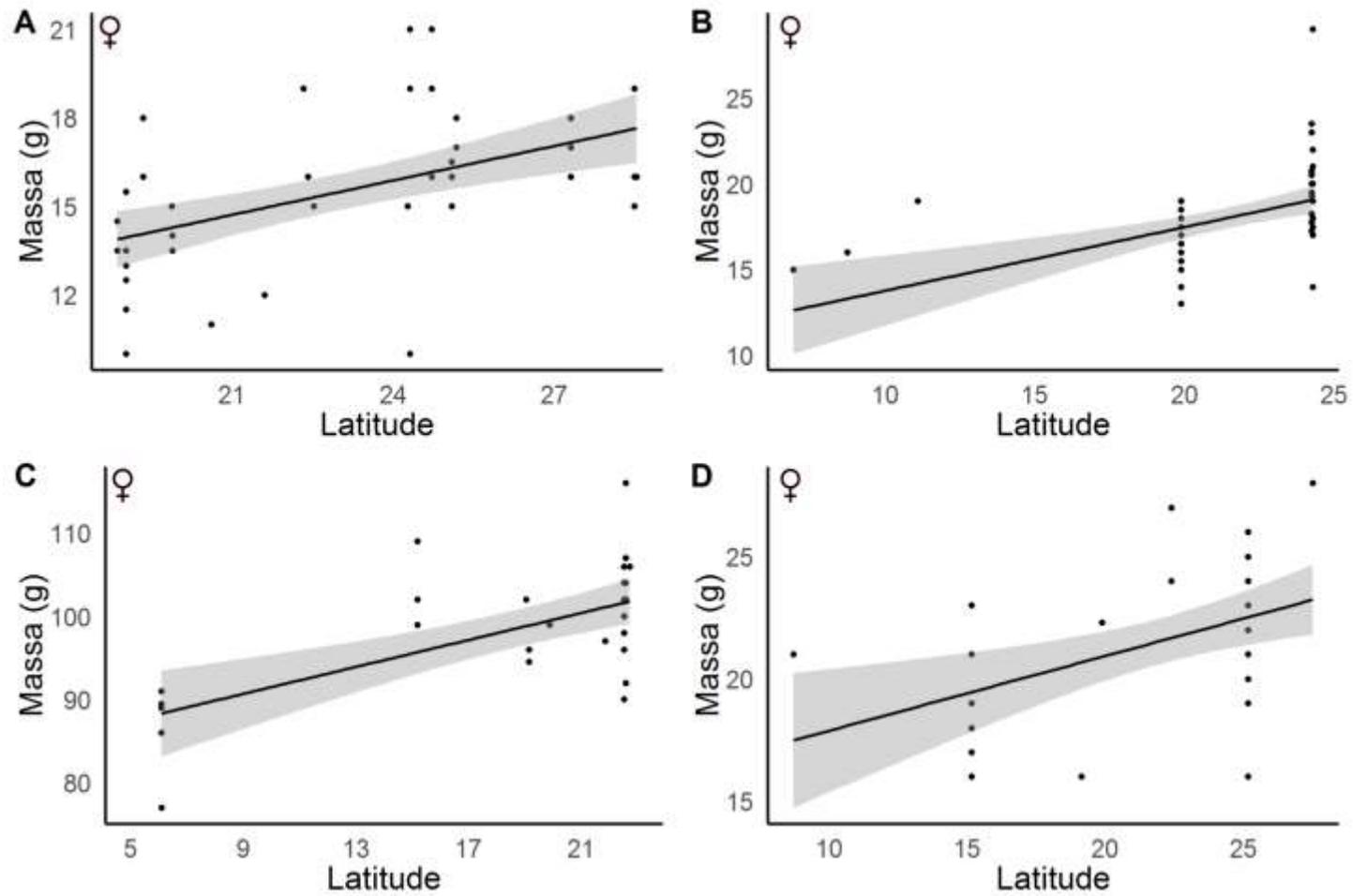


**Fig. 10.** Plot referente ao resultado da regressão linear considerando a linha de tendência (linha sólida), com seu respectivo intervalo de confiança (área sombreada), para a relação entre massa corporal de morcegos neotropicais e latitude (espécies). A - *Chrotopterus auritus* (fêmeas); B - *Trachops cirrhosus* (fêmeas).

Para as espécies de Phyllostomidae que apresentaram associação significativa direta entre massa e latitude ( $n = 16$ ), houve grande variação em relação à intensidade da relação (variando de fraca a forte), com diferenças nas respostas de machos e fêmeas para 75% dos táxons (Tabela 5). O efeito da latitude sobre a variável morfométrica foi maior em *Anoura geoffroyi* (explicando 20% da variação da massa), *Chiroderma doriae* (23%), *Lonchorhina aurita* (20%), *Platyrrhinus recifinus* (22%) e *Vampyressa pusilla* (20%) quando considerado o padrão geral (Tabela 5). Considerando os sexos separadamente, houve maior efeito da latitude em machos de *Chiroderma doriae* (49%; Fig. 11) e fêmeas de *Anoura geoffroyi* (28%), *Lonchorhina aurita* (23%), *Phyllostomus hastatus* (42%) e *Platyrrhinus recifinus* (24%; Tabela 5; Fig. 12). Em *Vampyressa pusilla*, machos e fêmeas apresentaram pequena diferença em relação ao efeito da latitude (25 e 27%, respectivamente), assim como em *Glossophaga soricina* (5 e 6%, respectivamente) e *Sturnira lilium* (4% em ambos os casos; Tabela 5). Para *Phyllostomus discolor*, embora o padrão geral tenha sido significativo, não houve associação entre as variáveis quando analisados os sexos separadamente (Tabela 5). Para as espécies citadas, o aumento da massa variou entre 0,21 e 0,81 vezes a cada um grau de aumento da latitude (Tabela 5).



**Fig. 11.** Plot referente ao resultado da regressão linear considerando a linha de tendência (linha sólida), com seu respectivo intervalo de confiança (área sombreada), para a relação entre massa corporal de morcegos neotropicais e latitude (espécies). A – *Chiroderma doriae* (machos).



**Fig. 12.** Plot referente ao resultado da regressão linear considerando a linha de tendência (linha sólida), com seu respectivo intervalo de confiança (área sombreada), para a relação entre massa corporal de morcegos neotropicais e latitude (espécies): A - *Anoura geoffroyi* (fêmeas); B - *Lonchorhina aurita* (fêmeas); C - *Phyllotomus hastatus* (fêmeas); D - *Platyrrhinus recifinus* (fêmeas).

