



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

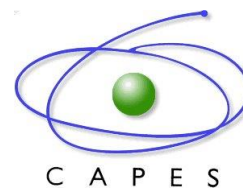
HUGO HENRIQUE PIRES

**EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO
MUTUALISMO ENTRE *FICUS* E SEU POLINIZADOR**

Londrina
2017



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA



EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO MUTUALISMO ENTRE *FICUS* E SEU POLINIZADOR

HUGO HENRIQUE PIRES

Londrina – Paraná 2017

EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO MUTUALISMO ENTRE *FICUS* E SEU POLINIZADOR

HUGO HENRIQUE PIRES

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina como um dos requisitos à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

**Orientador: Prof. Dr. José Eduardo
Lahoz da Silva Ribeiro**

**Londrina – Paraná
2017**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Pires, HUGO HENRIQUE PIRES.

EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO MUTUALISMO ENTRE FICUS E SEU POLINIZADOR / HUGO HENRIQUE PIRES Pires. - Londrina, 2017.
35 f. : il.

Orientador: José Eduardo Lahoz da Silva Ribeiro.

Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Mutualismo - Tese. 2. Ficus - Tese. 3. Polinização - Tese. 4. Fragmentação - Tese. I. Lahoz da Silva Ribeiro, José Eduardo . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

CDU 574

HUGO HENRIQUE PIRES

**EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO MUTUALISMO
ENTRE *FICUS* E SEU POLINIZADOR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
programa de Pós-Graduação em Ciências
Biológicas da Universidade Estadual de Londrina
como um dos requisitos à obtenção do título de
Mestre em Ciências Biológicas.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo
Lahoz da Silva Ribeiro
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Componente da banca
Prof. Dr. Edmilson Bianchini
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Componente da banca
Profa. Dra. Aparecida Donisete de Faria
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina 21 de junho de 2017

PIRES, Hugo Henrique. **Efeito da fragmentação florestal no mutualismo entre *Ficus* e seu polinizador**. 2017. 36f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

RESUMO

O processo de fragmentação do habitat é uma das maiores causas de perda de biodiversidade, principalmente em espécies que possuem um mutualismo obrigatório. Esse tipo de mutualismo pode ser encontrado entre figueiras (*Ficus* L., Moraceae) e suas vespas polinizadoras (Hymenoptera, Chalcidoidea). Três grupos ecológicos distintos são encontrados nas vespas de figo: (1) vespas polinizadoras, que são mutualistas; (2) vespas não-polinizadoras, incluindo galhadoras primárias e inquilinas (espécies fitófagas que ovipositam em galhas induzidas previamente por outra espécie fitófaga) e (3) vespas não-polinizadoras que são parasitóides de outras vespas de figo. Neste trabalho foram quantificadas as vespas polinizadoras, não polinizadoras e aquênios por figo em áreas com diferentes níveis de fragmentação. Foi testada a hipótese de que o tamanho do fragmento influencia a relação entre *Ficus eximia* e as vespas polinizadoras e não polinizadoras. Para a análise dos dados foi gerado um modelo linear generalizado para cada área estudada. Os dados mostraram que as diferenças entre o número de vespas polinizadoras e não polinizadoras não possuem relação com o nível de fragmentação da área estudada. Portanto para a espécie *Ficus eximia* a fragmentação não mostrou um efeito claro na quantidade de vespas polinizadoras e não polinizadoras.

Palavras-chave: *Ficus eximia*, Fenologia, Mutualismo obrigatório, Interação planta animal.

