

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E MANEJO DE RECURSOS
NATURAIS

Maria Eliene Maia Braga Cândido

**EFEITOS DA ESTRUTURA DA PAISAGEM SOBRE A RIQUEZA DE
ABELHAS DAS ORQUÍDEAS (APIDAE: EUGLOSSINA) EM FRAGMENTOS
FLORESTAIS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Dissertação de Mestrado

Rio Branco – AC
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E MANEJO DE RECURSOS
NATURAIS

**EFEITOS DA ESTRUTURA DA PAISAGEM SOBRE A RIQUEZA DE
ABELHAS DAS ORQUÍDEAS (APIDAE: EUGLOSSINA) EM FRAGMENTOS
FLORESTAIS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Maria Eliene Maia Braga Cândido

Orientador: Prof. Dr. Elder Ferreira Morato

**Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Ecologia e
Manejo de Recursos Naturais da
Universidade Federal do Acre, como
parte dos requisitos para a obtenção
do título de Mestre em Ecologia e
Manejo de Recursos Naturais**

Rio Branco – AC
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E MANEJO DE RECURSOS
NATURAIS

**EFEITOS DA ESTRUTURA DA PAISAGEM SOBRE A RIQUEZA DE
ABELHAS DAS ORQUÍDEAS (APIDAE: EUGLOSSINA) EM FRAGMENTOS
FLORESTAIS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Maria Eliene Maia Braga Cândido

Dissertação Aprovada em 16 de dezembro de 2016 pela banca examinadora
constituída pelos professores:

Dra. Danielle Storck-Tonon
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT

Dr. Fernando Augusto Schmidt
Universidade Federal do Acre - UFAC

Dr. Lisandro Juno Soares Vieira
Universidade Federal do Acre - UFAC

Dr. Willian Moura de Aguiar
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS

*A Deus por me conceder mais essa vitória
em minha vida, me dando força, sabedoria,
e proteção.*

*“Não fiz o Melhor, mas fiz tudo para que o melhor fosse feito.
Não sou o que deveria ser, mas não sou o que era antes”*

Martin Luther King

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador prof. Dr. Elder Ferreira Morato, por todo o conhecimento transmitido, por não ter medido esforços para a execução deste trabalho, pela serenidade, paciência, confiança e otimismo. Sou muito grata por acreditar neste projeto desde o início, pelo acompanhamento das idas ao campo, pelos conselhos, histórias (rs..rs..rs), tornando essa etapa mais alegre e menos cansativa.

Ao programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais da Universidade Federal do Acre, através da coordenação e secretaria que sempre apoiaram e se disponibilizaram a ajudar.

Ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Acre (IFAC) pela concessão do afastamento integral que foi de suma importância para minha dedicação nas atividades deste curso de mestrado.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais, em especial ao professor Lisandro Juno Soares Vieira pela orientação na escolha das áreas de campo.

Aos professores Armando Calouro, Fernando Schmidt, Lisandro Vieira e Rosélia Lopes que fizeram parte da banca de qualificação do projeto de mestrado e aos professores membros da banca de avaliação da dissertação, Dra Danielle Storck-Tonon, Dr. Fernando Schmidt, Dr. Lisandro Vieira e Dr. William Aguiar, pelas sugestões que muito contribuíram para a dissertação e minha formação acadêmica.

A Dra. Danielle Storck-Tonon, primeiramente pelo trabalho com georreferenciamento e tratamento das imagens e, posteriormente, pela dedicação e serenidade na identificação do material coletado e pelos ensinamentos transmitidos durante minha estada na Universidade do Estado do Mato Grosso (Câmpus de Tangará da Serra).

Ao Dr. Márcio Luiz de Oliveira do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), pela identificação de parte das espécies do gênero *Euglossa* e ao doutorando José Eustáquio dos Santos Júnior da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), pela identificação das espécies do gênero *Eufriesea*.

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMEIA), pela liberação das coletas nas áreas do Horto Florestal e Parque Ambiental Chico Mendes. Também a UFAC pela liberação das coletas no Parque Zoobotânico e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente

(SEMA), através da gestora da APA Amapá, Mirna Canizo que apoiou as coletas nesta área, sempre muito prestativa, disponibilizando transporte e acompanhante de campo em algumas coletas.

A amiga e colega de trabalho Patrícia Nakayama Miranda que me ajudou nas análises estatísticas, tornando essa etapa menos difícil (muito grata pela atenção e carinho).

Aos companheiros de minha turma de mestrado Salatiel Clemente e Jailini e demais colegas e amigos de turmas anteriores pelo apoio e amizade.

A minha querida mãe e minhas irmãs, Lúcia e Eliana por todo carinho e compreensão durante essa etapa de minha vida. Ao amigo e esposo Jânio Cândido Português pela ajuda nas idas ao campo, principalmente aos sábados, domingos e feriados. Por entender minha ausência em muitos momentos, pelo companheirismo, paciência, conselhos, sempre disposto a ajudar.

Aos meus primos Marcelo e José que estiveram presentes em muitas coletas no campo e a aluna de graduação Maria que também se dispôs a me acompanhar no início do projeto em algumas coletas.

Aos meus amigos, colegas e demais familiares que torceram por mim, compreenderam minhas ausências e ficaram felizes por mais essa conquista na minha vida pessoal e profissional.

A todos que de alguma maneira contribuíram diretamente ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho e que não foram citados aqui.

Gratidão a todos.....

Índice de figuras.....	viii
Índice de Tabelas.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	4
2.1. Área de estudo.....	4
2.2. Amostragem e identificação.....	6
2.3. Geoprocessamento.....	7
2.4. Análise dos dados.....	9
3. RESULTADOS.....	10
3.1. Abundância, riqueza e composição.....	10
3.2. Variáveis dos fragmentos e da paisagem.....	15
4. DISCUSSÃO.....	22
5. REFERÊNCIAS.....	28

Índice de Figuras

Figura 1. Região de estudo e áreas amostrais na paisagem urbana de Rio Branco, Acre. a Localização dos fragmentos florestais estudados (FR= fragmento ripário, FT= fragmento de terra firme). b Círculos concêntricos com raios de 150 a 1.500 m, nos quais foram avaliadas as características paisagísticas.....	5
Figura 2. a Número acumulado de espécies de abelhas Euglossina por fragmento florestal. b Número total acumulado de espécies de abelhas em fragmentos florestais na paisagem urbana de Rio Branco, Acre. Fragmentos ripários (FR) e fragmentos de terra firme (FT).....	14
Figura 3. Ordenação multivariada (NMDS) dos fragmentos em relação a composição de Euglossina, localizados na paisagem urbana de Rio Branco, Acre. Fragmentos ripários (FR) e fragmentos de terra firme (FT).....	15
Figura 4. Abundância relativa das espécies de Euglossina em função do tamanho da área dos fragmentos na paisagem urbana de Rio branco, Acre. Fragmentos ripários (FR) e fragmentos de terra firme (FT).....	19
Figura 5 Abundância relativa das espécies de Euglossina em função da distância dos fragmentos florestais ao centro urbano de Rio Branco, Acre. Fragmentos ripários (FR) e fragmentos de terra firme (FT).....	20
Figura 6 Relação entre riqueza e variáveis paisagísticas representadas pelo eixo 1 de uma Análise de Componentes Principais (PCA) dos fragmentos na paisagem urbana de Rio Branco, Acre. Fragmentos ripários (FR) e fragmentos de terra firme (FT).....	21
Figura 7. a Relação entre dissimilaridade faunística (%) e distância geográfica (km) entre os fragmentos florestais. b Relação entre dissimilaridade faunística (%) e dissimilaridade paisagística entre os fragmentos florestais na paisagem urbana de Rio Branco, Acre. Cada ponto representa um par de fragmentos comparados.....	22

Índice de Tabelas

Tabela 1. Localização e classificação dos fragmentos florestais amostrais na paisagem urbana de Rio Branco, Acre.....	6
Tabela 2. Abundância e riqueza de abelhas Euglossina coletadas em fragmentos florestais na paisagem urbana de Rio Branco, Acre. FR= fragmento ripário e FT= fragmento de terra firme.....	12
Tabela 3. Características estruturais e paisagísticas dos fragmentos na escala de 600 m de raio e riqueza e abundância de abelhas Euglossina dos fragmentos florestais na paisagem urbana de Rio Branco, Acre.....	17
Tabela 4. Relação entre características estruturais dos fragmentos e paisagísticas na escala de 600 m de raio e riqueza e abundância de Euglossina em fragmentos florestais na paisagem urbana de Rio Branco, Acre.....	18
Tabela 5. Correlação entre características paisagísticas existentes em diferentes raios (m) do ponto de coleta mais central das abelhas e riqueza de Euglossina nos fragmentos florestais na paisagem urbana de Rio Branco, Acre. Em negrito as escalas nas quais todas as correlações foram significativas.....	18

Efeitos da estrutura da paisagem sobre a riqueza de abelhas das orquídeas (Apidae: Euglossina) em fragmentos florestais na Amazônia brasileira

Maria Eliene Maia Braga Cândido¹; Elder Ferreira Morato^{1,2}

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais, Universidade Federal do Acre, BR 364 km 04 – Distrito Industrial, Rio Branco, AC 69915-900, Brasil.

² Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, BR 364 km 04 – Distrito Industrial, Rio Branco, AC 69915-900, Brasil.

Resumo

Abelhas das orquídeas são importantes polinizadores em florestas tropicais. Pouco se conhece sobre a estrutura das assembleias dessas abelhas em fragmentos de mata ripária em relação a remanescentes florestais de terra firme em matrizes urbanas. O objetivo deste trabalho foi investigar se a abundância, riqueza e composição de abelhas Euglossina de fragmentos de matas ripárias diferem de fragmentos de terra firme na matriz urbana do município de Rio Branco, estado do Acre, bem como verificar se a estrutura paisagística dos fragmentos é preditora da riqueza de abelhas e se a escala espacial influencia essa relação. Machos das abelhas foram atraídos por iscas odoríferas e coletados com rede entomológica em 10 fragmentos florestais de diferentes tamanhos, entre setembro de 2015 e março de 2016, durante o final da estação seca e meados da estação chuvosa. Um total de 3.166 machos pertencentes a quatro gêneros e 38 espécies foi coletado. O número de espécies e o número médio de espécies por coleta foram maiores nos fragmentos de terra firme. Não foi encontrada diferença significativa em relação às variáveis abióticas, temperatura do ar, temperatura superficial do solo, luminosidade e umidade relativa do ar, bem como em relação à estrutura paisagística e composição de espécies entre os fragmentos ripários e os de terra firme. A área dos fragmentos foi preditora da abundância e riqueza de abelhas e os fragmentos mais próximos do centro urbano de Rio Branco apresentaram menor riqueza. As características paisagísticas, representadas pelo primeiro eixo de uma PCA, também foram preditoras da riqueza de abelhas. Dentro de um círculo envolvendo os fragmentos e delimitado a partir dos pontos de coleta mais interior, e com 600 m de raio, a estrutura paisagística foi preditora da abundância e riqueza de abelhas. A riqueza de abelhas

correlacionou-se positivamente com a área de cobertura florestal e conectância, e negativamente com a área desmatada e construída, nas escalas de 450 e 600 m de raio. A similaridade faunística diminuiu com o aumento da distância geográfica entre os fragmentos e os que apresentaram maior similaridade estrutural paisagística, também foram mais semelhantes, em relação à composição de abelhas. Portanto, a manutenção de fragmentos maiores, ripários e não ripários, e mais conectados é da mais alta importância para a conservação da diversidade e dos serviços ambientais providos por essas abelhas na matriz urbana.

Palavras chaves: Floresta amazônica; fragmentação florestal; escala da paisagem; fragmentos ripários e de terra firme; matriz urbana.

Effects of landscape structure on the orchid bee richness (Apidae: Euglossina) in forest fragments in the Brazilian Amazon

Maria Eliene Maia Braga Cândido¹; Elder Ferreira Morato^{1,2}

¹ Programa de Pós Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais, Universidade Federal do Acre, BR 364 km 04 – Distrito Industrial, Rio Branco, AC 69915-900, Brasil.

² Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, BR 364 km 04 – Distrito Industrial, Rio Branco, AC 69915-900, Brasil.

Abstract

Euglossine bees are important pollinators in the Neotropics. Little is known about the structure of the assemblages of these bees in riparian forest fragments and forest remnants of terra firme in urban matrices. This study aims to investigate whether the abundance, richness and composition of euglossine bee from riparian forest fragments differ from terra firme forest fragments in the urban matrix of Rio Branco, Acre, southwestern Brazilian Amazon and whether the landscape structure is a predictor of abundance and richness of bees and the effects of the spatial scale on this relationship. Male bees were attracted to scent baits and collected with entomological net in 10 forest fragments of different sizes, between September 2015 and March 2016, during the dry and rainy seasons. A total of 3,166 males belonging to four genera and 38 species were collected. Both richness and average richness per sample were higher in terra firme fragments. Abiotic variables, landscape structure and species composition did not differ significantly between riparian and terra firme forest fragments. The size of fragments was predictor of abundance and richness of bees. Those fragments near the urban center had lower richness. The landscape features represented by the first axis of PCA were also predictors of richness. Within a 600-m buffer around sample points, the landscape structure was a predictor of abundance and richness of bees. Richness was positively correlated with forest cover and connectivity, and negatively with the deforested and built area, on scales of 450 and 600 m radii. The faunal similarity decreased with the increase in the geographical distance among fragments and those with higher structural similarity were more similar in species composition. Therefore, maintaining large fragments, riparian and non-riparian, and landscape connectivity between them is

extremely important for the conservation of diversity and of the environmental services provided by euglossine bees in urban fragmented lanscape.