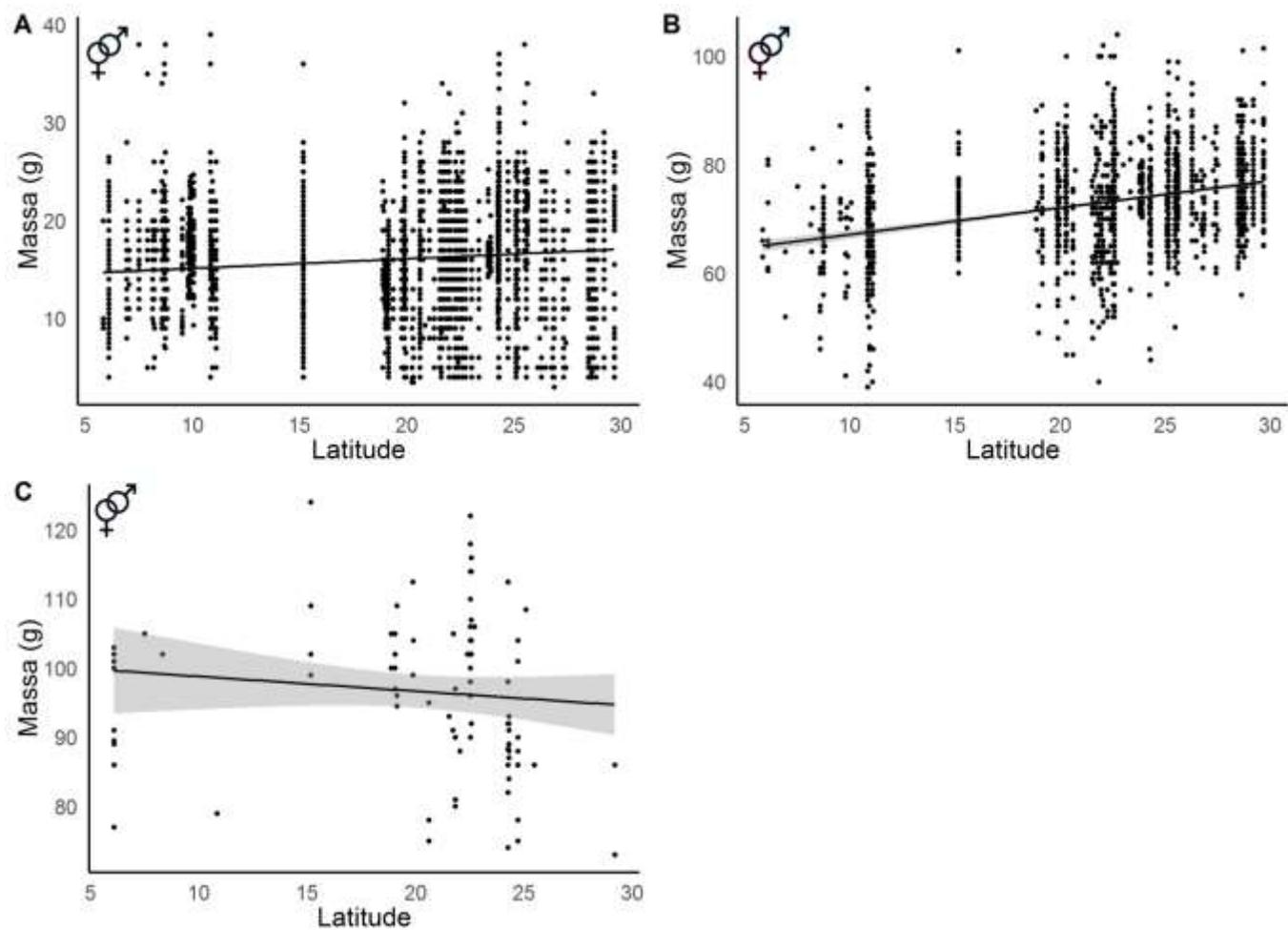
*Tamanho corporal médio.*—Das seis classes de tamanho corporal analisadas, cinco (83%) apresentaram associação significativa fraca a moderada com a latitude, para pelo menos uma das categorias testadas, sendo que apenas a sexta classe apresentou relação inversa (Tabela 6). O efeito da variável geográfica, entretanto, foi mais expressivo apenas para a quinta classe (12%; Tabela 6; Fig. 13), enquanto uma pequena parte da variação da massa pode ser explicada pela latitude nas demais classes de tamanho (< 5%; Tabela 6). Quando analisados os sexos separadamente, a segunda classe apresentou resposta significativa apenas para fêmeas e a sexta classe apenas para machos (Tabela 6). O efeito da variável geográfica foi maior para machos (15%), em comparação com as fêmeas (8%), na quinta classe de tamanho (Tabela 6). Para a sexta classe, com relação inversa, houve diminuição de 0,58 vezes na massa corporal de machos a cada um grau de aumento da latitude (Tabela 6). Para as outras classes de tamanho, a massa aumentou entre 0,08 e 0,61 vezes a cada unidade de acréscimo da latitude (Tabela 6).

**Tabela. 6.** Resultados da correlação de Pearson e regressão linear considerando a variável morfométrica (massa corporal; em g) e a variável geográfica (latitude) para as seis classes de tamanho (intervalos em g) de morcegos neotropicais. Valores expressos em negrito indicam resultados significativos para as análises estatísticas correspondentes.

Classe	Categoria	Correlação		Regressão						
		r	p	N° Pares	F	p	R <sup>2</sup>	g.l.	Intercepto (α)	Coefficiente angular (β)
1° Classe (05,05 I– 21,15)	Geral	0,1272	< <b>0,0001</b>	10.150	167,000	< <b>0,0001</b>	0,0169	10.148	14,1437	0,0980
	Macho	0,1388	< <b>0,0001</b>	5.222	102,400	< <b>0,0001</b>	0,0192	5.220	14,2356	0,1069
	Fêmea	0,1204	< <b>0,0001</b>	4.893	71,910	< <b>0,0001</b>	0,0145	4.891	13,9930	0,0920
2° Classe (21,15 I– 37,25)	Geral	0,0832	<b>0,0384</b>	619	4,305	<b>0,0360</b>	0,0069	617	25,0215	0,0824
	Macho	-0,0063	0,9077	341	0,013	0,9036	0,0001	339	25,7312	-0,0068
	Fêmea	0,2071	<b>0,0005</b>	277	12,330	0,9036	0,0429	275	24,0932	0,1996
3° Classe (37,25 I– 53,35)	Geral	0,0128	0,5059	2.717	0,443	0,5131	0,0002	2.715	41,3292	0,0107
	Macho	0,0357	0,1459	1.662	2,116	0,1420	0,0013	1.660	40,6983	0,0296
	Fêmea	0,0042	0,8918	1.050	0,018	0,8869	0,0001	1.048	41,9832	0,0037

4° Classe	Geral	0,2152	< <b>0,0001</b>	646	31,282	< <b>0,0001</b>	0,0463	644	47,8952	0,4295
(53,35 I– 69,45)	Macho	0,1951	<b>0,0004</b>	321	12,627	<b>0,0008</b>	0,0381	319	49,7950	0,3262
	Fêmea	0,2546	< <b>0,0001</b>	322	22,188	< <b>0,0001</b>	0,0648	320	44,2768	0,6050
5° Classe	Geral	0,3413	< <b>0,0001</b>	1.910	251,480	< <b>0,0001</b>	0,1165	1.908	62,1913	0,4935
(69,45 I– 85,55)	Macho	0,3810	< <b>0,0001</b>	1.059	179,471	< <b>0,0001</b>	0,1451	1.057	59,6716	0,4985
	Fêmea	0,2919	< <b>0,0001</b>	847	78,676	< <b>0,0001</b>	0,0852	845	66,9205	0,4169
6° Classe	Geral	-0,1053	0,3046	97	1,065	0,3052	0,0111	95	100,9286	-0,2128
(85,55 I– 101,65)	Macho	-0,2586	<b>0,0543</b>	56	3,872	<b>0,0513</b>	0,0669	54	108,4272	-0,5835
	Fêmea	0,2151	0,1769	41	1,892	0,1737	0,0463	39	89,8741	0,3460

---



**Fig. 13.** Plot referente ao resultado da regressão linear considerando a linha de tendência (linha sólida), com seu respectivo intervalo de confiança (área sombreada), para a relação entre massa corporal de morcegos neotropicais e latitude (classe de tamanho corporal): A – Primeira classe de tamanho (geral); B – Quinta classe de tamanho (geral); C – Sexta classe de tamanho (geral).