PIRES, Hugo Henrique. **Forest fragmentation effects on the mutualism between *Ficus* and its pollinator**. 2017. 36p. Dissertation (Master's degree in Biological Sciences) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

ABSTRACT

Habitat fragmentation is a leading cause of biodiversity loss, especially in species which have a obligatory mutualism. This type of mutualism can be found among fig (*Ficus* L., Moraceae) and pollinating wasps (Hymenoptera, Chalcidoidea). Three distinct ecological groups are found in fig wasps: (1) pollinating wasps, which are mutual; (2) non-pollinating wasps, including primary galling and inquilines (phytophagous species that oviposit in galls induced previously by another phytophagous species) and (3) non-pollinating wasps which are parasitoids of other fig wasps. In this work, pollinating, non-pollinating and achene fig wasps were quantified in areas with different levels of fragmentation. The hypothesis was that the size of the fragment influences the relation between *Ficus eximia* and the pollinating and non-pollinating wasps. For the data analysis a generalized linear model was generated for each area studied. The data showed that the differences between the number of pollinating and non-pollinating wasps are not related to the level of fragmentation of the studied area. Therefore, for the species *Ficus eximia*, fragmentation did not show a clear effect on the quantity of pollinating and non-pollinating wasps.

Keywords: *Ficus eximia*, Phenology, obligatory mutualism, Plant-animal interaction.

LISTA DE TABELAS - CAPÍTULO I

TABELA 1	VALORES ESTIMADOS, ERRO PADRÃO, VALOR DE P DAS VARIÁVEIS(ÁREAS), GRAUS DE LIBERDADE, DESVIO RESIDUAL E DISPERSÃO DE CADA MODELO PARA VESPAS FUNDADORAS POR ÁREA.....	38
TABELA 2	LRT ENTRE O MODELO POISSON E O MODELO NULO, DAS VESPAS FUNDADORAS.....	38
TABELA 3	CORRELAÇÃO ENTRE: VESPAS POLINIZADORAS, VESPAS NÃO POLINIZADORAS E AQUÊNIOS	39
TABELA 4	VALORES ESTIMADOS, ERRO PADRÃO, VALOR DE P DAS VARIÁVEIS(ÁREAS), GRAUS DE LIBERDADE, DESVIO RESIDUAL E DISPERSÃO DE CADA MODELO PARA VESPAS POLINIZADORAS POR ÁREA	40
TABELA 5	LRT ENTRE O MODELO BINOMIAL NEGATIVO E O MODELO NULO DAS VESPAS POLINIZADORAS	40
TABELA 6	LRT ENTRE O MODELO BINOMIAL NEGATIVO COMPLETO E O MODELO ISOLANDO A ÁREA PEMG, VESPAS POLINIZADORAS	40
TABELA 7	LRT ENTRE O MODELO BINOMIAL NEGATIVO COMPLETO E O MODELO ISOLANDO A ÁREA UEL	40
TABELA 8	LRT ENTRE O MODELO BINOMIAL NEGATIVO COMPLETO E O MODELO AGRUPANDO AS ÁREAS INTERMEDIÁRIAS	41
TABELA 9	VALORES ESTIMADOS E ERRO PADRÃO DAS ÁREAS E GRAUS DE LIBERDADE, DESVIO RESIDUAL E DISPERSÃO DE CADA MODELO PARA VESPAS NÃO POLINIZADORAS POR ÁREA.....	41
TABELA 10	ANOVA ENTRE O MODELO BINOMIAL NEGATIVO E O MODELO NULO.....	41
TABELA 11	ANOVA ENTRE O MODELO BINOMIAL NEGATIVO COMPLETO E O MODELO ISOLANDO A ÁREA PEMG	41
TABELA 12	ANOVA ENTRE O MODELO BINOMIAL NEGATIVO	

	COMPLETO E O MODELO ISOLANDO A ÁREA UEL	42
TABELA 13	ANOVA ENTRE O MODELO BINOMIAL NEGATIVO COMPLETO E O MODELO AGRUPANDO AS ÁREAS INTERMEDIÁRIAS.....	42
TABELA 14	VALORES ESTIMADOS E ERRO PADRÃO DAS ÁREAS E GRAUS DE LIBERDADE, DESVIO RESIDUAL E DISPERSÃO DE CADA MODELO PARA AQUÊNIOS POR ÁREA.....	42
TABELA 15	ANOVA ENTRE O MODELO BINOMIAL NEGATIVO E O MODELO NULO.....	42
TABELA 16	ANOVA ENTRE O MODELO BINOMIAL NEGATIVO COMPLETO E O MODELO ISOLANDO A ÁREA PEMG	43
TABELA 17	ANOVA ENTRE O MODELO BINOMIAL NEGATIVO COMPLETO E O MODELO ISOLANDO AS ÁREAS IBIACI E UEL	43
TABELA 18	ANOVA ENTRE O MODELO BINOMIAL NEGATIVO COMPLETO E O MODELO AGRUPANDO AS ÁREAS INTERMEDIÁRIAS E MENORES	43