Keywords: Amazon forest; forest fragmentation; landscape scale; riparian and terra firme fragments; urban matrix.

1. INTRODUÇÃO

A fragmentação florestal é definida como a subdivisão de áreas contínuas de habitat, resultando em diferentes configurações espaciais dos remanescentes na paisagem (Fahring 2003). Na Amazônia brasileira, o desmatamento e a fragmentação florestal constituem as maiores ameaças à biodiversidade das suas florestas. Embora áreas extensas ainda permaneçam intactas, a taxa de perda da floresta amazônica é elevada (Fearnside 2010; Nogueira et al. 2015). Tais alterações têm sido resultado, principalmente, do aumento de queimadas e implementação de práticas agropecuárias (Barona et al. 2010).

Apesar de estar inserido no grande arco do desmatamento que ocorre na Amazônia (Salimon e Brown 2000), apenas 13% (22.169 km²) do território do estado do Acre foi desmatado (INPE 2016). Mesmo assim, o desmatamento na região tem aumentado continuamente nas últimas décadas, produzindo áreas extremamente fragmentadas, principalmente na região leste do estado (ACRE 2010). Populações de plantas e animais em fragmentos isolados têm taxas menores de dispersão e migração e, em geral, com o tempo sofrem problemas de fluxo gênico e declínio populacional (Laurance et al. 2002; Leimu et al. 2010).

Entre os insetos, as abelhas compõem um dos grupos mais potencialmente afetados pela perda de habitat e fragmentação da paisagem (Potts et al. 2010; Ferreira et al. 2015). As abelhas da subtribo Euglossina ou abelhas das orquídeas constituem um grupo de polinizadores diversificado e endêmico da região Neotropical (Roubik e Hanson 2004). A subtribo possui aproximadamente 240 espécies descritas (Moure et al. 2012), pertencentes aos gêneros *Euglossa*, *Eufriesea*, *Eulaema*, *Exaerete* e *Aglae* (Wittmann et al. 1988; Roubik e Hanson 2004). Uma característica específica das Euglossina é o hábito dos machos coletarem substâncias aromáticas nas flores de diversas famílias botânicas, especialmente Orchidaceae (Dressler 1982; Williams e Whitten 1983; Roubik 1989; Ramírez et al. 2002), polinizando-as durante este processo. Abelhas das orquídeas também são conhecidas por serem polinizadores de longas distâncias no interior de florestas tropicais (Janzen 1971; Wikelski et al. 2010; Pokorný et al. 2015). Entretanto, existem evidências de que algumas espécies não conseguem atravessar áreas abertas de apenas 100 m de largura entre dois fragmentos de floresta (Powell e Powell 1987; Morato 1994), enquanto outras espécies são capazes de

sobrevoarem alguns quilômetros e transpor corpos d'água que separa a ilha do continente (Rocha-Filho et al. 2013), inclusive na matriz urbana urbana (Raw 1989).

Nos últimos anos, diversos trabalhos têm investigado o impacto do desmatamento e da fragmentação florestal sobre as assembleias de abelhas Euglossina (Powell e Powell 1987; Becker et al. 1991; Morato 1994; Tonhasca et al. 2002a; Sofia e Suzuki 2004; Ramalho et al. 2009; Brosi 2009; Storck-Tonon et al. 2013). Os resultados obtidos em alguns desses estudos têm mostrado que a fragmentação pode alterar negativamente os padrões de abundância, riqueza e composição dessas abelhas por afetar a disponibilidade de locais de nidificação e fontes de alimentos.

Tem sido demonstrado que os efeitos negativos da perda de habitats naturais sobre as comunidades de vários grupos de insetos, inclusive abelhas, é dependente da escala espacial (Steffan-Dewenter et al. 2002; Steffan-Dewenter 2003; Taki et al. 2007a, b; Rubene et al. 2015). As perturbações podem ocorrer em diferentes escalas, afetando cada espécie de maneira distinta (Urban et al. 1987, Lertzman e Fall 1998). Steffan-Dewenter et al. (2002) verificaram que abelhas solitárias são significativamente mais afetadas pela perda de vegetação em pequenas escalas espaciais de até 750 m de raio do que abelhas sociais e que somente com análise de múltiplas escalas é possível detectar a importância do contexto de paisagem para essas comunidades de polinizadores.

A paisagem é definida como uma área heterogênea composta por conjunto de ecossistemas interativos (Forman e Godron 1986), constituída pelos elementos fragmentos ou manchas, corredores e matriz (Metzger 2003a). A matriz do entorno dos fragmentos florestais tem sido reportada por exercer papel importante na conectividade física e funcional da paisagem, podendo afetar de forma distinta várias espécies de um ecossistema (Viana et al. 2012; Driscoll et al. 2013; Aguiar e Gaglianone 2015).

O processo de fragmentação tem gerado a formação de fragmentos ripários ou de terra firme (Forman e Godron 1986). As matas ripárias referem-se a todos os tipos de formações vegetais que ocorrem nas margens dos cursos d'água (Castro et al. 2013). Esses ecossistemas mantêm uma grande diversidade de plantas (Lacerda e Figueiredo 2009; Brackmann e Freitas 2013), vertebrados (Tsuji-Nishikido e Menin 2011; Valadão 2012) e invertebrados (Morais et al. 2012; Pires et al. 2012). De modo geral, as matas ripárias são constituídas por pequenos fragmentos florestais com faixas estreitas de vegetação em ambas as margens (Martins 2011), raramente atingido a largura mínima estabelecida pela legislação brasileira (Brasil 2012). Isso faz com que o ambiente dentro

destas florestas possam ser mais suscetíveis aos efeitos de borda (Murcia 1995; Collinge 1996). Entretanto, o fato dos fragmentos ripários serem ambientes mais úmidos (Dressler 1982, Roubik e Hanson 2004) e funcionarem como corredores méxicos para a fauna de abelhas das orquídeas em ambientes abertos (Anjos-Silva 2006; Moura e Schlindwein 2009), pode favorecer um grande número de espécies nesses fragmentos.

Por outro lado, fragmentos de terra firme são caracterizados como fragmentos de maior tamanho, com menor índice de borda e maior área de cobertura florestal no entorno. Há evidências que a conservação de abelhas *Euglossina* exige a manutenção de fragmentos com maior área e menor borda (Powell e Powell 1987; Ramalho et al. 2009; Storck-Tonon et al. 2013). Entretanto, o tamanho e a forma isolada do fragmento (relação área/perímetro) não parecem ser bons indicadores do valor de um determinado fragmento para sustentar uma maior abundância e diversidade dessas abelhas (Brosi 2009; Nemésio e Silveira 2010). Outros fatores como conectividade, distância espacial entre os fragmentos, quantidade de cobertura florestal e área desmatada também podem influenciar as assembleias dessas abelhas em paisagens fragmentadas (Steffan-Dewenter et al. 2002; Brosi 2009).

A maioria dos trabalhos com abelhas *Euglossina* tem sido realizados em fragmentos de terra firme (Sofia e Suzuki 2004; Storck-Tonon et al. 2009; Aguiar e Gaglianone 2012, 2014). Apesar de sua importância, o conhecimento sobre a riqueza, composição e aspectos ecológicos das abelhas *Euglossina* em matas ripárias é restrito a poucos estudos realizados nos biomas Cerrado (Carvalho et al. 2006; Anjos-Silva 2006; Faria e Silveira 2011) e Caatinga (Neves e Viana 1999; Moura e Schlindwein 2009).

Devido à importância das abelhas *Euglossina*, em relação aos serviços ambientais, a estrutura de suas assembleias devem ser investigadas. Ainda não se sabe que proporção da riqueza dessas abelhas encontra-se em fragmentos de matas ripárias em relação a remanescentes florestais de terra firme na matriz urbana, e, portanto, a relevância desses ecossistemas florestais para a manutenção da diversidade dessas abelhas. Portanto, os objetivos deste trabalho foram: 1) investigar se a abundância, riqueza e composição de abelhas *Euglossina* de fragmentos de matas ripárias diferem de fragmentos de terra firme na paisagem urbana de Rio Branco, Acre e 2) verificar se a estrutura paisagística dos fragmentos, ripários e não ripários, é preditora da riqueza de abelhas e se a escala espacial empregada influencia essa relação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

As amostragens foram realizadas em 10 fragmentos com áreas que variaram de 1,5 a 164 ha, localizados na paisagem urbana do município de Rio Branco, estado do Acre (Fig. 1a). Esses fragmentos foram caracterizados de acordo com a proximidade de cursos d'água em fragmentos ripários (FR) e fragmentos de terra firme (FT) (Tabela 1).

O município de Rio Branco está situado no sudeste do estado Acre, região mais desmatada e urbanizada do Acre. Possui uma área de 8.831 km² e ocupa 5,4% do estado (ACRE 2010). A porcentagem de desmatamento no município é de 29,1% (2.650,2 km²) (INPE 2016). O clima da região é o tropical quente e úmido, com temperatura média anual de 32°C (ACRE 2010).

Durante o período amostral, a temperatura máxima diária média foi de $33,4 \pm 2,5$ °C, e a temperatura mínima média $23,5 \pm 1,2$ °C. A umidade relativa média diária foi de $83,8 \pm 7,7$ °C e a precipitação média mensal de 171 mm, sendo novembro o mês mais chuvoso (327,1 mm) e janeiro o mês mais seco (96,3 mm) (INMET 2016). A vegetação predominante na região é a floresta ombrófila densa e a floresta ombrófila aberta (bambus e palmeiras) (ACRE 2010).

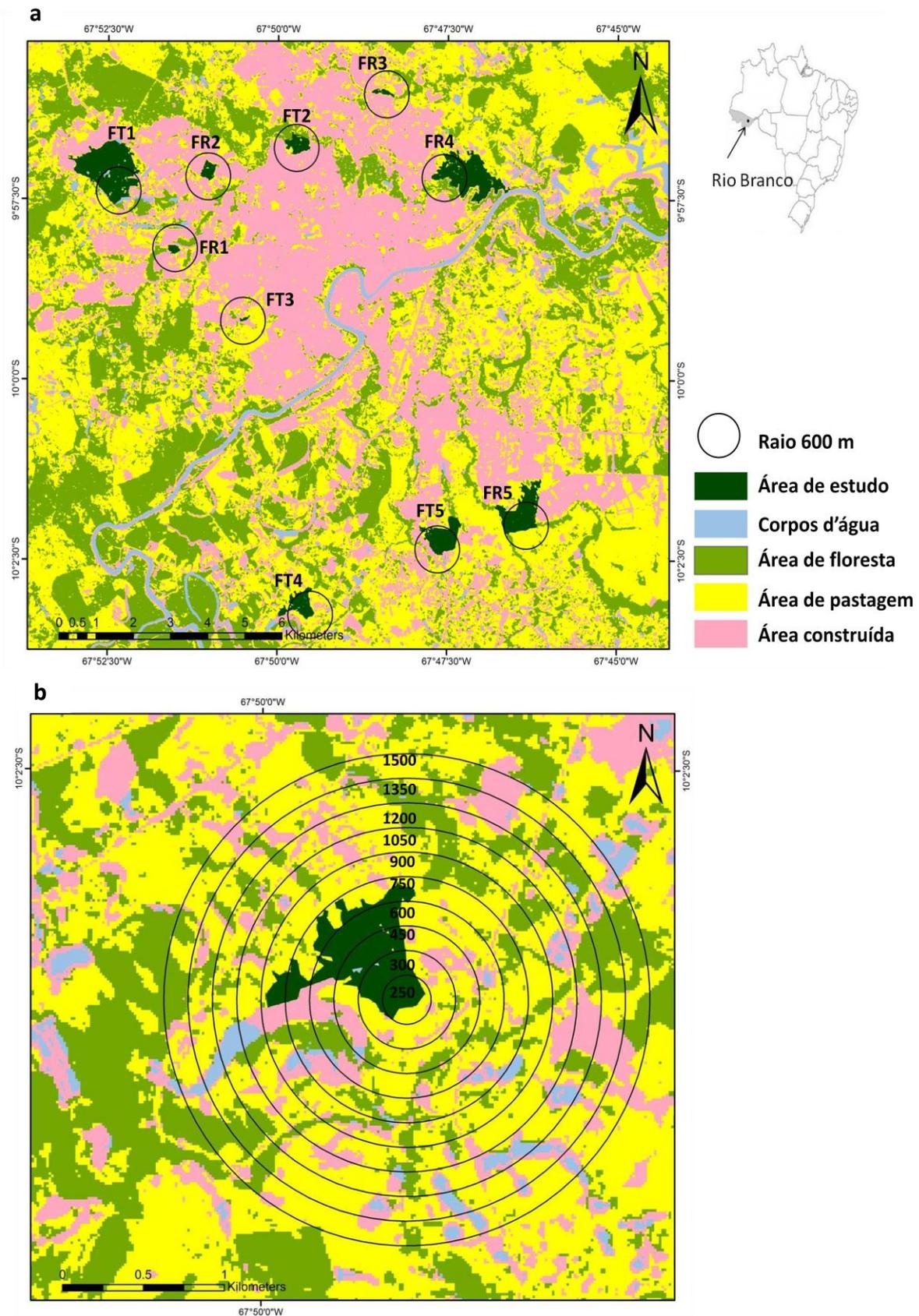


Fig. 1 Região de estudo e áreas amostrais na paisagem urbana de Rio Branco, Acre. **a** Localização dos fragmentos florestais estudados (FR= fragmento ripário, FT= fragmento de terra firme). **b** Círculos concêntricos com raios de 150 a 1.500 m, nos quais foram avaliadas as características paisagísticas.