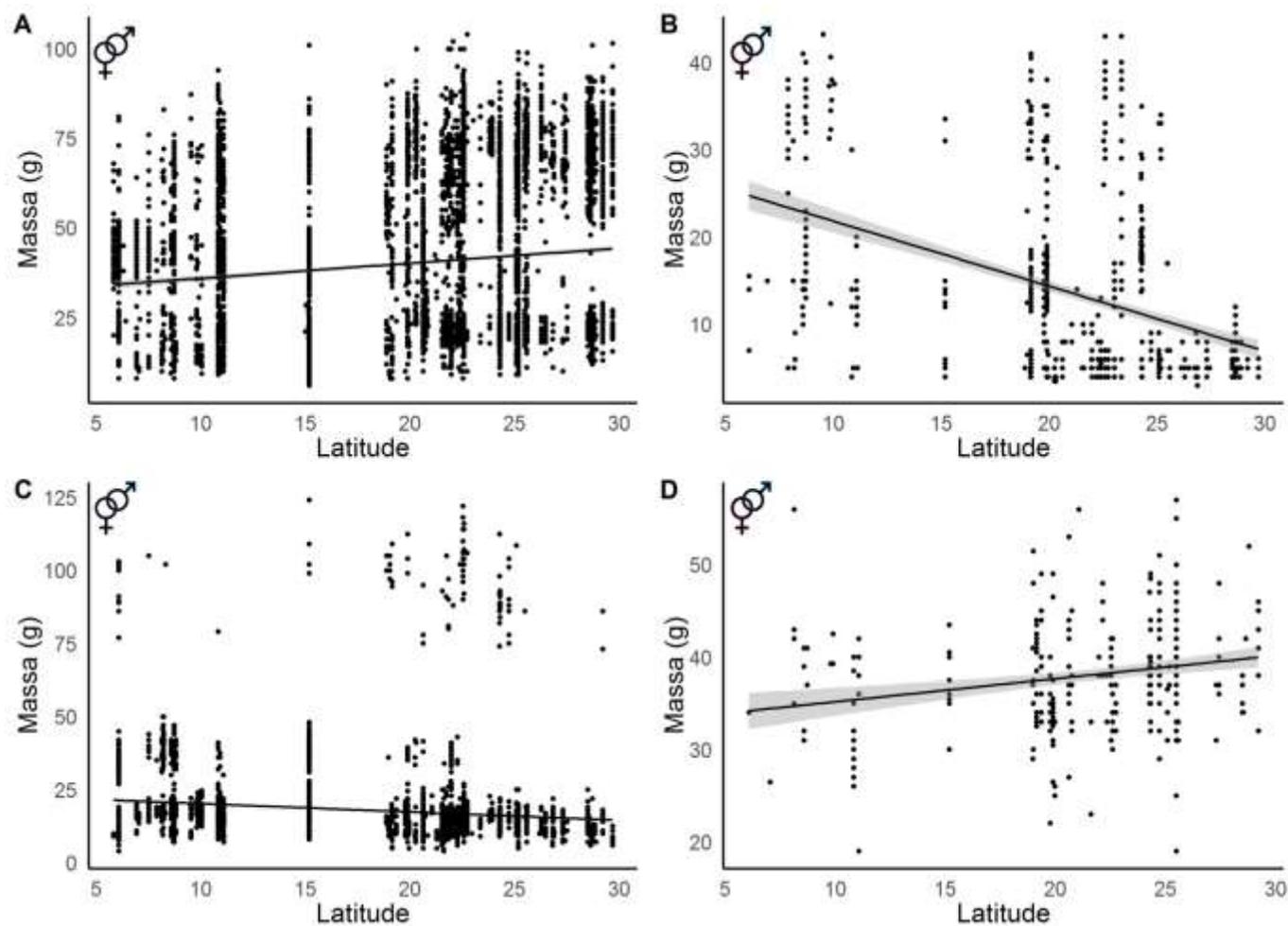
*Guilda trófica.*—Houve associação significativa entre as variáveis analisadas para as quatro guildas tróficas, embora uma pequena parte da variação da massa corporal possa ser explicada pela latitude (< 2 a 19%; Tabela 7). As guildas frugívora e hematófaga apresentaram associação direta entre massa e latitude, enquanto insetívora e mista apresentaram relação inversa (Tabela 7; Fig. 14). Tais associações foram fracas em todos os casos, mas com maiores valores observados em hematófaga (22%) e insetívora (44%; Tabela 7). O efeito da latitude sobre a massa corporal foi maior nos machos da guilda insetívora (22%; Tabela 7), seguido pelas fêmeas da mesma guilda (17%) e fêmeas hematófagas (9%; Tabela 7). Para a guilda insetívora houve redução de até 0,78 e 0,72 vezes o peso de machos e fêmeas, respectivamente, e para a guilda hematófaga foi observado aumento de até 0,34 vezes na massa corporal de fêmeas a cada um grau de aumento da latitude (Tabela 7).

**Tabela. 7.** Resultados da correlação de Pearson e regressão linear considerando a variável morfométrica (massa corporal; em g) e a variável geográfica (latitude) para guildas tróficas de morcegos neotropicais. onde as espécies foram agrupadas de acordo com o tipo de dieta (Frugívora, Insetívora, Mista e Hematófaga). Valores expressos em negrito indicam resultados significativos para as análises estatísticas correspondentes.

Guilda	Categoria	Correlação		Regressão						
		r	p	Nº Pares	F	p	R <sup>2</sup>	g.l.	Intercepto (α)	Coefficiente angular (β)
Frugívoro	Geral	0,1297	< <b>0,0001</b>	8.490	145,300	< <b>0,0001</b>	0,0168	8.488	31,6645	0,4225
	Macho	0,1228	< <b>0,0001</b>	4.682	71,730	< <b>0,0001</b>	0,0151	4.680	32,3955	0,3800
	Fêmea	0,1373	< <b>0,0001</b>	3.794	72,910	< <b>0,0001</b>	0,0188	3.792	30,7981	0,4722
Insetívoro	Geral	-0,4383	< <b>0,0001</b>	830	196,900	< <b>0,0001</b>	0,1921	828	29,2605	-0,7447
	Macho	-0,4732	< <b>0,0001</b>	380	109,100	< <b>0,0001</b>	0,2239	378	29,7496	-0,7797
	Fêmea	-0,4072	< <b>0,0001</b>	444	87,860	< <b>0,0001</b>	0,1658	442	29,1627	-0,7281
Mista	Geral	-0,1557	< <b>0,0001</b>	6.493	161,400	< <b>0,0001</b>	0,0242	6.491	23,0576	-0, 2845
	Macho	-0,1478	< <b>0,0001</b>	3.387	75,690	< <b>0,0001</b>	0,0218	3.385	23,1437	-0, 2785
	Fêmea	-0,1627	< <b>0,0001</b>	3.082	83,770	< <b>0,0001</b>	0,0265	3.080	22,9049	-0,2869

Hematófaga Geral	0,2241	< <b>0,0001</b>	326	17,139	<b>0,0002</b>	0,0502	324	32,6532	0,2501
Macho	0,2269	<b>0,0009</b>	212	11,403	<b>0,0012</b>	0,0515	210	31,7967	0,2075
Fêmea	0,2935	<b>0,0019</b>	110	10,178	<b>0,0022</b>	0,0861	108	34,0370	0,3453

---



**Fig.14.** Plot referente ao resultado da regressão linear considerando a linha de tendência (linha sólida), com seu respectivo intervalo de confiança (área sombreada), para a relação entre massa corporal de morcegos neotropicais e latitude (guilda trófica): A – Frugívora (geral); B – Insetívora (geral); C – Mista (geral); D – Hematófaga (geral).