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	CICLO DE VIDA DAS VESPAS DO FIGO.....	12
FIGURA 2	IMAGEM DE SATÉLITE DO BRASIL, DESTACANDO O NORTE CENTRAL PARANAENSE. FONTE: <i>GOOGLE EARTH PRO</i>, 2016	13
FIGURA 3	IMAGEM DE SATÉLITE DA REGIÃO NORTE CENTRAL PARANAENSE MOSTRANDO AS CINCO ÁREAS DE COLETA (IBIACI, FAZENDA FERRAZ, MATA DORALICE, PARQUE ESTADUAL MATA DOS GODOY (PEMG) E UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA (UEL)). FONTE: <i>GOOGLE EARTH PRO</i>, 2016.....	14
FIGURA 4	IMAGEM DE SATÉLITE DO PARQUE ESTADUAL MATA DOS GODOY (PEMG). FONTE: <i>GOOGLE EARTH PRO</i>, 2016	15
FIGURA 5	IMAGEM DE SATÉLITE DA MATA DORALICE. FONTE: <i>GOOGLE EARTH PRO</i>, 2016	16
FIGURA 6	IMAGEM DE SATÉLITE DA FAZENDA FERRAZ. FONTE: <i>GOOGLE EARTH PRO</i>, 2016	17
FIGURA 7	IMAGEM DE SATÉLITE DO FRAGMENTO DE IBIACI. FONTE: <i>GOOGLE EARTH PRO</i>, 2016	18
FIGURA 8	IMAGEM DE SATÉLITE DO CAMPUS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA. FONTE: <i>GOOGLE EARTH PRO</i>, 2016.....	19

CAPÍTULO I

FIGURA 1	BOX-PLOT DOS DADOS COLETADOS DE CADA ÁREA: A VESPAS FUNDADORAS, B VESPAS POLINIZADORAS, C VESPAS NÃO POLINIZADORAS E D AQUÊNIOS. CAIXA INDICA 75°, 50° E 25° PERCENTIL, AS LINHAS INDICAM 90° E 10° PERCENTIL. CÍRCULOS MOSTRAM OS OUTLIERS.....	27
FIGURA 2	MÉDIA E VALORES AJUSTADOS COM APROXIMADAMENTE 95% DE INTERVALO DE	