Tabela 1 Localização e classificação dos fragmentos florestais amostrais na paisagem urbana de Rio Branco, Acre.

Local	Código	Classificação	Coordenadas	Área (ha)
Igarapé Batista	FR1	Ripário	09° 58'11" S, 67° 51'31" W	5,21
Igarapé Tucumã	FR2	Ripário	09° 57'11" S, 67° 51'02" W	12,73
Igarapé Ouricuri	FR3	Ripário	09° 56'02" S, 67° 48'24" W	5,33
Igarapé São Francisco	FR4	Ripário	09° 57'11" S, 67° 47'33" W	121,41
Igarapé Judia	FR5	Ripário	10° 02'00" S, 67° 46'20" W	82,53
Parque Zoobotânico	FT1	Terra Firme	09° 57'23" S, 67° 52'21" W	162,27
Horto Florestal	FT2	Terra Firme	09° 56'47" S, 67° 49'44" W	22,11
Área Privada Via Parque	FT3	Terra Firme	09° 59'11" S, 67° 50'31" W	1,62
Área de Proteção Ambiental Amapá	FT4	Terra Firme	10° 03'15" S, 67° 49'30" W	35,56
Parque Ambiental Chico Mendes	FT5	Terra Firme	10° 02'20" S, 67° 47'38" W	56,09

2.2 Amostragem e identificação

A amostragem foi realizada durante o final da estação seca e meados da estação chuvosa, mensalmente, de setembro de 2015 a fevereiro de 2016. Em cada fragmento foram escolhidos três pontos de amostragem, distantes 300 m um do outro e a uma distância mínima de 50 m da borda. Foram realizadas duas coletas em cada ponto amostral e, portanto, seis coletas em cada fragmento ripário e de terra firme no período das 7:00 as 15:00 hs com o emprego de rede entomológica (Storck-Tonon et al. 2009, 2013). Dos três pontos de coleta em cada fragmento, apenas um foi amostrado a cada coleta. O esforço amostral em cada fragmento foi de aproximadamente 48 horas.

As abelhas foram coletadas com o emprego das substâncias odoríferas acetato de benzila, cineol, escatol, eugenol, salicilato de metila e vanilina, amplamente utilizadas em diversos trabalhos com abelhas *Euglossina* (Roubik e Hanson 2004; Nascimento et al. 2015), inclusive na região de Rio Branco (Nemésio e Morato 2006; Storck-Tonon et al. 2009). As substâncias odoríferas foram expostas em cotonetes de algodão e dispostas em um cordão de náilon a 1,5 m de altura do solo e mantidas, pelo menos, 2 metros de distância entre si em cada ponto amostral (Storck-Tonon et al. 2009).

Dados de temperatura do ar, temperatura superficial do solo, luminosidade e umidade relativa do ar foram tomados durante o período amostral, em intervalos de uma

hora, no interior de cada fragmento, com auxílio de multímetro THAL-300 e termômetro infravermelho de solo MT-350.

As abelhas coletadas foram sacrificadas em vapor de acetato de etila, montadas, etiquetadas e armazenadas na coleção do Laboratório de Ecologia de Insetos da Universidade Federal do Acre. A identificação das abelhas foi realizada com o uso de uma coleção de referência e parte do material coletado foi encaminhada à Dra. Danielle Storck-Tonon na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), ao Dr. Márcio Luiz de Oliveira do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e ao doutorando José Eustáquio dos Santos na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) para identificação taxonômica.

2.3 Geoprocessamento

Os fragmentos foram mapeados através do uso de imagens de satélites do LANDSAT8, sensor OLI (Orbita/ ponto: 002/067) com resolução de 30 m nas bandas multiespectrais e 15 m na pancromática e data de passagem em 19/06/2015. As imagens foram classificadas em quatro classes temáticas: água, floresta, área construída e pastagem/uso agrícola, baseada em uma classificação supervisionada utilizando o algoritmo máxima verossimilhança (Maximum Likelihood Classification). Para validação da classificação, foram coletadas amostras de referência (n = 80) com auxílio das imagens Google Earth e informações visualizadas em campo. A matriz de confusão indicou que a classificação apresentou acurácia global = 0,86 (86%) e Kappa = 0,82 (82%) (Congalton e Kass 2008). Todas as métricas de paisagem foram estimadas com o auxílio do Software ArcGis 10.1.

Para a caracterização da estrutura paisagística dos fragmentos, na escala de 600 m de raio, foram obtidas informações da área de cobertura florestal (ha) no entorno dos fragmentos, área desmatada (ha), área construída (ha) e conectância (Forman e Godron 1986; Urban et al. 1987; Metzger 2003b). Essa escala garantiu melhor independência das unidades amostrais, evitando a sobreposição entre círculos e aumentando a força da correlação (Steffan-Dewenter et al. 2002).

Considerou-se como características estruturais dos fragmentos a área (ha), índice de borda e distância espacial (km) dos fragmentos em relação ao ponto mais central do centro urbano de Rio Branco, por ser esta a área mais urbanizada do município (Forman e Godron 1986; Metzger 2003b; Gering et al. 2003). Através do polígono de cada

fragmento foi estimada sua respectiva área (ha). O índice de borda foi calculado a partir da relação entre o perímetro e a área de cada fragmento (Brosi 2009; Storck-Tonon et al. 2013). A distância dos fragmentos em relação ao centro urbano de Rio Branco foi obtida pela estimativa da distância em linha reta do ponto mais central de coletas das abelhas até o centro urbano da cidade. Uma matriz de distância geográfica entre os fragmentos também foi obtida através da estimativa da distância em linha reta dos pontos mais centrais das coletas de abelhas.

Por definição, neste estudo, a área de cobertura florestal equivale a florestas primárias e secundárias em diferentes estágios sucessionais. A área desmatada foi obtida através do somatório da área de pastagem e área construída.

As características paisagísticas suscetíveis ao efeito da escala, área de cobertura florestal, área desmatada e área construída foram medidos dentro de círculos concêntricos com raios de 150, 300, 450, 600, 750, 900, 1.050, 1.200, 1.350 e 1.500 m a partir do ponto de coleta das abelhas mais central de cada fragmento (Fig. 1b), adaptado de Steffan-Dewenter et al. (2002); Taki et al. (2007a); Taki et al. (2007b); Silva e De Marco-Júnior 2014. Os raios dos círculos foram estabelecidos a partir de efeitos conhecidos e dependentes da escala e áreas de forrageamento de vários grupos de Aculeata (Steffan-Dewenter et al. 2001, 2002; Taki et al. 2007a). As análises foram realizadas em múltiplas escalas porque os organismos podem responder a características paisagísticas em diferentes escalas espaciais e um mesmo organismo pode começar a responder a partir de determinada escala (Steffan-Dewenter et al. 2002; Brosi 2009).

A conectância entre os fragmentos foi calculada dentro de buffers a partir dos pontos amostrais nos diferentes raios através do índice de proximidade (métrica de proximidade PROX). Esse índice foi obtido pelo somatório da razão entre a área (m^2) de um determinado fragmento vizinho do fragmento amostral e o quadrado da distância (m^2) entre estes dois fragmentos (Gustafson e Parker 1992). Foi considerado como fragmento vizinho uma porção isolada de floresta, ripária ou não, de pelo menos, um hectare de tamanho e distando 50 m de outro. O índice de proximidade mede o grau de isolamento e a fragmentação no entorno do fragmento, considerando uma determinada escala espacial (Rabello et al. 2010).

2.4 Análise dos dados

Todas as correlações foram realizadas através do coeficiente de Pearson (r) (Sokal e Rohlf 1995). A abundância, riqueza e as variáveis microclimáticas entre os fragmentos ripários e de terra firme foram comparadas através do teste de Kruskal-Wallis (Siegel e Castellan 1988).

Todos os fragmentos foram comparados entre si em relação à sua composição faunística, através de uma análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) (Nonmetric Multidimensional Scaling; Minchin 1987). Com o intuito de minimizar os efeitos das áreas com abundância muito elevada, foi realizada uma padronização por local. Dessa forma, a abundância de cada espécie foi dividida pela abundância total de cada área. A partir desta padronização, o índice quantitativo de Bray-Curtis foi empregado para gerar a matriz de dissimilaridade aplicado na ordenação. Posteriormente, as duas categorias de fragmentos foram comparadas em relação à composição das espécies de Euglossina através de teste de permutação ADONIS – Permanova (análise de variância utilizando matriz de distância) com 1.000 aleatorizações (Anderson 2001).

Modelos de regressão linear simples foram ajustados para prever a riqueza e abundância de abelhas dos fragmentos ripários e de terra firme em função da estrutura paisagística (área de cobertura florestal, área desmatada, área construída e conectância) na escala de 600 m de raio, e em função das características estruturais dos fragmentos (área, índice de borda e distância espacial dos fragmentos em relação ao centro urbano de Rio Branco). A estrutura paisagística dos fragmentos foi correlacionada com a riqueza de abelhas em diferentes escalas espaciais de modo a minimizar a sobreposição entre círculos (Steffan-Dewenter et al. 2002; Taki et al. 2007a). As relações entre área dos fragmentos e a riqueza e abundância de abelhas foram analisadas através do logaritmo da área de cada fragmento (Sokal e Rohlf 1995).

Os fragmentos foram ordenados em uma Análise de Componentes Principais (PCA) através de uma matriz de correlação com a estrutura paisagística dos fragmentos (Manly 2004). Os escores do primeiro componente foram ajustados em um modelo de regressão linear simples com os valores de riqueza de abelhas, a fim de se verificar se a estrutura paisagística é um preditor geral dessas variáveis (Sokal e Rohlf 1995). Foram consideradas as características estruturais e paisagísticas dos fragmentos em uma análise de PCA.

Uma matriz de dissimilaridade estrutural paisagística entre as duas categorias de fragmentos foi obtida através do coeficiente quantitativo de Bray-Curtis (Ludwig e Reynolds 1988), com as variáveis paisagísticas mensuráveis dentro de um círculo com raio de 600 m. Para tal, os dados originais foram estandardizados através da divisão de cada valor de uma variável por seu respectivo desvio padrão (Sokal e Rohlf 1995). Foi considerada na matriz de dissimilaridade estrutural paisagística as variáveis tamanho do fragmento, índice de borda, área de cobertura florestal, área desmatada, área construída, conectância e distância espacial do fragmento até o centro urbano de Rio Branco. Uma matriz de dissimilaridade faunística e distância geográfica entre os fragmentos também foi obtida através do mesmo coeficiente. Os valores de dissimilaridade faunística e distância geográfica foram correlacionados e a significância foi verificada através do teste de permutação de Mantel com 1.000 aleatorizações (Douglas e Endler 1982; Manly 2004; Goteli e Ellison 2011).

Correlações parciais de primeira ordem foram realizadas entre a dissimilaridade faunística, dissimilaridade estrutural paisagística e distância geográfica entre os fragmentos (Sokal e Rohlf 1995). Tal procedimento foi realizado para verificar o efeito de uma variável sobre duas outras. As análises foram realizadas nos programas BioEstat 5.3 (Ayres et al. 2007) e R (R Core Team 2015), através do pacote Vegan (Oksanen et al. 2014).

3. RESULTADOS

3.1 Abundância, riqueza e composição

Foram coletados 3.166 machos de *Euglossina* pertencentes a quatro gêneros e 38 espécies (Tabela 2). *Euglossa* Latreille representou 55,5% dos indivíduos coletados, *Eulaema* Lepeletier 39,0%, *Exaerete* Hoffmannsegg 4,8% e *Eufriesea* Cockerell 0,6%. *Euglossa ignita* (Smith) foi à espécie mais abundante, estando presente em todos os fragmentos (22,2%), seguida por *Eulaema nigrita* (Lepeletier) (11,7%), *Eulaema cingulata* (Fabricius) (10,1%) e *Euglossa modestior* (Dressler) (10,0%). A abundância e riqueza nos fragmentos correlacionaram-se significativamente ($r = 0,89$; $p = 0,0007$; $gl = 8$) e as espécies mais abundantes também ocorreram em um maior número de fragmentos ($r = 0,93$; $p = 0,0001$; $gl = 36$). Em cada fragmento houve uma tendência da

estabilidade do número de espécies a partir da 4ª coleta (Fig. 2a). O número total acumulado de espécies tendeu a estabilizar a partir da 50ª coleta (Fig. 2b).

Nos fragmentos de terra firme foram coletados 1.805 (57,0%) indivíduos distribuídos em 35 espécies. Nos fragmentos ripários foram coletados 1.361 (43,0%) indivíduos distribuídos em 32 espécies. *Ef. convexa* (Friese) (1 indivíduo), *Ef. ornata* (Mocsáry) (1), *Eg. chalybeata* Friese (2), *Eg. despecta* Moure (4), *Eg. laevicincta* Dressler (1), *Eg. pleosticta* Dressler (1) e *Ex. aff. frontalis* (1) foram amostradas apenas nos fragmentos de terra firme. *Eg. gaianii* Dressler (1) e *Eg. rugilabris* Moure (1) apresentaram ocorrência apenas nos fragmentos ripários. O número médio de abelhas por coleta dos fragmentos de terra firme ($60,1 \pm 26,0$) foi significativamente superior ao número médio ($45,3 \pm 28,9$) dos fragmentos ripários (Kruskal-Wallis; $H = 5,56$; $p = 0,0183$; $n = 36$). O número médio de espécies por coleta nos fragmentos de terra firme ($13,3 \pm 3,6$) também foi significativamente superior ao número médio ($12,1 \pm 5,6$) de espécies dos fragmentos ripários (Kruskal-Wallis; $H = 4,56$; $p = 0,0327$; $n = 36$).