## DISCUSSÃO

A ordem Chiroptera respondeu à variação da latitude, confirmando que a Regra de Bergmann é aplicável a morcegos neotropicais, embora pouco da variação da massa possa ser explicada pela variação da latitude a este nível taxonômico. O resultado obtido difere de Clauss et al. (2013), os quais evidenciaram associação inversa entre massa corporal e latitude para a ordem Chiroptera, ressaltando que os autores analisaram táxons com ocorrência nos hemisférios norte e sul. De forma semelhante, Meiri e Thomas (2007) também apontaram que os morcegos, quando analisados como um grupo, apresentam resposta contrária à Regra de Bergmann. É possível que a divergência de resultados possa estar relacionada à inclusão de táxons com ocorrência no hemisfério norte, bem como das raposas-voadoras (família Pteropodidae, subordem Megachiroptera), nos dois estudos citados. Neste sentido, ressalta-se que os morcegos da subordem Microchiroptera são ausentes em maiores latitudes do hemisfério norte e que as raposas-voadoras também estão ausentes em latitudes mais altas, o que poderia resultar em padrão contrário à Regra de Bergmann quando analisada a ordem como um todo (Meiri e Thomas 2007).

A latitude apresentou efeito significativo sobre a massa corporal de representantes das famílias Phyllostomidae e Vespertilionidae, os quais responderam à Regra de Bergmann, ainda que o efeito da variável geográfica sobre a variável morfométrica tenha sido pequeno. Estas duas famílias também foram estudadas por outros autores, tendo sido obtido resultado semelhante por Gohli e Voje (2016) para os dois casos, embora apenas Vespertilionidae tenha respondido significativamente à latitude em Clauss et al. (2013). Os representantes da família Molossidae responderam de forma inversa à Regra de Bergmann em Gohli e Voje (2016), não tendo sido obtido resultado significativo em Clauss et al. (2013). Embora os resultados obtidos no presente estudo corroborem o observado por Clauss et al. (2013) quando analisado o grupo de forma geral, ressalta-se

que os machos de Molossidae apresentaram resposta semelhante ao proposto por Gohli e Voje (2016) para a família. Em todos os casos, considerando a ausência de resposta significativa ou o pequeno efeito da latitude sobre a massa corporal, sugere-se que outros fatores, além da latitude, tenham influência sobre o tamanho corporal de morcegos neotropicais, assim como proposto por Gohli e Voje (2016) para diferentes famílias de mamíferos.

Quando analisadas as subfamílias de Phyllostomidae, os resultados obtidos para Phyllostominae e Stenodermatinae foram menos expressivos do que o observado para a própria família, enquanto as subfamílias Carollinae, Desmodontinae e Glossophaginae apresentaram respostas mais expressivas à variação da latitude. Dentre as cinco subfamílias estudadas, apenas em Carollinae a relação entre as variáveis foi inversa, evidenciando padrão oposto ao esperado pela Regra de Bergmann. Analisando o processo de diversificação das linhagens de Phyllostomidae, observa-se que as subfamílias Desmodontinae e Phyllostominae estão entre as linhagens mais antigas, enquanto Carollinae e Stenodermatinae representam as linhagens mais recentes, estando Glossophaginae em posição intermediária (Dumont et al. 2012). Considerando os resultados do presente trabalho, nota-se que não há correspondência entre a resposta das subfamílias à latitude e o processo de diversificação dos grupos dentro da família. Isso demonstra que os padrões de resposta observados para subfamílias não podem ser atribuídos ao fator filogenético, devendo estar primariamente relacionados a outros fatores, a exemplo de características da história natural dos grupos de morcegos neotropicais.

Análises abordando gênero evidenciaram respostas mais expressivas para *Artibeus*, *Eptesicus*, *Lasiurus*, *Lonchorhina* e *Vampyressa*, considerando o padrão geral, havendo maior destaque também para *Chiroderma*, analisando apenas machos, e *Chrotopterus*,

*Phyllostomus* e *Trachops*, considerando as fêmeas separadamente. Entre os gêneros que responderam significativamente à latitude, destaca-se a ocorrência de respostas opostas ao esperado pela Regra de Bergmann, bem como diferenças intersexuais na variação da massa corporal ao longo do gradiente latitudinal analisado. Nas análises abordando categorias taxonômicas superiores, a família Molossidae e a subfamília Carollinae foram os únicos táxons que apresentaram relação inversa com a latitude, em pelo menos uma das abordagens, enquanto apenas Molossidae, Vespertilionidae e Phyllostominae apresentaram diferenças entre sexos. Ressalta-se ainda que a existência de táxons que não responderam à latitude foi observada em análises abordando família, subfamília e gênero, considerando o padrão geral e/ou sexos separadamente, embora a ausência de resposta tenha sido proporcionalmente mais comum nas análises a nível de gênero. Isso demonstra que os padrões observados não estão limitados a um único nível taxonômico, demonstrando que a Regra de Bergmann não é uma generalização universal para morcegos neotropicais.

Análises a nível de espécies demonstraram grande aplicabilidade da Regra de Bergmann para morcegos neotropicais, onde 63% das espécies analisadas responderam em algum nível, sendo os resultados muito variáveis, com 1 a 49% da variação da massa corporal podendo ser explicada pela variação da latitude. Entretanto, 13% das espécies responderam de forma inversa ao esperado pela Regra de Bergmann, estando de 5 a 53% da variação morfométrica relacionada à variável geográfica. Dentre as espécies que apresentaram respostas inversas à proposta pela regra, ressalta-se que três pertencem à família Phyllostomidae (*Carollia perspicillata*, *Chrotopterus auritus* e *Trachops cirrhosus*) e uma à família Molossidae (*Molossus molossus*). Independentemente do tipo de resposta observada, houve casos nos quais o resultado foi diferente entre machos e fêmeas. A Regra de Bergmann teve sua aplicabilidade testada previamente para diferentes

espécies de morcegos, sendo na maioria das vezes abordadas espécies com ocorrência no hemisfério norte, incluindo a utilização de diferentes medidas morfométricas, conforme apresentado no item Introdução. Para *Myotis daubentonii*, por exemplo, foi observado que os espécimes que apresentavam crânios e dentes maiores habitavam regiões de climas mais frios (altas latitudes), onde aproximadamente 53% da variação observada pode ser explicada pela variação da latitude (Bogdanowicz 1990). De forma semelhante, os maiores indivíduos de *Antrozous pallidus* foram registrados mais ao norte do gradiente avaliado, considerando caracteres cranianos, onde aproximadamente 51% da variação morfométrica pode ser explicada pela variação da latitude (Kelly et al. 2018). No presente estudo, *Eptesicus furinalis* foi a espécie que apresentou resposta mais forte à latitude (41% da variação da massa) entre as espécies que responderam à Regra de Bergmann, ressaltando que respostas igualmente ou mais relevantes foram obtidas para machos de *Chiroderma doriae* (49%) e fêmeas de *Eptesicus diminutus* (40%) e *Phyllostomus hastatus* (42%). Para fêmeas de *Chrotopterus auritus* (53%) a resposta foi ainda mais expressiva, mas elas responderam inversamente à variação da latitude.