	CONFIANÇA USANDO O MODELO DE POISSON PARA: A VESPAS FUNDADORAS E OS MODELOS BINOMIAIS NEGATIVOS PARA: B VESPAS POLINIZADORAS, C VESPAS NÃO POLINIZADORAS E D AQUÊNIOS	27
FIGURA 3	DESVIOS RESIDUAIS X ESCORES SEMI-NORMAIS DOS MODELOS PARA VESPAS FUNDADORAS POR ÁREA: POISSON(A) , QUASI-POISSON(B) E NEGATIVO BINOMIAL(C)	35
FIGURA 4	DESVIOS RESIDUAIS X ESCORES SEMI-NORMAIS DOS MODELOS PARA VESPAS POLINIZADORAS POR ÁREA: POISSON(A) , QUASI-POISSON(B) E NEGATIVO BINOMIAL(C).....	35
FIGURA 5	DESVIOS RESIDUAIS X ESCORES SEMI-NORMAIS DOS MODELOS PARA VESPAS POLINIZADORAS POR ÁREA: BINOMIAL NEGATIVO ISOLANDO A ÁREA PEMG(A) , BINOMIAL NEGATIVO ISOLANDO A ÁREA UEL(B) E BINOMIAL NEGATIVO AGRUPANDO AS TRÊS ÁREAS INTERMEDIÁRIAS (MD, EEF E IBIACI)(C)	35
FIGURA 6	DESVIOS RESIDUAIS X ESCORES SEMI-NORMAIS DOS MODELOS PARA VESPAS NÃO POLINIZADORAS POR ÁREA: POISSON(A) , QUASI-POISSON(B) E NEGATIVO BINOMIAL(C).....	36
FIGURA 7	DESVIOS RESIDUAIS X ESCORES SEMI-NORMAIS DOS MODELOS PARA VESPAS NÃO POLINIZADORAS POR ÁREA: BINOMIAL NEGATIVO ISOLANDO A ÁREA PEMG(A) , BINOMIAL NEGATIVO ISOLANDO A ÁREA UEL(B) E BINOMIAL NEGATIVO AGRUPANDO AS TRÊS ÁREAS INTERMEDIÁRIAS (MD, EEF E IBIACI)(C).....	36
FIGURA 8	DESVIOS RESIDUAIS X ESCORES SEMI-NORMAIS DOS MODELOS PARA AQUÊNIOS POR ÁREA: POISSON(A) , QUASI-POISSON(B) E NEGATIVO BINOMIAL(C).....	36
FIGURA 9	DESVIOS RESIDUAIS X ESCORES SEMI-NORMAIS DOS MODELOS PARA AQUÊNIOS POR ÁREA: BINOMIAL	

NEGATIVO ISOLANDO A ÁREA PEMG(A) , BINOMIAL NEGATIVO ISOLANDO AS ÁREAS IBIACI E UEL.(B) E BINOMIAL NEGATIVO AGRUPANDO AS ÁREAS INTERMEDIÁRIAS (DORALICE E FERRAZ) E AS ÁREAS MENORES (IBIACI E UEL)(C)	37
--	----

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO GERAL	10
2. METODOLOGIA GERAL	13
REFERÊNCIAS	20
3. CAPÍTULO I - Efeito da fragmentação florestal na interação <i>Ficus</i> e seu polinizador.....	22
Introdução.....	23
Metodologia.....	24
Resultados.....	26
Discussão.....	29
REFERÊNCIAS	32
APÊNDICE.....	34

1 - INTRODUÇÃO GERAL

O processo de fragmentação, que consiste na perda da continuidade do habitat, é uma das maiores causas de diminuição de diversidade biológica (Wilcox e Murphy 1985; Lord e Norton 1990; Fischer e Lindenmayer 2007; Wilson et al. 2015). No norte do Paraná a cobertura florestal, que já cobriu aproximadamente 85% do estado (Maack 1981), foi reduzida para 6,89% em 1980 e pouco se conhece sobre os mecanismos que possibilitam a sobrevivência de espécies vegetais nestas áreas (Medri et al. 1998). Dentre as espécies que são afetadas pelo processo de fragmentação, as que possuem um sistema de mutualismo obrigatório são as que correm mais risco (Kearns et al. 1998; Debinski e Holt 2000; Machado et al. 2005; Cruaud et al. 2011).

Existem três casos descritos desse tipo de mutualismo entre plantas e insetos: figueiras (*Ficus* L. , Moraceae Gaudich.) e vespas (Hymenoptera, Chalcidoidea) (Cook e Rasplus 2003), iuca (*Yucca* L. , Agavaceae Dumort.) e mariposas (Lepidoptera, Prodoxidae) (Pellmyr 2003) e *Glochidion* J.R. Forst. e *G. Forst.* (Phyllanthaceae Martinov) e mariposas (Lepidoptera, Gracillariidae) (Kato et al. 2003).