As variáveis microclimáticas, temperatura do ar, temperatura superficial do solo, luminosidade e umidade relativa não diferiram entre os fragmentos ripários e de terra firme (Kruskal-Wallis; todos os $p > 0,10$).

Tabela 2 Abundância e riqueza de abelhas Euglossina coletadas em fragmentos florestais na paisagem urbana de Rio Branco, Acre. FR= fragmento ripário e FT= fragmento de terra firme

Espécies	FR1	FR2	FR3	FR4	FR5	Total	FT1	FT2	FT3	FT4	FT5	Total	Total geral
<i>Eufriesea convexa</i> (Friese, 1899)											1	1	1
<i>Eufriesea flaviventris</i> (Friese, 1899)	1			1		2				2		2	4
<i>Eufriesea ornata</i> (Mocsáry, 1896)											1	1	1
<i>Eufriesea pulchra</i> Smith, 1854					3	3	1					1	4
<i>Eufriesea superba</i> (Hoffmannsegg, 1817)				1		1	2	1		5		8	9
<i>Euglossa alosticta</i> Moure, 1969	5	6	1	17	12	41	13	6	13	7		39	80
<i>Euglossa amazonica</i> Dressler, 1982	14	18	8	6	58	104	14	9	23	42	12	100	204
<i>Euglossa augaspis</i> Dressler, 1982	8	8	4	1	12	33	6	3	1	16	9	35	68
<i>Euglossa avicula</i> Dressler, 1982					1	1	1	1	5			7	8
<i>Euglossa bidentata</i> Dressler, 1982	1				2	3	1	2	3		1	7	10
<i>Euglossa chalybeata</i> Friese, 1925										2		2	2
<i>Euglossa chlorina</i> Dressler, 1982					1	1					1	1	2
<i>Euglossa cognata</i> Moure, 1970			1	5	9	15	7		2	4	2	15	30
<i>Euglossa despecta</i> Moure, 1968							1			1	2	4	4
<i>Euglossa gairanii</i> Dressler, 1982		1				1							1
<i>Euglossa ignita</i> Smith, 1874	30	24	10	17	140	221	73	36	15	202	156	482	703
<i>Euglossa imperialis</i> Cockrell, 1922					11	11	1			33	3	37	48
<i>Euglossa intersecta</i> Latreille, 1838				1	2	3	1			5		6	9
<i>Euglossa laevicincta</i> Dressler, 1982								1				1	1
<i>Euglossa aff. mixta</i> Friese, 1899			2	2	9	13	14	1	3	1	7	26	39
<i>Euglossa modestior</i> Dressler, 1982	31	29	5	15	63	143	19	11	55	25	65	175	318
<i>Euglossa mourei</i> Dressler, 1982	25	19	6	12	18	80	6	24	5	19	13	67	147
<i>Euglossa orellana</i> Roubik, 2004					1	1	2			2	50	54	55
<i>Euglossa pleosticta</i> Dressler, 1982											1	1	1
<i>Euglossa prasina</i> Dressler, 1982				4	7	11		1	1		3	5	16

Tabela 1 continuação

Espécies	FR1	FR2	FR3	FR4	FR5	Total	FT1	FT2	FT3	FT4	FT5	Total	Total geral
<i>Euglossa rugilabris</i> Moure, 1967					1	1							1
<i>Euglossa securigera</i> Dressler, 1982			1			1				1	1	2	3
<i>Euglossa townsendi</i> Cockerell, 1922				1		1			10			10	11
<i>Eulaema bombiformis</i> (Packard, 1869)	2	2	1		2	7	2	3		3	5	13	20
<i>Eulaema cingulata</i> (Fabricius, 1804)	18	26	20	58	34	156	85	12	21	17	30	165	321
<i>Eulaema meriana</i> (Oliver, 1789)	22	26	13	37	27	125	43	20	13	43	35	154	279
<i>Eulaema mocsaryi</i> (Friese, 1899)	5	4	2	7	8	26	12	1	5	3	5	26	52
<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier, 1841	33	29	28	27	65	182	49	52	40	7	41	189	371
<i>Eulaema pseudocingulata</i> Oliveira, 2006	8	12	20	29	23	92	43	14	8	9	24	98	190
<i>Exaerete</i> aff. <i>frontalis</i>				1		1							1
<i>Exaerete frontalis</i> (Guérin, 1844)	2				1	3	1	1		2	1	5	8
<i>Exaerete lepeletieri</i> Oliveira & Nemésio, 2003	5		1	12	6	24		3	1	7	7	18	42
<i>Exaerete smaragdina</i> (Guérin, 1844)	12	11	6	11	14	54	14	13	9	5	7	48	102
Abundância	222	215	129	265	530	1361	411	215	233	463	483	1805	3166
Riqueza	17	14	17	21	26	32	24	21	19	25	26	35	38

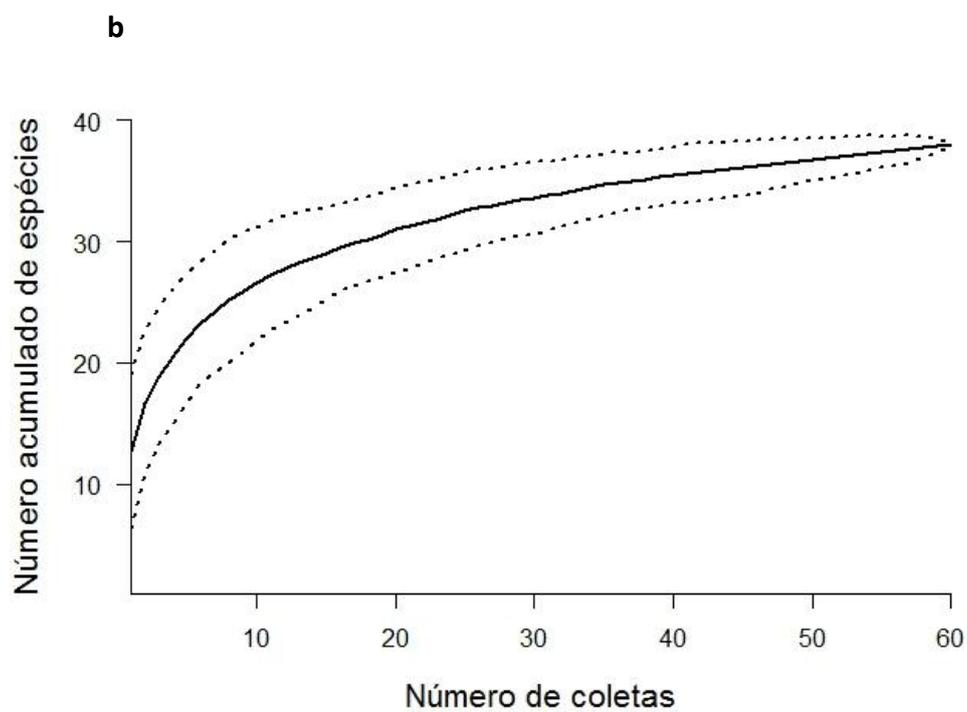
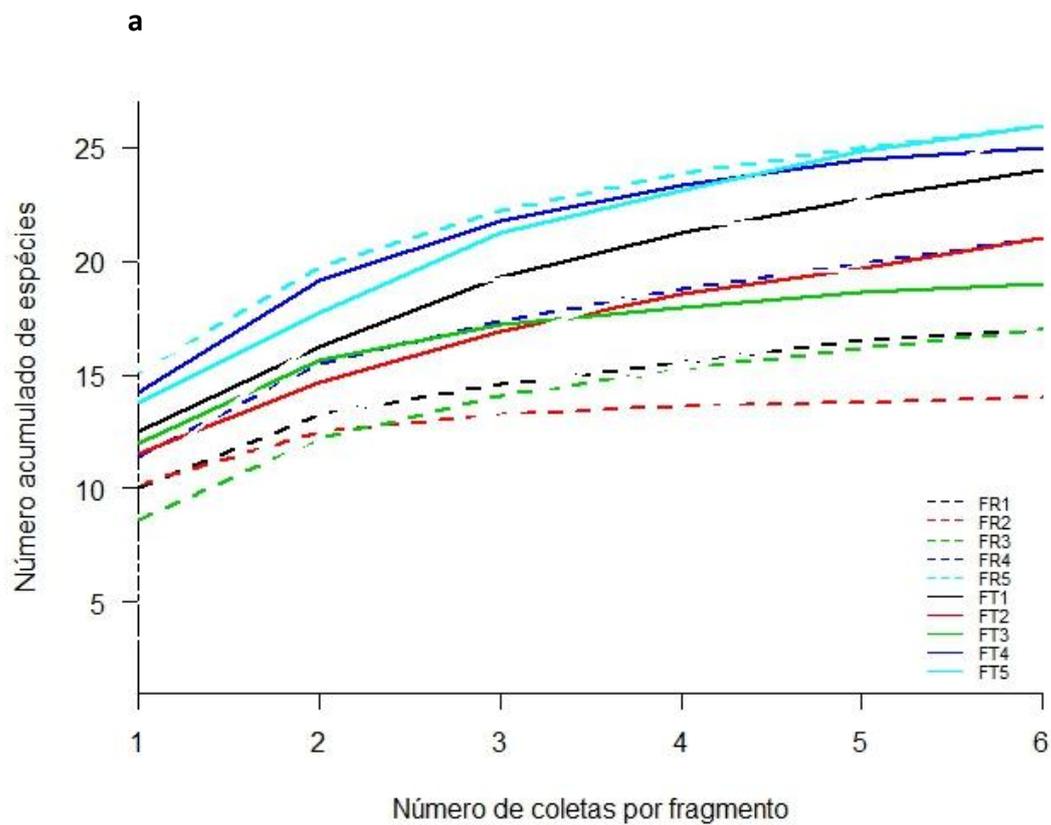


Fig. 2 a Número acumulado de espécies de abelhas Euglossina por fragmento florestal. **b** Número total acumulado de espécies de abelhas em fragmentos florestais na paisagem urbana de Rio Branco, Acre. Fragmentos ripários (FR) e fragmentos de terra firme (FT).

A ordenação NMDS realizada com dados da abundância das espécies apresentou um estresse de 0,0827, sendo esta a melhor solução alcançada após 13 tentativas. Os dois eixos da ordenação captaram 89,8% da variação na composição de abelhas (Fig. 3). Não houve diferença significativa na composição de espécies de abelhas entre os fragmentos ripários e terra firme (PERMANOVA; PseudoF = 0,746 ; p = 0,594).

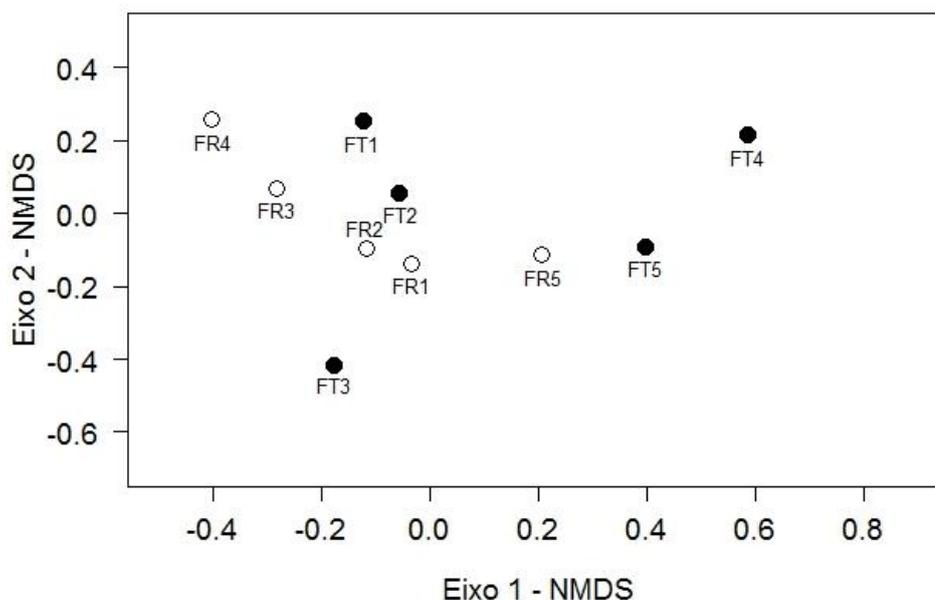


Fig. 3 Ordenação multivariada (NMDS) dos fragmentos em relação a composição de Euglossina, localizados na paisagem urbana de Rio Branco, Acre. Fragmentos ripários (FR) e fragmentos de terra firme (FT).

3.2 Variáveis dos fragmentos e da paisagem

Os dados referentes às características estruturais e paisagísticas na escala de 600 m de raio e valores de riqueza e abundância de abelhas são apresentados na Tabela 3.

As características estruturais dos fragmentos (área, índice de borda e distância espacial dos fragmentos em relação ao centro urbano de Rio Branco) e as características paisagísticas (área de cobertura florestal, área desmatada, área construída e conectância), na escala de 600 m de raio, foram correlacionadas com a riqueza e abundância de abelhas (Tabela 4). A área dos fragmentos e a distância espacial correlacionaram-se positivamente com a riqueza e abundância de abelhas, enquanto o índice de borda não mostrou nenhuma relação. Na escala de 600 m de raio todas as

relações entre as características paisagísticas e abundância e riqueza foram significativas ($p < 0,05$).

As relações entre as características paisagísticas e riqueza em diferentes escalas espaciais são apresentadas na Tabela 5. A riqueza correlacionou-se positivamente com a área de cobertura florestal e conectância, e negativamente com a área desmatada e construída nas escalas de 450 e 600 m de raio.

Tabela 3 Características estruturais e paisagísticas dos fragmentos na escala de 600 m de raio e riqueza e abundância de abelhas Euglossina dos fragmentos florestais na paisagem urbana de Rio Branco, Acre.