Embora outros trabalhos tenham evidenciado respostas significativas das espécies à latitude, não foi possível realizar comparações mais detalhadas quanto ao grau de associação entre as variáveis ou o nível de resposta observado devido aos diferentes métodos de análise de dados empregados nos estudos. Neste sentido, as comparações apresentadas a seguir consideram apenas o tipo de resposta observada para as várias espécies. Os resultados obtidos para *Eptesicus diminutus* e *Eptesicus furinalis*, por exemplo, indicaram que a massa corporal das duas espécies variou de acordo com a variação da latitude, ressaltando que apenas os machos da segunda espécie não responderam à variável geográfica estudada. De forma semelhante, *Eptesicus fuscus*, na América do Norte, também apresentou associação direta entre caracteres morfológicos e

a variável geográfica, apoiando a Regra de Bergmann (Burnett 1983). No presente estudo, *Myotis nigricans* e *Myotis riparius* não responderam significativamente à latitude, o que foi observado para os espécimes em geral e quando analisados os sexos separadamente. Para *Myotis albescens*, entretanto, considerando espécimes do extremo norte na América do Sul até o Uruguai, foi observado que os maiores indivíduos estavam associados à porção sul do gradiente latitudinal estudado, estando de acordo com a Regra de Bergmann. Os resultados obtidos no presente trabalho indicaram que *Carollia perspicillata* apresentou resposta inversa à variação da latitude, em todas as abordagens, sendo oposto do observado para esta mesma espécie, bem como para outras três espécies do gênero (*Carollia brevicauda*, *Carollia castânea* e *Carollia subrufa*; Ashton et al. 2000). Ressalta-se que, das quatro espécies citadas, apenas *Carollia perspicillata* ocorre nas porções central e sul do Brasil, apresentando a maior distribuição geográfica. Os resultados obtidos no presente estudo para *Carollia perspicillata* são corroborados por trabalho realizado ao longo de oito estados brasileiros, no qual foi evidenciada resposta significativa inversa ao proposto pela Regra de Bergmann (Barros et al. 2014). Barros et al. (2014) justificaram o padrão observado alegando que os morcegos apresentam problemas maiores biofísicos em relação a outros homeotermos, o que estaria relacionado às asas altamente vascularizadas e nuas, o que, por sua vez, aumentaria a relação superfície/volume. Neste sentido, a diminuição da massa corporal poderia implicar em maior vantagem quanto à retenção mais eficiente de calor (Barros et al. 2014). Embora os autores tenham apresentado este argumento para explicar o padrão observado em *Carollia perspicillata*, o mesmo não se aplica a morcegos de forma geral considerando a grande variação nas respostas observadas para o grupo. Em estudo com *Rhinolophus ferrumequinum*, no noroeste e sudeste da Europa, Krystufek (1993) obteve associação significativa inversa entre tamanho de caracteres cranianos e variação da latitude. Para o

autor, o resultado obtido está relacionado com a disponibilidade de recursos e variações climáticas ao longo do gradiente, os quais podem afetar o tempo de gestação e ocasionar o nascimento de indivíduos menores nas regiões mais frias, ressaltando ainda que os espécimes de latitudes maiores entrariam em hibernação antes dos espécimes da porção sul da Europa (Krystufek 1993).

A competição interespecífica também tem sido apontada como um dos fatores que pode acarretar variações na morfologia das espécies. Para o morcego *Plecotus auritus*, por exemplo, foi proposto que as alterações craniais observadas estavam associadas à presença de *Plecotus austriacus*, que competia pelos mesmos recursos, fazendo com que a primeira espécie se alimentasse de alimentos mais duros (Postawa et al. 2012). De forma semelhante, a competição de por recursos alimentares também foi apontada como um dos fatores influenciando a morfologia de morcegos do gênero *Carollia* (McLellan 1984; Owen et al. 1984). No presente estudo, foram identificadas espécies congêneres e que ocorrem em simpatia que apresentaram resultados diferentes, considerando a ausência de resposta para um dos táxons (e.g. *Anoura caudifer* e *Anoura geoffroyi*; *Chiroderma doriae* e *Chiroderma villosum*; *Platyrrhinus lineatus* e *Platyrrhinus recifinus*) ou respostas opostas à latitude (*Molossus molossus* e *Molossus rufus*), considerando uma ou mais abordagens. Neste sentido, é possível que a competição interespecífica seja um dos fatores que pode influenciar a resposta das espécies à latitude, sendo necessário o desenvolvimento de estudos considerando apenas populações simpátricas distribuídas ao longo do gradiente latitudinal para que o efeito da competição possa ser investigado.

Nas abordagens considerando os sexos separadamente foram observadas espécies que apresentaram respostas com intensidade distinta quando comparados machos e fêmeas ou ainda que apresentaram respostas significativas para apenas um dos sexos. Estes resultados evidenciam que o efeito da latitude sobre a massa corporal pode não ser o

mesmo para todos os indivíduos de uma determinada espécie, podendo haver diferenças intersexuais. De forma semelhante, Jiang et al. (2019), estudando *Rhinolophus ferrumequinum*, na região paleártica, observaram resposta significativa direta apenas para machos, considerando massa corporal e latitude. No trabalho de Storz et al. (2001), foi registrado dimorfismo sexual para *Cynopterus sphinx*, no sul da Índia, sendo observado fêmeas maiores ao sul e machos maiores ao norte, demonstrando que as fêmeas apresentaram associação inversa ao esperado para a Regra de Bergmann. Para os autores, o dimorfismo sexual relatado poderia ser reflexo da pressão de seleção sexual relacionada à defesa de território e acesso a fêmeas, ressaltando ainda que houve variação geográfica no grau de poliginia da espécie ao longo do gradiente estudado (Storz et al. 2001). Os resultados obtidos no presente estudo e nos trabalhos citados reforçam a importância de realizar abordagens considerando os sexos separadamente. Isso contribui para que as respostas das espécies às variáveis geográficas sejam avaliadas com maior detalhamento e, uma vez detectada variação intersexual, que os fatores que influenciam as respostas possam ser investigados. Neste sentido, sugere-se que a variação na resposta entre sexos possa estar relacionada a demandas fisiológicas distintas relacionadas à reprodução (aumento da demanda energética durante a gestação, por exemplo; Williams e Findley 1979) ou a aspectos comportamentais relacionados ao modo de organização social e sistema de acasalamento (Storz et al. 2001; Ferracioli et al. 2017).

Estudos macroecológicos buscando entender os processos que moldam padrões bióticos em grandes escalas, considerando conjuntos de espécies, têm ganhado ênfase nas últimas décadas (e.g. Olalla-Tarraga et al. 2006; Rodríguez et al. 2006; Meiri e Thomas 2007; Smith et al. 2008). Entretanto, no presente estudo, o agrupamento de diferentes táxons, resultando em abordagens com categorias taxonômicas superiores, atenuou ou até mesmo anulou a resposta aparente dos organismos à variável ambiental, o que pode ser

devido à existência de peculiaridades e disparidades em relação aos caracteres morfofisiológicos e respostas ecológicas dentro de um mesmo grupo. Isso poderia justificar, por exemplo, o baixo poder explicativo da latitude em relação à variação da massa corporal nas análises envolvendo ordem, famílias e subfamílias. Neste sentido, ressalta-se que as análises envolvendo espécies, acrescidas da separação por sexos, permitiram o melhor detalhamento das respostas dos morcegos neotropicais à variação da latitude, contribuindo para o melhor entendimento da interação entre esses táxons e os elementos do meio físico em que se inserem.

A abordagem considerando classes de tamanho demonstrou associação significativa para cinco das seis classes, sendo o efeito da variável geográfica mais expressivo apenas para a quinta classe de tamanho, onde 12% da variação da massa pode ser explicada pela variação da latitude. Para a menor classe de tamanho, ressalta-se que houve uma pequena diferença na resposta entre os sexos, os quais foram também semelhantes ao padrão geral. Isso sugere que possa haver um limite mínimo de tamanho para que possa ser detectada diferenciação entre os sexos considerando a massa corporal de morcegos neotropicais e sua resposta à latitude. Na segunda menor classe de tamanho, os machos não apresentaram respostas significativas, já as fêmeas apresentaram relação mais significativa entre peso e latitude do que o padrão geral. Para quatro espécies de musaranhos do gênero *Sorex* (3,9 a 11,2 g), os indivíduos menores foram observados mais ao norte, na Europa e na Ásia, contrariando a Regra de Bergmann (Ochocińska e Taylor 2003). Foi proposto que a escassez de alimentos favoreceria a seleção de musaranhos menores nas áreas ao norte e a capacidade de selecionar microhabitats adequados compensaria a desvantagem relacionada à maior proporção superfície/volume em animais menores, o que é ainda mais prejudicial em altas latitudes, onde o clima é mais frio (Ochocińska e Taylor 2003). De forma semelhante, para os morcegos na segunda menor

classe de tamanho, é possível que a ocorrência de indivíduos menores também ao sul seja compensada pela seleção de abrigos cujo microclima favoreça a termorregulação (e.g. Altringham 2011). Além disso, sugere-se também a sociabilidade e a manutenção de grandes colônias, o que reduz a condutância térmica individual e favorece o aquecimento do abrigo (= termorregulação social; Willis e Brigham 2007; Altringham 2011), e a redução do tempo de exposição fora dos abrigos nas noites ou períodos mais frios do ano como estratégias para reduzir a perda de calor por pequenos morcegos em baixas latitudes.