Código do fragmento	Área (ha)	Índice de borda	Cobertura florestal (ha)	Área desmatada (ha)	Área construída (ha)	Distância (km)	Conectância	Riqueza (S)	Abundância (N)
FR1	5,21	0,22	27,81	85,32	58,50	5,42	226,61	17	222
FR2	12,73	0,19	21,06	91,82	66,11	5,12	323,46	14	215
FR3	5,33	0,37	14,92	97,99	62,48	4,43	612,92	17	129
FR4	121,41	0,11	65,32	47,86	24,64	2,90	3392,78	21	265
FR5	82,53	0,10	60,00	53,12	7,81	7,91	26156,34	26	530
FT1	162,27	0,09	69,35	43,72	15,53	7,11	17020,81	24	411
FT2	22,11	0,17	37,69	75,42	60,01	3,65	3540,34	21	215
FT3	1,62	0,49	9,00	103,88	30,06	3,92	3,96	19	233
FT4	35,56	0,15	39,96	73,00	19,06	9,23	132,47	25	463
FT5	56,09	0,10	48,06	65,05	34,00	7,50	13603,46	26	483

Tabela 4 Relação entre características estruturais dos fragmentos e paisagísticas na escala de 600 m de raio e riqueza e abundância de Euglossina em fragmentos florestais na paisagem urbana de Rio Branco, Acre.

Variável preditora	Variável predita	Modelo	F	r ²	p	gl
Área (log)	Riqueza	$y = 4,69\log(x) + 14,4$	7,00	0,47	0,0283	8
	Abundância	$y = 141,22\log(x) + 124,33$	6,34	0,44	0,0346	8
Índice de borda	Riqueza	-	3,55	0,30	0,0938	8
	Abundância	-	5,21	0,39	0,0502	8
Área de floresta	Riqueza	$y = 0,13x + 15,56$	7,84	0,49	0,0224	8
	Abundância	$y = 4,34x + 145,66$	6,07	0,43	0,0376	8
Área desmatada	Riqueza	$y = -0,13x + 30,93$	7,86	0,49	0,0223	8
	Abundância	$y = -4,37x + 638,82$	6,11	0,43	0,0373	8
Área construída	Riqueza	$y = -0,15x + 26,91$	17,14	0,68	0,0032	8
	Abundância	$y = -5,40x + 525,90$	18,59	0,69	0,0025	8
Conectância	Riqueza	$y = 0,0003x + 18,97$	6,32	0,44	0,0349	8
	Abundância	$y = 0,01x + 241,68$	10,49	0,56	0,0117	8
Distância do centro	Riqueza	$y = 1,25x + 13,73$	5,75	0,41	0,0418	8
Urbano	Abundância	$y = 56,49x - 5,39$	20,13	0,71	0,0020	8

Tabela 5 Correlação entre características paisagísticas existentes em diferentes raios (m) do ponto de coleta mais central das abelhas e riqueza de Euglossina nos fragmentos florestais na paisagem urbana de Rio Branco, Acre. Em negrito as escalas nas quais todas as correlações foram significativas.

Raio (m)	Área de cobertura florestal (ha)			Área desmatada (ha)			Área construída (ha)			Conectância		
	r	P	gl	r	p	gl	r	p	gl	r	p	gl
150	0,55	0,0991	8	-0,55	0,0959	8	-0,66	0,0384	8	0,70	0,0238	8
300	0,60	0,0663	8	-0,60	0,0653	8	-0,76	0,0109	8	0,69	0,0249	8
450	0,72	0,0197	8	-0,71	0,0196	8	-0,81	0,0043	8	0,70	0,0237	8
600	0,71	0,0216	8	-0,71	0,0216	8	-0,84	0,0023	8	0,70	0,0237	8
750	0,68	0,0279	8	-0,69	0,0281	8	-0,82	0,0038	8	0,52	0,1237	8
900	0,67	0,0306	8	0,52	0,1241	8	-0,82	0,0039	8	0,70	0,0237	8
1050	0,62	0,0553	8	-0,61	0,0581	8	-0,82	0,0038	8	0,70	0,0237	8
1200	0,57	0,0851	8	-0,45	0,1893	8	-0,78	0,0070	8	0,86	0,0014	8
1350	0,55	0,0955	8	-0,20	0,5664	8	-0,72	0,0173	8	0,70	0,0237	8
1500	0,53	0,116	8	0,08	0,8149	8	-0,61	0,0612	8	0,70	0,0237	8

De modo geral, a abundância relativa das espécies foram maiores nos fragmentos de maior tamanho (Fig. 4). Entretanto, algumas espécies como *Eg. townsendi* Cockerell, *Eg. gairanii* e *Eg. laevicineta* foram registradas somente nos menores. A abundância das espécies aumentou com a distância do fragmento até o centro urbano da cidade, sendo que quanto mais próximo do centro, menor o número de espécies e menor a abundância relativa das espécies (Fig. 5). As espécies *Ef. convexa*, *Ef. ornata*, *Eg. rugilabris* e *Eg. townsendi* ocorreram apenas nos fragmentos mais distantes do centro urbano.

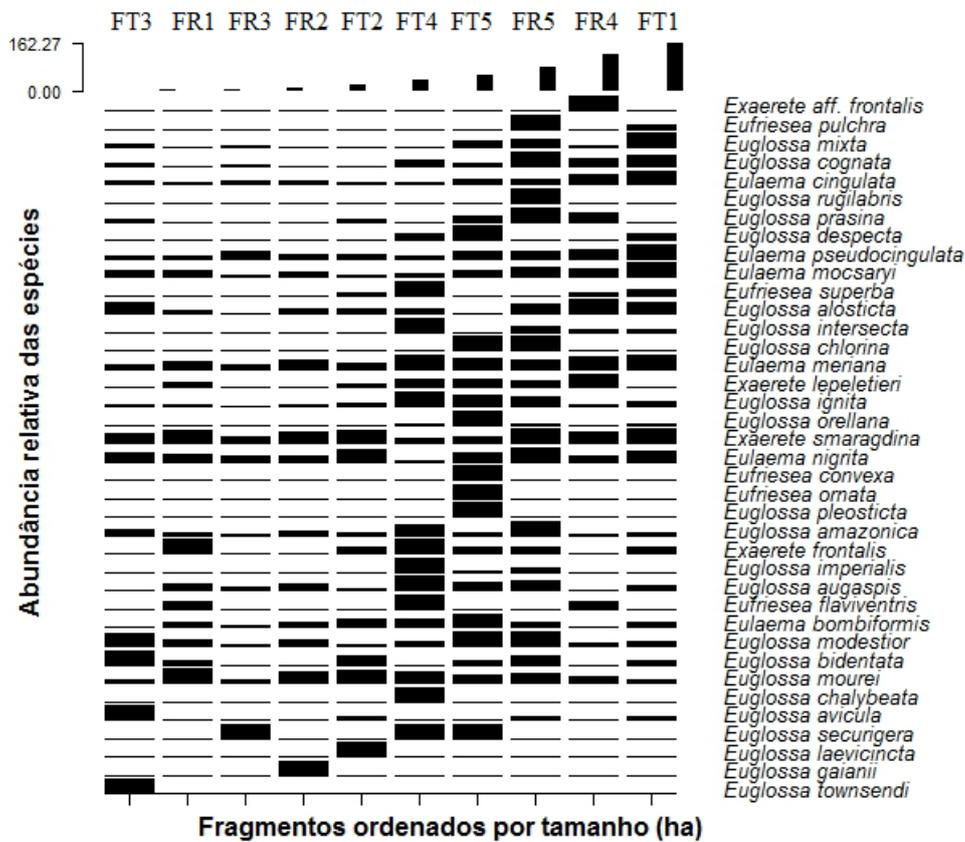


Fig. 4 Abundância relativa das espécies de Euglossina em função do tamanho da área dos fragmentos na paisagem urbana de Rio Branco, Acre. Fragmentos ripários (FR) e fragmentos de terra firme (FT).

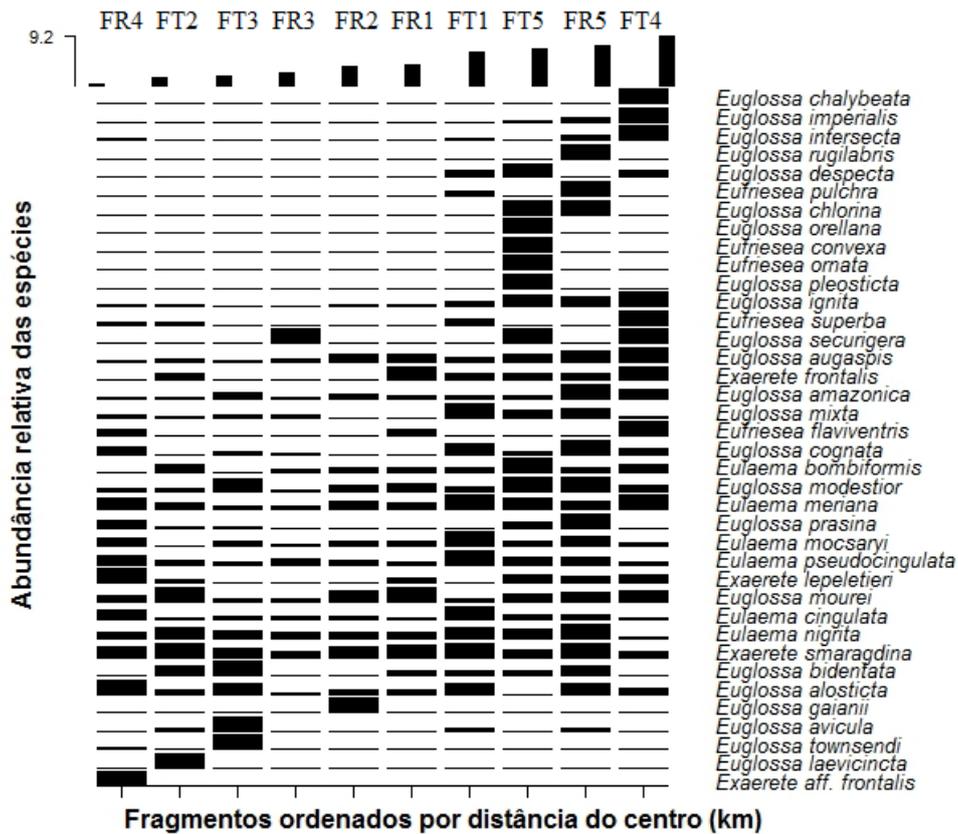


Fig. 5 Abundância relativa das espécies de Euglossina em função da distância dos fragmentos florestais ao centro urbano de Rio Branco, Acre. Fragmentos ripários (FR) e fragmentos de terra firme (FT).

Somente o eixo 1 da PCA realizada com dados das características paisagísticas foi retido para interpretação, pois somente este apresentou maior autovalor (4,99) que os eixos gerados pelo modelo de aleatorização de Broken-Stick (2,59). O eixo 1 da PCA explicou 71,4% da variação dos dados e as variáveis mais importantes para sua formação foram a área de cobertura florestal (autovetor = 0,43), área desmatada (autovetor -0,43) e tamanho do fragmento (autovetor = 0,40). Não foram encontradas diferenças significativas das características da paisagem entre as duas categorias de fragmentos para o eixo da PCA (ANOVA; $F = 0,124$; $p = 0,734$). A riqueza de abelhas variou positivamente em função das características da paisagem representadas pelo eixo 1 da PCA ($y = 1,43x + 20,40$; $F = 12,49$; $r^2 = 0,61$; $p = 0,0077$; $gl = 8$) (Fig. 6).

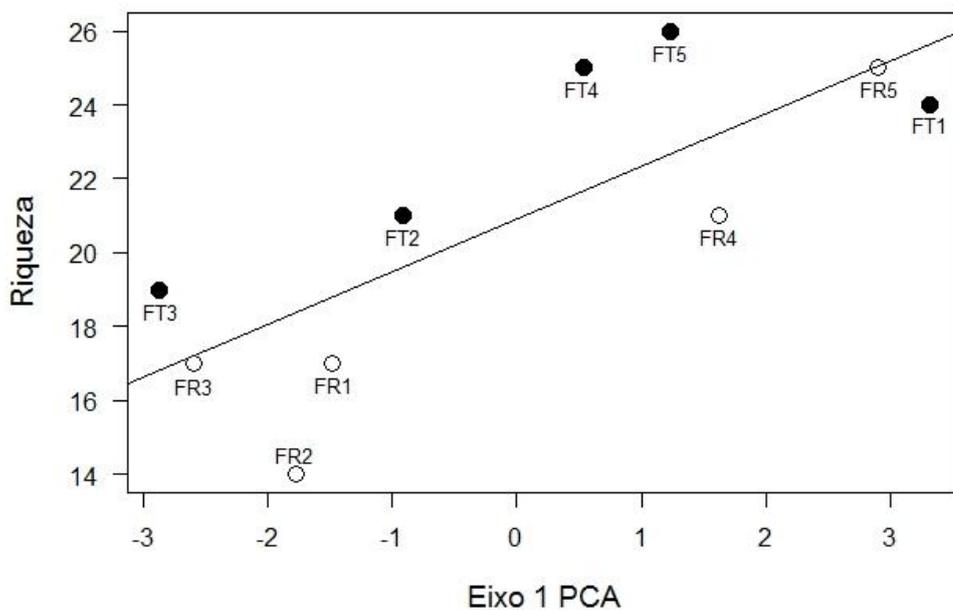


Fig. 6 Relação entre riqueza e variáveis paisagísticas representadas pelo eixo 1 de uma Análise de Componentes Principais (PCA) dos fragmentos na paisagem urbana de Rio Branco, Acre. Fragmentos ripários (FR) e fragmentos de terra firme (FT).