A maior classe de tamanho destacou-se pela obtenção resposta inversa à latitude para machos, embora as fêmeas não tenham respondido de forma significativa. Com base nos dados brutos analisados no presente estudo, observou-se que os machos da sexta classe localizados entre as latitudes 15° e 23° apresentavam maior tamanho corporal do que os indivíduos presentes em menores e maiores latitudes, o que também foi observado para as fêmeas, mas em menor proporção. As florestas com maiores índices de riqueza de mamíferos na Mata Atlântica estão localizadas no Espírito Santo e em São Paulo, sugerindo que estas áreas representem regiões com maior produtividade primária no bioma (Galetti et al. 2009). Estas florestas correspondem às latitudes nas quais foram observados os maiores indivíduos da sexta classe de tamanho. Desta forma, sugere-se que a resposta observada seja na verdade não uma oposição à Regra de Bergmann, mas o resultado da seleção de indivíduos maiores na porção intermediária do gradiente analisado, o que seria favorecido pela maior produtividade das florestas nesta região. Neste sentido, ressalta-se que maior tamanho corporal representa maior taxa absoluta de metabolismo e, conseqüentemente, maior demanda por alimento (McNab 1971). A diferença entre os sexos, por sua vez, pode estar relacionada a elementos próprios da história natural das espécies. Os táxons que compõem a maior classe de tamanho

pertencem à subfamília Phyllostominae, sendo reconhecidos por viverem em pequenos grupos sociais e, por este motivo, o fato dos machos apresentarem maior tamanho corporal pode ser visto como um caráter que imprime vantagem considerando a defesa do grupo e do abrigo (Ferracioli et al. 2017).

As quatro guildas tróficas apresentaram respostas significativas, indicando que o tipo de dieta também pode influenciar a resposta de morcegos neotropicais, embora uma pequena parte da variação da massa corporal possa ser explicada pela latitude (máximo 22%). As guildas insetívora e mista apresentaram relação oposta ao proposto pela Regra de Bergmann, enquanto as guildas frugívora e hematófaga apresentaram associação direta com a latitude. A maior produtividade nos trópicos (Rosenzweig 1995; Willig et al 2003; Brown 2014) e, em especial, na região sudeste do Brasil quando analisada a Mata Atlântica (Galetti et al. 2009), pode explicar o padrão inverso observado para as guildas insetívora e mista. Os representantes da guilda frugívora, por sua vez, precisam lidar com a sazonalidade de recursos, o que pode implicar em dietas mais restritivas em determinadas espécies (Petit et al. 1990; MacNally 1994; Manhães 2003). As respostas observadas para a guilda hematófaga condizem com as restrições fisiológicas impostas a animais que se alimentam de sangue, respondendo diretamente à variação da latitude. Neste sentido, ressalta-se que tamanhos corporais menores representam vantagem para tolerar períodos de escassez de alimento (Millar e Hickling 1990), mas as espécies hematófagas, por serem consideradas fracos termorreguladores, apresentam maior gasto de energia na manutenção da temperatura corporal, especialmente em ambientes frios (McNab 1973). Além disso, elas possuem baixa capacidade de armazenamento de nutrientes (Freitas et al. 2006; McNab 1976) e baixa tolerância ao jejum (Freitas et al. 2003), o que torna a ocorrência de indivíduos maiores em altas latitudes fisiologicamente ainda mais relevante para a termorregulação.

## CONCLUSÃO

A Regra de Bergmann se aplica a morcegos neotropicais, embora não represente uma generalização universal para o grupo, ressaltando que o detalhamento taxonômico foi fundamental para detecção de padrões diferenciados de resposta a nível de gênero e espécie, assim como a separação entre machos e fêmeas foi relevante por permitir a identificação de variações intersexuais. Ressalta-se ainda que a existência de diferenças entre subfamílias de Phyllostomidae e entre espécies congêneres, por exemplo, evidenciam que a resposta à regra é independente da filogenia, estando especialmente relacionada a aspectos da história natural dos táxons. Embora a maior parte das análises aqui realizadas tenham resultado em respostas significativas, ressalta-se que a latitude não deve ser considerada como a única variável a influenciar o tamanho corporal de morcegos neotropicais, devendo ser investigados outros fatores, como competição interespecífica, disponibilidade de recursos alimentares, dieta, seleção de abrigos e comportamento social. O presente trabalho representa a primeira iniciativa deste tipo para a maior parte das espécies estudadas, contribuindo para sanar o déficit de trabalhos na região neotropical, já que a grande maioria dos trabalhos testando a aplicabilidade da Regra de Bergmann foi realizada no hemisfério norte. O presente estudo também se destaca em relação à abordagem aplicando guildas tróficas, o que não foi observado em outros estudos. Recomenda-se que abordagens como essas sejam aplicadas em estudos futuros para melhor entendimento de como os morcegos interagem com os diferentes elementos do meio físico e com outras espécies. Recomenda-se também a padronização dos métodos de análise de dados empregados nos diferentes estudos a fim de possibilitar análises comparativas mais detalhadas entre os padrões observados para os diferentes táxons e em diferentes regiões.

## LITERATURA CITADA

- AGUIRRE, L. F. 2002. Structure of a Neotropical savanna bat community. *Journal of Mammalogy* 83:775–784.
- ALLEN, J. A. 1876. Geographical variation among North American mammals, especially in respect to size. Government Printing Office 2:309–350.
- ALTRINGHAM, J. D. 2011. Roosting and feeding ecology. Pp. 137–173, *in* Bats: From Evolution to Conservation (J. D. ALTRINGHAM, eds.). 2° Edition. Oxford University Press. New York.
- AMADO, T. F. C., J. BIDAU, E M. Á. OLALLA-TÁRRAGA. 2018. Geographic variation of body size in New World Anurans: energy and water in a balance. *Ecography* 42:456–466.
- ARIAS, E., R. CADENILLAS, E V. PACHECO. 2009. Dieta de murciélagos nectarívoros del Parque Nacional Cerros de Amotape, Tumbes. *Revista Peruana de Biología* 16:187–190.
- ASHTON, K. G., E C. R. FELDMAN. 2003. Bergmann's rule in nonavian reptiles: turtles follow it, lizards and snakes reverse it. *Evolution* 57:1151–1163.
- ASHTON, K. G., M. C. TRACY, E A. D. QUEIROZ. 2000. Is Bergmann's rule valid for mammals? *The American Naturalist* 156:390–415.
- BALLESTEROS, F. J., V. J. MARTINEZ, B. LUQUE, L. LACASA, E. VALOR, E A. MOYA. 2018. On the thermodynamic origin of metabolic scaling. *Scientific reports* 8:1448.
- BARROS, L. A. V., R. DA ROCHA FORTES, E M. L. LORINI. 2014. The Application of Bergmann's Rule to *Carollia perspicillata* Linnaeus 1758 (Mammalia, Chiroptera). *Chiroptera Neotropical* 20:1243–1251.