A dissimilaridade faunística correlacionou-se positivamente com a distância espacial entre os fragmentos (Mantel $r = 0,67$; $p = 0,0009$; $gl = 42$) (Fig. 7a) e com a dissimilaridade paisagística (Mantel $r = 0,52$; $p = 0,002$; $gl = 42$) (Fig. 7b). Entretanto, não houve correlação entre distância espacial e dissimilaridade paisagística (Mantel $r = 0,16$; $p = 0,14$; $gl = 42$).

A correlação parcial entre dissimilaridade faunística e distância entre os fragmentos mantendo as características paisagísticas constante foi significativa (Mantel $r = 0,66$; $t = 5,84$; $p = 0,0001$; $gl = 42$). Correlação parcial significativa também foi obtida entre dissimilaridade faunística e dissimilaridade paisagística mantendo a distância constante (Mantel $r = 0,56$; $t = 4,47$; $p = 0,0001$; $gl = 42$).

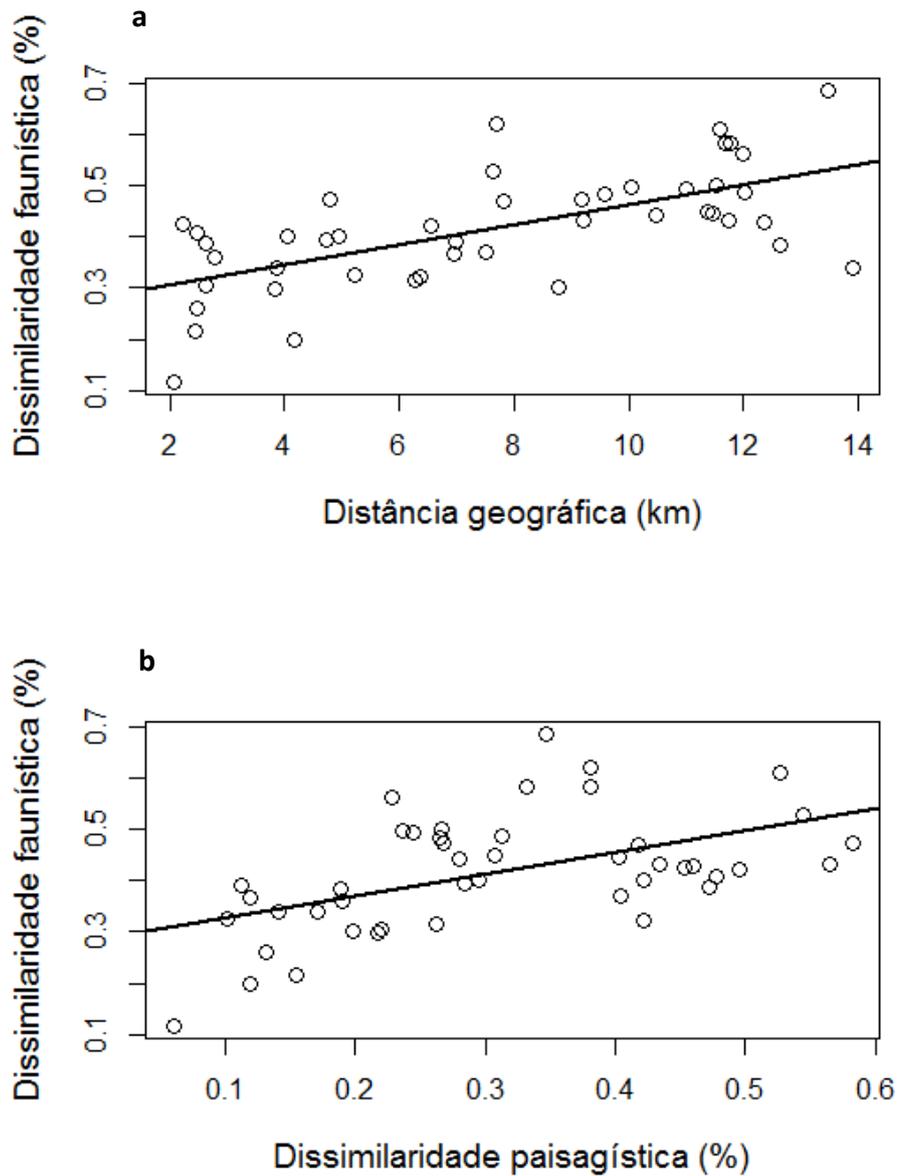


Fig. 7 a Relação entre dissimilaridade faunística (%) e distância geográfica (km) entre os fragmentos florestais. **b** Relação entre dissimilaridade faunística (%) e dissimilaridade paisagística entre os fragmentos florestais na paisagem urbana de Rio Branco, Acre. Cada ponto representa um par de fragmentos comparados.

4. DISCUSSÃO

São registradas, atualmente, 52 espécies de abelhas das orquídeas para o estado do Acre (Morato 2001; Nemésio e Morato 2004, 2005, 2006; Storck-Tonon et al. 2009). Este trabalho registrou a ocorrência de mais 2 espécies: *Euglossa laevicincta* e

Euglossa rugilabris, aumentando a lista de Euglossina do Acre para 54 espécies. De modo geral, os fragmentos que apresentaram maior abundância de abelhas Euglossina apresentaram maior riqueza, sendo que poucas espécies foram muito abundantes. Portanto, a abundância de abelhas foi um preditor do número de espécies. Resultados semelhantes foram encontrados na região de estudo por Nemésio e Morato (2004), Nemésio e Morato (2006) e Storck-Tonon et al. (2013).

Em cada fragmento houve uma tendência a estabilidade das espécies a partir da 4ª coleta. Porém, o número total acumulado de espécies tendeu a se estabilizar a partir da 50ª coleta, o que mostra que o número de espécies médio de cada fragmento é um subconjunto do número de espécies regional. Portanto, o esforço amostral empreendido foi suficiente para amostrar a riqueza regional de abelhas das orquídeas, com exceção de espécies sazonais como do gênero *Eufriesea*, que são ativas durante 1 ou 2 meses no ano (Dressler 1982).

O número médio de abelhas e espécies por coleta foram significativamente maiores nos fragmentos de terra firme, provavelmente, porque esses fragmentos possuem, em média, um tamanho maior que os ripários e, em geral, fragmentos maiores possuem maior riqueza florística (Scariot 1998; Laurance e Vasconcelos 2009; Santos et al. 2013) e, conseqüentemente, maior disponibilidade de fontes de substâncias odoríferas, alimentos, resinas e locais de nidificação. Além disso, os fragmentos de terra firme estão localizados em áreas mais próximas da periferia da cidade de Rio Branco e, portanto, esses fragmentos são mais jovens e menos impactados do que fragmentos próximos do centro urbano da cidade que são mais velhos e perturbados (Lovejoy et al. 1986).

Aproximadamente, 61,5% da fauna regional de abelhas Euglossina foi registrada nos fragmentos ripários. Além disso, a presença de duas espécies, exclusivamente nesses fragmentos, entre elas *Eg. rugilabris*, uma espécie rara que ainda não tinha sido registrada no Acre, enfatiza a importância da conservação das matas ripárias para a manutenção da riqueza dessas abelhas. É possível que a mata ripária funcione como local de nidificação, proteção contra a radiação solar e ventos fortes (Moura e Schlindwein 2009) e oferta de recursos alimentares para abelhas Euglossina (Neves e Viana 1999).

Não houve diferença estatisticamente significativa entre fragmentos ripários e de terra firme, em relação à estrutura paisagística e, também, em relação aos fatores

abióticos temperatura do ar, temperatura superficial do solo, luminosidade e umidade relativa do ar, que são fatores que influenciam a atividade de insetos em geral (Price 1984; Marques 2012) e abelhas Euglossina (Oliveira 1999; Nemésio e Vasconcelos 2013; Giangarelli et al. 2015).

Do total de 38 espécies, 29 foram de ocorrência comum nos fragmentos ripários e de terra firme. A análise de NMDS não mostrou diferença significativa na composição de espécies entre essas duas categorias de fragmentos. A similaridade da fauna de Euglossina entre os fragmentos ripários e de terra firme pode ser resultado da conectividade entre esses dois tipos de fragmentos. O fato de todos os fragmentos estarem inseridos em uma matriz urbana promove uma grande proximidade entre eles, tendo em vista, os elevados valores de conectância encontrados neste trabalho.

Diversos estudos têm mostrado que os efeitos da fragmentação florestal, principalmente, a diminuição no tamanho de fragmentos afetam negativamente a estrutura das assembleias de abelhas Euglossina (Powell e Powell 1987; Morato 1994; Brosi 2009; Silva et al. 2013; Aguiar et al. 2015). No presente trabalho, o tamanho dos fragmentos mostrou uma relação positiva e significativa tanto com a abundância como com a riqueza de abelhas.

Em um estudo anterior em fragmentos urbanos e rurais na região de Rio Branco e arredores, não foi encontrada relação significativa entre área do fragmento e a abundância e riqueza de Euglossina (Storck-Tonon et al. 2013). Alguns autores têm verificado correlação positiva entre o tamanho do fragmento e a abundância dessas abelhas (Nemésio e Silveira 2007; Brosi 2009;), mas não em relação à riqueza, embora tenham sugerido que a riqueza de Euglossina tenda a aumentar como o tamanho da área dos fragmentos. A divergência entre resultados pode ser devida, principalmente, a diferenças nas áreas amostradas, número de fragmentos e métodos de coleta empregados. Powell e Powell (1987) observaram um declínio nas taxas de visitas de Euglossina às iscas odoríferas com a diminuição do tamanho da área em fragmentos isolados no Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF), Amazônia Central. Contudo, a amostragem desses autores ocorreu logo após o desmatamento experimental na região e esse fator pode ter alterado seus resultados (Becker et al. 1991).

Alguns autores têm sugerido a complexidade do habitat como um fator importante para explicar padrões de distribuição de espécies de abelhas das orquídeas

(Amrbruster 1993; Aguiar et al. 2014). Em um estudo recente, na Mata Atlântica, foi verificado que locais com alta complexidade do habitat possuem maior riqueza e abundância de abelhas do que locais com baixa complexidade de habitat, enquanto a composição de espécies parece não ser afetada (Antonini et al. 2016).

Neste trabalho, não foi encontrada nenhuma relação entre o índice de borda e a abundância e riqueza de abelhas. No entanto, os fragmentos que apresentaram menor índice de borda apresentaram maior riqueza. Storck-Tonon et al. (2013) obtiveram correlações negativas e significativas da riqueza e diversidade com o índice de borda, contudo a abundância de *Euglossina* não foi afetada pelo índice de borda dos fragmentos. Dados divergentes foram encontrados por Brosi (2009), ao verificar que a abundância de abelhas aumentou significativamente com o aumento da borda do fragmento, assim como a riqueza, similar a outros estudos que também têm encontrado alta abundância de *Euglossina* em florestas secundárias ou perturbadas (Rincon et al. 1999; Tonhasca et al. 2002a, b; Otero e Sandino 2003).

Em áreas de estudo do PDBFF, Morato (1994) constatou uma maior abundância de abelhas *Euglossina* no interior da floresta do que na área de borda e área desmatada adjacente, mostrando que os machos dessas abelhas não são coletados fora da mata ou mesmo na borda com a mesma frequência que são no interior da floresta. Maior abundância de *Eg. securigera* Dressler e *El. mocsaryi* foram encontradas na borda e área desmatada. No presente trabalho, assim como observado por Storck-Tonon et al. (2013), essas espécies ocorreram tanto em fragmentos com menor e como de maior área de borda.

Algumas espécies parecem ter certos padrões de preferência. *El. nigrita*, um táxon considerado por alguns autores como indicador de áreas abertas ou impactadas (Morato 1994; Peruquetti 1999) foi coletada em alta abundância tanto nos fragmentos ripários como nos fragmentos de terra firme. Esta espécie também tem sido muito coletada em fragmentos urbanos (Storck-Tonon et al. 2009, 2013; Storti et al. 2013) e, recentemente, foi muito registrada em áreas altamente conservadas de Cerrado no Planalto Central Brasileiro (Silva e De Marco-Júnior 2014). A alta abundância dessa espécie nos fragmentos amostrados pode ser um reflexo de sua maior capacidade de voo para coletar fragrâncias e tolerância a condições de borda nesses fragmentos (Tonhasca et al. 2003; Brosi 2009).

A abundância relativa das espécies de abelhas diminuiu com a proximidade do centro urbano de Rio Branco, sugerindo que a riqueza de espécies tende a diminuir com a proximidade de áreas urbanizadas. A modificação da paisagem em áreas urbanas, como a menor área de cobertura florestal e maior área desmatada e construída no seu entorno pode afetar a disponibilidade de recursos, tais como substratos para nidificação, fontes de pólen, néctar, e promover uma diminuição na abundância e riqueza de abelhas (Hernandez et al. 2009; Martins et al. 2013). A magnitude desses efeitos pode variar de acordo com os habitats de nidificação de cada espécie (Zanette et al. 2005).

Foi demonstrado que o contexto da paisagem em diferentes escalas espaciais, principalmente a relação da cobertura florestal, pode influenciar tanto a abundância como a riqueza de abelhas (Steffan-Dewenter et al. 2002; Taki et al. 2007b; Brosi 2009; Silva e De Marco-Júnior 2014) e vespas (Steffan-Dewenter 2003; Taki et al. 2007a). No presente trabalho, quando considerado apenas a escala de 600 m de raio, a qual garantiu maior independência estatística das unidades amostrais, todas as características paisagísticas foram preditoras da abundância e riqueza de abelhas, o que não ocorreu em escalas espaciais maiores e menores. Resultado semelhante foi encontrado por Steffan-Dewenter et al. (2002) para outros grupos de abelhas solitárias e por Brosi (2009) para abelhas Euglossina.

Quando considerado as diferentes escalas espaciais, a riqueza de abelhas foi influenciada positivamente pela área de cobertura florestal e conectância, e negativamente pela área desmatada e área construída nas escalas de 450 e 600 m de raio. Abaixo e acima dessas escalas espaciais, algumas características paisagísticas mensuradas não influenciaram a riqueza de abelhas. Brosi (2009) relatou uma relação positiva e significativa da abundância de Euglossina com a proporção de floresta no entorno dos locais de amostragem em pequenas escalas de 200 a 400 m em fragmentos no Sul da Costa Rica. Contudo, a riqueza de abelhas não mostrou qualquer relação. A relação positiva de abelhas solitárias com a cobertura de vegetação em pequenas escalas espaciais pode ser explicada por essas abelhas utilizarem habitats mais restritos e menores áreas de forrageamento do que abelhas sociais (Steffan-Dewenter et al. 2002).

Apesar de alguns trabalhos terem demonstrado a grande capacidade de voo de algumas espécies de Euglossina (Janzen 1971; Pokorny et al. 2015), os resultados do presente estudo sugerem que essas abelhas estão respondendo mais prontamente a fatores imediatos. Condições de habitat local, tais como a riqueza de plantas floríferas,

tipo de solo, presença de outros organismos e densidade da copa podem estar influenciando as comunidades de polinizadores (Taki et al. 2007a).

Os fragmentos com maior conectividade apresentaram maior abundância e riqueza. Esse resultado pode ser explicado pela grande capacidade de voo das abelhas *Euglossina* (Janzen 1971; Kroodsma 1975; Pokorny et al. 2015), que apesar de ser considerado um grupo essencialmente de floresta (Powell e Powell 1987; Morato 1994), como generalistas são capazes de forragear longe de seus ninhos e em ambientes antropizados (Tonhasca et al. 2002a; Aguiar e Gaglianone 2012). Espécies podem voar alguns quilômetros sobre áreas urbanas entre remanescentes florestais, incluindo corpos d'água na matriz urbana (Raw 1989).

A natureza da matriz no entorno dos fragmentos florestais tem sido apontada como um dos principais fatores que afetam significativamente a conectividade dos fragmentos (Laurance et al. 2002; Murphy e Lovett-Doust 2004). Estudos apontam que certas espécies de abelhas *Euglossina* podem ser mais afetadas pela heterogeneidade e qualidade das matrizes que envolvem os fragmentos do que outras (Milet-Pinheiro e Schlindwein 2005; Livingston et al. 2013; Nascimento et al. 2015). Matrizes de culturas arbóreas de piaçava, dendezeiro e seringueira são permeáveis a um grande número de abelhas, não ocorrendo diferenças significativas de abundância das espécies entre os fragmentos e a matriz de piaçava (Rosa et al. 2015). Aguiar et al. (2015) verificaram que algumas espécies comuns no interior dos fragmentos como *Eg. fimbriata* Moure e *El. cingulata* foram pouco registradas nas matrizes adjacentes constituídas por plantios de *Eucalyptus* spp. Portanto, o tipo de matriz influencia fortemente a riqueza e composição de abelhas.

A matriz urbana pode ser uma barreira para a dispersão, pelo menos, para algumas espécies de *Euglossina* (Nemésio e Silveira 2007). Contudo, a habilidade dessas abelhas de atravessarem áreas não florestadas e a relação positiva com bordas florestais pode ajudar a atenuar os efeitos negativos da fragmentação florestal (Tonhasca et al. 2003; Brosi 2009). Foi observado que mesmo manchas florestais relativamente pequenas, constituídas por parques públicos, em áreas urbanas, podem servir como corredores entre fragmentos e aumentar a conectividade do habitat para as assembleias de abelhas das orquídeas (Ferreira et al. 2013; Grandolfo et al. 2013).

A relação significativa entre o componente 1 da PCA e a riqueza mostrou que a estrutura paisagística influencia positivamente a riqueza e as variáveis mais importantes

são a área de cobertura florestal, área desmatada e tamanho dos fragmentos. Vários trabalhos têm mostrado que o desmatamento influencia negativamente a riqueza de abelhas (Morato 1999; Zanette et al. 2005; Brown e Oliveira 2013). Em relação a abelhas *Euglossina* locais desmatados, poderiam constituir barreiras à dispersão de espécies com menor capacidade de voo ou mesmo diminuir o tamanho efetivo da área de forrageamento dessas abelhas como agentes polinizadores (Morato 1994; Suni et al. 2014).

Foi encontrada uma correlação positiva entre distância geográfica e dissimilaridade faunística. De maneira similar, Tonhasca et al. (2002a) verificaram uma diminuição na similaridade faunística em relação à fauna de *Euglossina* com o aumento da distância entre os fragmentos. O fato de alguns fragmentos estarem mais distantes, mesmo que confinados em uma matriz urbana, faz com tenham, possivelmente, diferenças na diversidade de habitats e fontes de substâncias odoríferas.

Assim como observado por Storck-Tonon et al. (2013) os fragmentos que apresentaram maior similaridade estrutural paisagística também foram mais similares, em relação à composição de abelhas. Portanto, esses fragmentos devem ser parecidos, em relação ao grau de perturbação, composição florística e disponibilidade geral de recursos, determinando uma composição de espécies semelhante. Comunidades de plantas com fisionomias similares devem apresentar faunas similares de abelhas (Moldenke 1975; Heithaus 1979; Bezerra e Martins 2001). Portanto, no presente trabalho, tanto a estrutura paisagística dos fragmentos como a distância influenciaram a composição das assembleias de abelhas.

Os resultados deste trabalho sugerem, portanto, que características estruturais dos fragmentos e da paisagem como a área do fragmento, quantidade de cobertura florestal, área desmatada, área construída e conectância são muito importantes para a estruturação das assembleias de abelhas das orquídeas, independentemente, dos fragmentos serem ripários não. A manutenção de áreas de florestas maiores e mais conectadas é necessário para a conservação da diversidade e serviços ambientais providos por essas abelhas em uma matriz urbana. Além disso, a degradação das matas ripárias pode restringir a ocorrência de espécies exclusivas. Outros fatores, além das características paisagísticas devem ser investigados em estudos futuros.

5. REFERÊNCIAS

(A lista de referências bibliográficas, bem como a citação das mesmas no texto seguem as normas do periódico científico *Journal of Insect Conservation*).

ACRE (2010) Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre Fase II: escala 1:250.000. http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/CD194D39/ZEE-Acre_faseII_Parte1-baixareol.pdf. Acessado em 20 de maio de 2015

Aguiar WM, Gaglianone MC (2012) Euglossine bee communities in small forest fragments of the Atlantic Forest, Rio de Janeiro state, southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae). *Rev Bras Entomol* 56:210–219

Aguiar WM, Melo GAR, Gaglianone MC (2014) Does forest physiognomy affect the structure of orchid bee (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) communities? A study in the Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil. *Sociobiology* 61:68–77

Aguiar WM, Sofia SH, Melo GAR et al (2015) Changes in orchid bee communities across forest-agroecosystem boundaries in Brazilian Atlantic Forest landscapes. *Environ Entomol* 44:1465–1471

Anderson MJ (2001) A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecol* 26:32–46

Anjos-Silva EJ, Camillo E, Garófalo CA (2006) Occurrence of *Aglae caerulea* Lepeletier & Serville (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in the Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso State, Brazil. *Neotrop Entomol* 35:868–870

Antonini Y, Silveira RA, Oliveira ML et al (2016) Orchid bee fauna responds to habitat complexity on a savanna area (Cerrado) in Brazil. *Sociobiology* 63:819–825

Armbruster WS (1993) Within-habitat heterogeneity in baiting samples of male Euglossine bees: possible causes and implications. *Biotropica* 25:122–128

- Ayres M, Ayres-Júnior M, Ayres DL et al (2007) BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Mamirauá, Belém
- Barona E, Ramankutty N, Hyman G et al (2010) The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. *Environ Res Lett* 5:1–9
- Becker P, Moure JS, Peralta FJA (1991) More about Euglossine bees in Amazonian forest fragments. *Biotropica* 23:586–591
- Bezerra CP, Martins CF (2001) Diversidade de Euglossinae (Hymenoptera, Apidae) em dois fragmentos de Mata Atlântica localizados na região urbana de João Pessoa, Paraíba, Brasil. *Rev Bras Zool* 18:823–835
- Brackmann CE, Freitas EM (2013) Florística arbórea e arbustiva de um fragmento de mata ciliar do arroio Boa Vista, Teutônia, RS, Brasil. *Hoehnea* 40:365–372
- BRASIL (2012) Novo Código Florestal Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20112014/2012/Lei/L12651. Acessado em 20 de maio de 2015
- Brosi BJ (2009) The effects of forest fragmentation on euglossine bee communities (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Biol Conserv* 142:414–423
- Brown JC, Oliveira ML (2013) The impact of agricultural colonization and deforestation on stingless bee (Apidae: Meliponini) composition and richness in Rondônia, Brazil. *Apidologie* 45:171–188
- Carvalho CC, Rêgo MMC, Mendes FN (2006) Dinâmica de populações de Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em mata ciliar, Urbano Santos, Maranhão, Brasil. *Iheringia, Série Zool* 96:249–256

- Castro MN, Castro RM, Souza PC (2013) A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo. *Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia* 4:230–241
- Collinge SK (1996) Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. *Landsc Urban Plan* 36:59–77
- Congalton RG, Kass G (2008) Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. CRC Press, New York
- Douglas ME, Endler JA (1982) Quantitative matrix comparison in ecological and evolutionary investigations. *J Theor Biol* 99:777–795
- Dressler RL (1982) Biology of the orchid bees (Euglossini). *Ann Rev Ecol Syst* 13:373–394
- Driscoll DA, Banks SC, Barton PS et al (2013) Conceptual domain of the matrix in fragmented landscapes. *Trends Ecol Evol* 28:605–613.
- Fahrig L (2003) Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 34:487–515
- Faria LRR, Silveira FA (2011) The orchid bee fauna (Hymenoptera, Apidae) of a core area of the Cerrado, Brazil: The role of riparian forests as corridors for forest-associated bees. *Biota Neotrop* 11:87–94
- Fearnside PM (2010) Consequencias do desmatamento da Amazônia. *Scientific American Brasil Especial Biodiversidade* 3:54–59
- Ferreira RP, Martins C, Dutra MC et al (2013) Old fragments of forest inside an urban area are able to keep orchid bee (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) assemblages? the case of a brazilian historical city. *Neotrop Entomol* 42:466–473

- Ferreira PA, Boscolo D, Carvalheiro LG et al (2015) Responses of bees to habitat loss in fragmented landscapes of Brazilian Atlantic Rainforest. *Landscape Ecol* 30:2067–2078
- Forman RTT, Godron M (1986) *Landscape Ecology*. Wiley, New York
- Gering JC, Crist TO, Veech JA (2003) Additive partitioning of species diversity across multiple spatial scales: implications for regional conservation of biodiversity. *Conserv Biol* 17:488–499
- Giangarelli DC, Aguiar WM, Sofia SH (2015) Orchid bee (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) assemblages from three different threatened phytophysiognomies of the subtropical Brazilian Atlantic Forest. *Apidologie* 46:71–83
- Gotelli NJ, Ellison AM (2011) *Princípios de estatística em ecologia*. Artmed, Porto Alegre
- Grandolfo VA, Bozza-Junior RC, Neto CMS et al (2013) Riqueza e abundância de abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae) em parques urbanos de Goiânia, Goiás. *EntomoBrasilis* 6:126–131
- Gustafson EJ, Parker GR (1992) Relationship between land cover proportion and indices of spatial pattern. *Landsc Ecol* 7:101–110
- Heithaus ER (1979) Community structure of Neotropical flower visiting bees and wasps: diversity and phenology. *Ecology* 60:190–202
- Hernandez JL, Frankie GW, Thorp RW (2009) Ecology of urban bees: a review of current knowledge and directions for future study. *Cities Environ* 2:360–376
- INMET (2016) Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acessado em 15 de maio de 2016

- INPE (2016) Desmatamento nos Municípios da Amazônia Legal para o ano de 2015. Projeto PRODES. <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>. Acessado em 10 de abril de 2016
- Janzen DH (1971) Euglossine bees as long-distance pollinators of tropical plants. *Science* 71:203–205
- Kroodsma DE (1975) Flight distances of male euglossine bees in orchid pollination. *Biotropica* 7:71–72
- Lacerda DMA, Figueiredo (2009) Restauração de matas ciliares do rio Mearim no município de Barra do Corda-MA: seleção de espécies e comparação de metodologias de reflorestamento. *Acta Amaz* 39:295–304
- Laurance WF, Lovejoy TE, Vasconcelos HL et al (2002) Ecosystem decay of Amazonian Forest fragments a 22-year investigation. *Conserv Biol* 16:605–618
- Laurance WF, Vasconcelos HL (2009) Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. *Oecol Bras* 13:434–451
- Leimu R, Vergeer P, Angeloni et al (2010) Habitat fragmentation, climate change, and inbreeding in plants. *Ann NY Acad Sci* 1195:84–98
- Lertzman K, Fall J (1998) From forest stands to landscapes: spatial scales and the roles of disturbances. In: Peterson DL, Parker VT (eds.) *Ecological Scale: Theory and Applications*. Columbia University Press, New York, pp 339–36
- Livingston G, Jha S, Vega A et al (2013) Conservation value and permeability of Neotropical oil palm landscapes for orchid bees. *PLoS One* 8:1–8
- Lovejoy TE, Birregaard-Júnior RO, Rylands AB et al (1986) Edge and other effects on isolation on Amazon forest fragments. In: Soule ME (ed) *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Press, Massachusetts, pp 257–285