- BERGMANN, C. 1847. Über die verhältnisse der warmeökonomie der thiere zu ihrer grosse. Göttinger Studien 1:595–708. [Traduzido por JAMES, F. C. 1970. Geographic size variation in birds and its relationship to climate. Ecology 51:365–390].
- BLACKBURN, T. M., E B. A. HAWKINS. 2004. Bergmann's rule and the mammal fauna of northern North America. Ecography 27:715–724.
- BLANCKENHORN, W. U., E M. DEMONT. 2004. Bergmann and converse Bergmann latitudinal clines in arthropods: Two ends of a continuum? Integrative and Comparative Biology 44:413–424.
- BOGDANOWICZ, W. 1990. Geographic variation and taxonomy of Daubenton's bat, *Myotis daubentoni*, in Europe. Journal of Mammalogy 71:205–218.
- BÖHM, S. M., K. WELLS, E E. K. KALKO. 2011. Top-down control of herbivory by birds and bats in the canopy of temperate broad-leaved oaks (*Quercus robur*). PLoS One 6:e17857.
- BROWN, J. H. 2014. Why are there so many species in the tropics?. Journal of biogeography 41:8–22.
- BURNETT, C. D. 1983. Geographic and climatic correlates of morphological variation in *Eptesicus fuscus*. Journal of Mammalogy 64:437–444.
- CLAUSS, M., M. T. DITTMANN, D. W. MÜLLER, C. MELORO, E D. CODRON. 2013. Bergmann's rule in mammals: a cross-species interspecific pattern. Oikos 122:1465–1472.
- DUMONT, E. R., L. M. DAVALOS, A. GOLDBERG, S. E. SANTANA, K. REX, E C. C. VOIGT. 2012. Morphological innovation, diversification and invasion of a new adaptive zone. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 279:1797–1805.

- ESTRADA, A., E R. COATES-ESTRADA. 2001. Species composition and reproductive phenology of bats in a tropical landscape in Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 17:627–646.
- FARAWAY, J. J. 2016. Extending the linear model with R: generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models. CRC press, Boca Raton 124:1–399.
- FERRACIOLI, P., V. C. TAVARES, N. R. REIS, E A. L. PERACCHI. 2017. Subfamília Phyllostominae Gray, 1825. Pp. 120–149, *in* História Natural dos Morcegos Brasileiros: chave de identificação de espécies. (N. R. REIS, A. L. PERACCHI, C. B. BATISTA, I. P. LIMA, E A. D. PEREIRA, eds.) Rio de Janeiro, Technical Books.
- FREITAS, M. B., A. F. WELKER, S. F. MILLAN, E E. C. PINHEIRO. 2003. Metabolic responses induced by fasting in the common vampire bat *Desmodus rotundus*. *Journal of Comparative Physiology* 173:703–707.
- FREITAS, M. B., A. F. WELKER, E E. D. C. PINHEIRO. 2006. Seasonal variation and food deprivation in common vampire bats (Chiroptera: Phyllostomidae). *Brazilian Journal of Biology* 66:1051–1055.
- GALETTI, M., ET AL. 2009. Priority areas for the conservation of Atlantic forest large mammals. *Biological Conservation* 142:1229–1241.
- GALINDO-GONZÁLEZ, J. 1998. Dispersión de semillas por murciélagos: Su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana* 73:57–74.
- GARDNER, A. L. 2007. *Mammals of South America, Volume 1. Marsupials, Xenarthrans, Shrews and Bats*. Chicago: University of Chicago Press, London.
- GASTON, K. J., S. L. CHOWN, E K. L. EVANS. 2008. Ecogeographical rules: elements of a synthesis. *Journal of Biogeography* 35:483–500.

- GHANEM, S. J., E C. C. VOIGT. 2012. Increasing awareness of ecosystem services provided by bats. In *Advances in the Study of Behavior* 44:279–302.
- GNOCCHI, A. P., S. HUBER, E A. C. SRBEK-ARAÚJO. 2019. Diet in a bat assemblage in Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Tropical Ecology* 60:389–404.
- GOHLI, J., E K. L. VOJE. 2016. An interspecific assessment of Bergmann's rule in 22 mammalian families. *BMC evolutionary biology* 16:222.
- GONÇALVES, F., ET AL. 2018. Atlantic mammal traits: a data set of morphological traits of mammals in the Atlantic Forest of South America. *Ecology* 99:498–498.
- HILLEBRAND, H. 2004. On the generality of the latitudinal diversity gradient. *The American Naturalist* 163:192–211.
- JESCHKE, J. M., E H. KOKKO. 2009. The roles of body size and phylogeny in fast and slow life histories. *Evolutionary Ecology* 23:867–878.
- JIANG, T., J., ET AL. 2019. The patterns and possible causes of global geographical variation in the body size of the greater horseshoe bat (*Rhinolophus ferrumequinum*). *Journal of Biogeography* 46:2363–2377.
- KASPARI, M. 2005. Global energy gradients and size in colonial organisms: worker mass and worker number in ant colonies. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102:5079–5083.
- KELLY, R. M., R. FRIEDMAN, E S. E. SANTANA. 2018. Primary productivity explains size variation across the Pallid bat's western geographic range. *Functional ecology* 32:1520–1530.
- KLEIBER, M. 1932. Body size and metabolism. *Hilgardia* 6:315–353.
- KRYSTUFEK, B. 1993. Geographic variation in the greater horseshoe bat *Rhinolophus ferrumequinum* in south-eastern Europe. *Acta Theriologica* 38:67–67.

- KUNZ, T. H., E. BRAUN DE TORREZ, D. BAUER, T. LOBOVA, E T. H. FLEMING. 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223:1–38.
- LEGENDRE, P., E L. LEGENDRE. 2012. Numerical ecology. *Developments in Environmental Modelling*, Amsterdam, Elsevier.
- LIMA, I. P., M. R. NOGUEIRA, L. R. MONTEIRO, E A. L. PERACCHI. 2016. Frugivoria e dispersão de sementes por morcegos na Reserva Natural Vale, sudeste do Brasil. Pp. 433–452, *in* Floresta Atlântica de Tabuleiro: Diversidade e endemismo na Reserva Natural Vale (S. G. ROLIM, L. F. T. MENEZES, E A. C. SRBEK-ARAÚJO, eds.). The Nature Conservancy, Symbiosis, Amplo, Belo Horizonte 501 pp.
- MACNALLY, R. C. 1994. On characterizing foraging versatility, illustrated by using birds. *Oikos* 69:95–106.
- MANHÃES, M. A. 2003. Variação sazonal da dieta e do comportamento alimentar de traupíneos (Passeriformes: Emberizidae) em Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Ararajuba* 1:45–55.
- MARINHO-FILHO, J. S. 1991. The coexistence of two frugivorous bat species and the phenology of their food plants in Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 7:59–67.
- MAYR, E. 1956. Geographical character gradients and climatic adaptation. *Evolution* 10:105–108.
- MCLELLAN, L. J. 1984. A morphometric analysis of *Carollia* (Chiroptera, Phyllostomatidae). *American Museum Novitates* 2791:1–35.
- MCNAB, B. K. 1971. On the ecological significance of Bergmann's rule. *Ecology* 52:845–854.
- MCNAB, B. K. 1973. Energetics and the distribution of vampires. *Journal of Mammalogy* 54:131–144.