- Ludwig JA, JF Reynolds (1988) *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. Wiley, New York
- Manly BFJ (2004) *Multivariate statistical methods: a primer*. Chapman & Hall, London
- Marques MD (2012) Anatomia interna e fisiologia. In: Rafael JA, Melo GAR, Carvalho CJB, Casari AS, Constantino R (eds.) *Holos*, Ribeirão Preto, pp 33–80
- Martins SV (2011) *Recuperação de matas ciliares*. Aprenda Fácil, Viçosa
- Martins AC, Goncalves RB, Melo GAR (2013) Changes in wild bee fauna of a grassland in Brazil reveal negative effects associated with growing urbanization during the last 40 years. *Zoologia* 30:157–176
- Metzger JP (2003a) Delineamento de experimentos numa perspectiva de ecologia de paisagem. In: Cullen LJ, Rudran R, Valladares-Padua C (eds) *Biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, Curitiba, pp 539–553
- Metzger JP (2003b) Estrutura da Paisagem: o uso adequado de métricas. In: Cullen JL, Rudran R, Valladares-Padua C (eds) *Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre*. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, Curitiba, pp 423–425
- Milet-Pinheiro P, Schlindwein C (2005) Do euglossine males (Apidae, Euglossini) leave tropical rainforest to collect fragrances in sugarcane monocultures? *Rev Bras Zool* 22:853–858
- Minchin PR (1987) An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination. *Vegetatio* 69:89–107
- Moldenke AR (1975) Niche specialization and species diversity along a California transect. *Oecologia* 21:219–242

- Morais ABB, Lemes R, Ritter CD (2012) Borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) de Val de Serra, região central do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotrop* 12:175–183
- Morato EF (1994) Abundância e riqueza de machos de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em mata de terra firme e áreas de derrubada, nas vizinhanças de Manaus (Brasil). *Bol Mus Para Emilio Goeldi Ser Zool* 10:95–105
- Morato EF, Garcia MVB, Campos LAO (1999) Biologia de *Centris* Fabricius (Hymenoptera, Anthophoridae, Centridini) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia Central. Brasil. *Rev Bras Zool* 16:1213–1222
- Morato EF (2001) Ocorrência de *Aglae caerulea* Lepeletier & Serville (Hymenoptera, Apidae, Apini, Euglossina) no estado do Acre, Brasil. *Rev Bras Zool* 18:1031–1034
- Moura DC, Chlindwein C (2009) Mata ciliar do rio São Francisco como biocorredor para Euglossini (Hymenoptera: Apidae) de florestas tropicais úmidas. *Neotrop Entomol* 38:281–284
- Moure JS, Melo GAR, Faria-Júnior LRR (2012) Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version. In: Moure JS, Urban D, Melo GAR (eds). <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Acessado em 15 de janeiro de 2017
- Murcia C (1995) Edge effect in fragmented forests: implications for conservation. *Trends Ecol Evol* 10:58–62
- Murphy HT, Lovett-Doust J (2004) Context and connectivity in plant metapopulations and landscape mosaics : does the matrix matter ? *Oikos* 105:3–14

- Nascimento S, Canale GR, Silva JD (2015) Abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) associadas à monocultura de eucalipto no cerrado mato-grossense. *Rev Árvore* 39:263–273
- Nemésio A, Morato EF (2004) Euglossina (Hymenoptera: Apidae) of the Humaitá Reserve, Acre state, Brazilian Amazon, with comments on bait trap efficiency. *Revista de Tecnologia e Ambiente* 10:71–80
- Nemésio A, Morato EF (2005) A diversidade de abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae: Apini) do estado do Acre. In: Drumond PM (ed) *Fauna do Acre*. EDUFAC, Rio Branco, pp 41–51
- Nemésio A, Morato EF (2006) The orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) of Acre state (northwestern Brazil) and a re-evaluation of euglossine bait-trapping. *Lundiana* 7:59–64
- Nemésio A, Silveira FA (2007) Orchid bee fauna (Hymenoptera: Apidae: Euglossina) of Atlantic Forest fragments inside an urban area in southeastern Brazil. *Neotrop Entomol* 36:186–91
- Nemésio A, Silveira FA (2010) Forest fragments with larger core areas better sustain diverse orchid bee faunas (Hymenoptera : Apidae : Euglossina). *Neotrop Entomol* 39:555–561
- Nemésio A, Vasconcelos HL (2013) Beta diversity of orchid bees in a tropical biodiversity hotspot. *Biodivers Conserv* 22:1647–1661
- Neves EL, Viana BF (1999) Comunidade de machos de Euglossinae (Hymenoptera: Apidae) das matas ciliares da margem esquerda do médio Rio São Francisco, Bahia. *An Soc Entomol Brasil* 28:201–210
- Nogueira EM, Yunai AM, Fonseca FOR (2015) Carbon stock loss from deforestation through 2013 in Brazilian Amazonia. *Global Change Biol* 21:1271–1292

- Oksanen J, Blanchet F, Guillaume KR et al (2014) Vegan: community ecology package. R package version 2.3-0. <http://CRAN.Rproject.org/package=vegan>. Acessado em 23 de janeiro de 2015
- Oliveira ML (1999) Sazonalidade e horário de atividade de abelhas Euglossinae (Hymenoptera, Apidae), em florestas de terra firme na Amazônia Central. *Rev Bras Zool* 16:83–90
- Otero JT, Sandino JC (2003) Capture rates of male euglossine bees across a human intervention, gradiente, Chocó region, Colombia. *Biotropica*. 35:525–529
- Peruquetti RC, Campos LAO, Coelho CDP (1999) Abelhas Euglossini (Apidae) de áreas de Mata Atlântica: Abundância, riqueza e aspectos biológicos. *Rev Bras Zool* 16:101-118
- Pires EP, Pompeu DC, Souza-Silva M (2012) Nidificação de vespas e abelhas solitárias (Hymenoptera: Aculeata) na Reserva Biológica Boqueirão, Ingaí, Minas Gerais. *Biosci J* 28:302–311
- Pokorny T, Loose D, Dyker G et al (2015) Dispersal ability of male orchid bees and direct evidence for long-range flights. *Apidologie* 46:224–237
- Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C et al (2010) Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol Evol* 25:345–353
- Powell AH, Powell GVN (1987) Population dynamics of male Euglossine bees in Amazonian forest fragments. *Biotropica* 19:176–179
- Price PW (1984) *Insect ecology*. Wiley, New York
- R Development Core Team (2015) *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna

- Rabello A, Ramos FN, Hasui E (2010) Efeito do tamanho do fragmento na dispersão de sementes de Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Delf.). *Biota Neotrop* 10:47–54
- Ramalho AV, Gaglianone MC, Oliveira ML (2009) Comunidades de abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em fragmentos de Mata Atlântica no sudeste do Brasil. *Rev Bras Entomol* 53:95–101
- Ramírez S, Dressler RL, Ospina M (2002) Abejas Euglossinas (Hymenoptera: Apidae) de la región Neotropical: lista de especies con notas sobre su biología. *Biota Columbiana* 3:7–11
- Raw A (1989) The dispersal of Euglossine bees between isolated patches of eastern brazilian wet forest (Hymenoptera, Apidae). *Rev Bras Entomol* 33:103–107
- Rincon RM, Roubik DW, Finegan B et al (1999). Understory bees and their floral resources in a logged and silviculturally treated Costa Rican rainforest plots. *J Kans Entomol Soc* 72:379–393
- Rocha-Filho LC, Cerântola NCM, Garófalo CA et al (2013) Genetic differentiation of the Euglossini (Hymenoptera, Apidae) populations on a mainland coastal plain and an island in southeastern Brazil. *Genética* 141:65–74
- Rosa JF, Ramalho M, Monteiro D (2015) Permeability of matrices of agricultural crops to Euglossina bees (Hymenoptera, Apidae) in the Atlantic Rain Forest. *Apidologie* 46:691–702
- Roubik DW (1989) Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press, Cambridge
- Roubik DW, Hanson PE (2004). Orchid bees of tropical America: biology and field guide. INBIO, San Jose

- Rubene D, Schroeder M, Ranius T (2015) Diversity patterns of wild bees and wasps in managed boreal forests: Effects of spatial structure, local habitat and surrounding landscape. *Biol Conserv* 184:201–208
- Salimon CI, Brown IF (2000) Secondary forest in Western Amazonia: significant sinks for carbons released from deforestation? *Interciencia* 25:198–202
- Santos NMC, Vale-Júnior JF, Barbosa RI (2013) Floristic and tree structure of forest islands in savanna areas of northern Brazilian Amazonia. *Bol Mus Para Emílio Goeldi Ciênc Nat* 8:205–221
- Scariot A (1998) Consequências da fragmentação da floresta na comunidade de palmeiras na Amazônia central. *Série Técnica IPEF* 12:71–86
- Siegel S, Castellan JRNJ (1988) *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. McGraw Hill, New York
- Silva DP, De Marco-Júnior P (2014) No evidence of habitat loss affecting the orchid bees *Eulaema nigrata* Lepeletier and *Eufriesea auriceps* Friese (Apidae: Euglossini) in the Brazilian Cerrado Savanna. *Neotrop Entomol* 43:509–518
- Silva SJR, Gama-Neto JL, Parente FS (2013) Abundância e diversidade de abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) da Serra do Tepequém, município de Amajari, Roraima, Brasil. *Rev Agro@mbiente On-Line* 7:225–230
- Sofia SH, Suzuki KM (2004) Comunidades de machos de abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em fragmentos florestais no sul do Brasil. *Neotrop Entomol* 33:693–702
- Sokal RR, Rohlf FJ (1995) *Biometry*. WH Freeman and Company, New York

- Steffan-Dewenter I (2003) Importance of habitat area and landscape context for species richness of bees and wasps in fragmented orchard meadows. *Conserv Biol* 17: 1036–1044
- Steffan-Dewenter I, Münzenberg U, Tschamtker T (2001) Pollination, seed set and seed predation on a landscape scale. *Proc R Soc Lond B* 268:1685–1690
- Steffan-Dewenter I, Münzenberg U, Bürger C et al (2002) Scale dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology* 83:1421–1432
- Storti EF, Oliveira ML, Filho AS (2013) O papel dos fragmentos florestais da cidade de Manaus na manutenção da fauna de abelhas das orquídeas (Apidae: Euglossini). In: Bermúdez EGC, Teles BR, Keppler RLF (eds) *Entomologia na Amazônia brasileira*. Editora INPA, Manaus, pp 227–234
- Storck-Tonon D, Morato EF, Oliveira ML (2009) Fauna de Euglossina (Hymenoptera: Apidae) da Amazônia Sul-Occidental, Acre, Brasil. *Acta Amaz* 39:693–706
- Storck-Tonon D, Morato EF, Melo AWF et al (2013) Orchid Bees of forest fragments in Southwestern Amazonia. *Biota Neotrop* 13:133–141
- Suni SS, Bronstein JL, Brosi BJ (2014) Spatio-temporal genetic structure of a tropical bee species suggests high dispersal over a fragmented landscape. *Biotropica* 46:202–209
- Taki H, Kevan PG, Ascher JS (2007b) Landscape effects of forest loss in a pollination system. *Landsc Ecol* 22:1575–1587
- Taki H, Viana BF, Kevan PG et al (2007a) Does forest loss affect the communities of trap-nesting wasps (Hymenoptera: Aculeata) in forests? Landscape vs. local habitat conditions. *J Insect Conserv* 12:15–21

- Tonhasca AJ, Albuquerque GS, Blackmer JL (2003) Dispersal of Euglossine bees between fragments of the Brazilian Atlantic Forest. *J Trop Ecol* 19:99–102
- Tonhasca AJ, Blackmer JL, Albuquerque GS (2002a) Abundance and diversity of Euglossine bees in the fragmented landscape of the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 34:416–422
- Tonhasca AJ, Blackmer JL, Albuquerque GS (2002b) Within-habitat heterogeneity of euglossine bee populations: a re-evaluation of the evidence. *J Trop Ecol* 18:929–933
- Tsuji-Nishikido BM, Menin M (2011) Distribution of frogs in riparian areas of an urban forest fragment in Central Amazonia. *Biota Neotrop* 11:63–70
- Urban DL, O’Neill RV, Schugart-Júnior HH (1987) Landscape Ecology. *BioScience* 37:119–126
- Valadão RV (2012) As aves da Estação Ecológica Serra das Araras, Mato Grosso, Brasil. *Biota Neotrop* 12:263–281
- Viana BF, Boscolo D, Neto EM et al (2012) How well do we understand landscape effects on pollinators and pollination services ? *J Poll Ecol* 7:31–41.
- Zanette LRS, Martins RP, Ribeiro SP (2005) Effects of urbanization on Neotropical wasp and bee assemblages in a brazilian metropolis. *Landsc Urban Plan* 71:105–121
- Wikelski M, Moxley J, Eaton-Mordas A et al (2010) Large-range movements of Neotropical orchid bees observed via radio telemetry. *PLoS One* 5:1–6
- Williams NH, Whitten WM (1983) Orchid floral fragrances and male Euglossine bees: methods and advances in the last sesquidecade. *Biol Bull* 164:355–395

Wittmann D, Hoffmann M, Scholz E (1988) Southern distributional limits of Euglossine bees in Brazil linked to habitats of the Atlantic and Subtropical Rain Forest (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Entomol Gener* 14:53–60