- MCNAB, B. K. 1976. Seasonal fat reserves of bats in two tropical environments. *Ecology* 57:332–338.
- MEIRI, S., T. DAYAN, E D. SIMBERLOFF. 2004 Carnivores, biases and Bergmann's rule. *Biological Journal of the Linnean Society* 81:579–588.
- MEIRI, S., E G. H. THOMAS. 2007. The geography of body size—challenges of the interspecific approach. *Global Ecology and Biogeography* 16:689–693.
- MEIRI, S. 2011. Bergmann's Rule—what's in a name?. *Global Ecology and Biogeography* 20:203–207.
- MILLAR, J. S., E G. J. HICKLING. 1990. Fasting endurance and the evolution of mammalian body size. *Functional Ecology* 4:5–12.
- MILLIEN, V., S. KATHLEEN LYONS, L. OLSON, F. A. SMITH, A. B. WILSON, E Y. YOMTOV. 2006. Ecotypic variation in the context of global climate change: revisiting the rules. *Ecology Letters* 9:853–869.
- MORATELLI, R., E J. A. D. OLIVEIRA. 2011. Morphometric and morphological variation in South American populations of *Myotis albescens* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Zoologia* 28:789–802.
- MUSCARELLA, R., E T. H. FLEMING. 2007. The role of frugivorous bats in tropical forest succession. *Biological Reviews* 82:573–590.
- OCHOCIŃSKA, D., E J. R. TAYLOR. 2003. Bergmann's rule in shrews: geographical variation of body size in Palearctic *Sorex* species. *Biological Journal of the Linnean Society* 78:365–381.
- OKSANEN, J., ET AL. 2017. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2:2–1.

- OLALLA-TÁRRAGA, M. Á., M. Á. RODRÍGUEZ, E B. A. HAWKINS. 2006. Broad-scale patterns of body size in squamate reptiles of Europe and North America. *Journal of Biogeography* 33:781–793.
- OWEN, J. G., D. J. SCHMIDLY, E W. B. DAVIS. 1984. A morphometric analysis of three species of *Carollia* (Chiroptera, Glossophaginae) from Middle America. *Mammalia* 48:85–94.
- PENONE, C., C. KERBIRIOU, J. F. JULIEN, J. MARMET, E I. LE VIOL. 2018. Body size information in large-scale acoustic bat databases. *PeerJ* 6:e5370.
- PETIT, L. J., D. R. PETIT, K. E. PETIT, E W. J. FLEMING. 1990. Intersexual and temporal variation in foraging ecology of Prothonotary Warblers during the breeding season. *The Auk* 107:133–145.
- PIANKA, E. R. 2011. Island Biogeography and Conservation Biology. Pp. 413–424 In *Evolutionary ecology*. 7 ed. (E. R. PIANKA, ed.) eBook.
- PINCHEIRA-DONOSO, D. 2010. The balance between predictions and evidence and the search for universal macroecological patterns: taking Bergmann’s rule back to its endothermic origin. *Theory in Biosciences* 129:247–253.
- POSTAWA, T., I. ZAGORODNIUK, E J. BACHANEK. 2012. Patterns of cranial size variation in two sibling species *Plecotus auritus* and *P. austriacus* (Chiroptera: Vespertilionidae) in a contact zone. *Journal of Zoology* 288:294–302.
- R CORE TEAM. 2017. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RAMIREZ, L., J. A. F. DINIZ-FILHO, E B. A. HAWKINS. 2008. Partitioning phylogenetic and adaptive components of the geographical body-size pattern of New World birds. *Global Ecology and Biogeography* 17:100–110.

- RAY, C. 1960. The application of Bergmann's and Allen's rules to the poikilotherms. *Journal of Morphology* 106:85–108.
- REIS, N. R., A. L. PERACCHI, C. B. BATISTA, I. P. LIMA, E A. D. PEREIRA. 2017. *História Natural dos Morcegos Brasileiros: chave de identificação de espécies*. Rio de Janeiro, Technical Books.
- RODRÍGUEZ, M. Á., I. L. LÓPEZ-SAÑUDO, E B. A. HAWKINS. 2006. The geographic distribution of mammal body size in Europe. *Global Ecology and Biogeography* 15:173–181.
- ROSENZWEIG, M. L. 1968. The strategy of body size in mammalian carnivores. *The American Midland Naturalist* 80:299–315.
- ROSENZWEIG, M. L. 1995. Patterns in space. Pp. 8–49 *in* *Species diversity in space and time* (M. L. ROSENZWEIG, eds.). Cambridge University Press.
- ROY, K., E K. K. MARTIEN. 2001. Latitudinal distribution of body size in north-eastern Pacific marine bivalves. *Journal of Biogeography* 28:485–493.
- SAFI, K., S. MEIRI, E K. E. JONES. 2013. Evolution of body size in bats. Pp. 95–115 *in* *Animal body size: Linking pattern and process across space, time, and taxonomic group* (F. A. SMITH, E S. K. LYONS, eds.). University of Chicago Press. Chicago, Illinois.
- SALEWSKI, V., W. HOCHACHKA, E W. FIEDLER. 2010. Global warming e Bergmann's rule: do central European passerines adjust their body size to rising temperatures?. *Oecologia* 162:247–260.
- SMITH, F. A., J. L. BETANCOURT, E J. H. BROWN. 1995. Evolution of body size in the woodrat over the past 25,000 years of climate change. *Science* 270:2012–2014.

- SMITH, F.A., S. k. LYONS, S. K. M. ERNEST, E J. H. BROWN. 2008. Macroecology: more than the division of food and space among species on continents. *Progress in Physical Geography* 32:115–138.
- STEVENS, R. D., M. R. WILLIG, E I. G. FOX. 2004. Comparative community ecology of bats from eastern Paraguay: taxonomic, ecological, and biogeographic perspectives. *Journal of Mammalogy* 85:698–707.
- STORZ, J. 2001. Clinal variation in body size and sexual dimorphism in an Indian fruit bat, *Cynopterus sphinx* (Chiroptera: Pteropodidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 72:17–31.
- STURGES, H. A. 1926. The choice of a class interval. *Journal of the American Statistical Association* 21:65–66.
- TAYLOR, R. 1990. Interpretation of the correlation coefficient: a basic review. *Journal of diagnostic medical sonography* 6:35–39.
- TERBORGH, J. 1985. The vertical component of plant species diversity in temperate and tropical forests. *American Naturalist* 126:760–776.
- TREJO-SALAZAR, R. E., L. E. EGUIARTE, D. SURO-PIÑERA, E R. A. MEDELLIN. 2016. Save our bats, save our tequila: industry and science join forces to help bats and agaves. *Natural Areas Journal* 36:523–531.
- UIEDA, W., E A. BRED. 2016. Bats: Neglected Agents of Sustainability. *Sustentabilidade em debate* 7:186–209.
- WICKHAM, H. 2011. *ggplot2*. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics* 3:180–185.
- WILLIAMS, D. F., E J. S. FINDLEY. 1979. Sexual size dimorphism in vespertilionid bats. *American Midland Naturalist* 102:113-126.

- WILLIG, M. R., D. M. KAUFMAN, E R. D. STEVENS. 2003. Latitudinal gradients of biodiversity: pattern, process, scale, and synthesis. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34:273–309.
- WILLIS, C. K., E R. M. BRIGHAM. 2007. Social thermoregulation exerts more influence than microclimate on forest roost preferences by a cavity-dwelling bat. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 62:97–108.
- YOM-TOV, Y., E J. YOM-TOV. 2005. Global warming, bergmann's rule and body size in the masked shrew *Sorex cinereus* kerr in alaska. *Journal of Animal Ecology* 74:803–808.
- YOM-TOV, Y., E E. GEFFEN. 2011. Recent spatial and temporal changes in body size of terrestrial vertebrates: probable causes and pitfalls. *Biological Reviews* 86:531–541.
- ZAR, J. H. 2010. *Biostatistical analysis*. 5<sup>o</sup> ed. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.