As popularmente conhecidas figueiras são plantas pertencentes ao gênero *Ficus* , táxon formado por aproximadamente 750 espécies distribuídas por todas as regiões tropicais do mundo (Berg 1985; Janzen 1979). O gênero caracteriza-se pelo seu tipo único de inflorescência, o sicônio, popularmente conhecido como figo, o qual possui em seu interior flores pistiladas e flores estaminadas (Berg e Villavicencio 2004). Na região neotropical dois subgêneros são reconhecidos: *Ficus* subg. *Pharmacosycea* sect. *Pharmacosycea* e *Ficus* subg. *Urostigma* sect. *Americana*. Os sicônios (ou figos) são preferencialmente consumidos por inúmeras espécies de animais (Mikich 2002; Aguiar et al. 2003), isto somado ao fato de sua frutificação ser aleatória e ocorrer várias vezes ao ano demonstra sua importância ecológica (Carauta e Diaz 2002).

A polinização das figueiras é realizada por vespas pertencentes à família Agaonidae, da ordem Hymenoptera. De modo geral, cada espécie de *Ficus* possui uma única espécie polinizadora, porém exceções a essa regra são conhecidas. A espécie polinizadora depende exclusivamente das figueiras para se reproduzir e completar seu ciclo de vida. Três grupos ecológicos distintos são encontrados nas vespas de figo: (1) vespas polinizadoras, que são mutualistas; (2) vespas não polinizadoras, incluindo galhadoras primárias e inquilinas (espécies fitófagas que ovipositam em galhas induzidas previamente por outra espécie fitófaga) e (3) vespas não polinizadoras que são parasitóides de outras vespas de figo (Bronstein e Hossaert-McKey 1996; Weiblen 2002; Jusselin et al. 2008; Mcleish et al. 2012).

As vespas não polinizadoras estão classificadas em quatro subfamílias e mais de 60 gêneros (Hill 1967; Boucek 1993; Jusselin et al. 2008; Ghara e Borges 2010; Mcleish et al. 2012). A presença dessas vespas causa impacto no sucesso reprodutivo da planta e das vespas polinizadoras,

seja competindo por sítios de oviposição com os polinizadores ou parasitando-os seja galhando flores que gerariam aquênios (Weiblen 2002).

Durante o desenvolvimento do sicônio cinco fases são reconhecidas, a fase A ou pré-floral abrange o período inicial de desenvolvimento do sicônio e suas flores, a fase B compreende o período de antese das flores pistiladas e é neste momento que a vespa fundadora entra no sicônio. Uma vez dentro do sicônio, as polinizadoras também chamadas de fundadoras, passam a depositar de forma ativa ou passiva, grãos de pólen no estigma das flores longistílicas, ao mesmo tempo que desovam no ovário das flores brevistílicas (Carauta e Diaz 2002).

Na fase C ou interfloral, os ovários fertilizados passam a se desenvolver em frutos e os ovários que receberam ovos da fundadora passam a desenvolver a galha que abrigará e alimentará a vespa em suas diferentes fases larvais. Na fase D, também chamada de masculina, ocorre a antese das flores estaminadas. Neste momento, os machos eclodem do interior de suas galhas, abrem pequenas aberturas nas galhas ocupadas pelas fêmeas, com quem copulam, liberando-as em seguida no interior do sicônio. Essas fêmeas coletarão passiva ou ativamente os grãos de pólen e deixarão a inflorescência. No exterior do sicônio a vespa irá procurar outro sicônio para sua desova. Após a saída das vespas, o sicônio entra na fase E ou pós-floral, momento no qual a infrutescência se torna pronta para o processo de dispersão (Carauta e Diaz 2002). As vespas não polinizadoras podem atacar o sicônio em qualquer fase do seu desenvolvimento (Jousselin et al. 2008; Ghara e Borges 2010; Mcleish et al. 2012) (Figura 1).



Fig. 1 Ciclo de vida das vespas do figo. Adaptado de: <http://www.figweb.org/> 2016.

O desenvolvimento da prole de vespas polinizadoras em espécies monóicas de *Ficus* ocorre às custas dos ovários de flores pistilada. Esta relação demonstra o mutualismo existente entre a planta e as vespas polinizadoras (Weiblen 2002). A produção de aquênios e de vespas polinizadoras fêmeas pode ser medido para indicar o sucesso reprodutivo de indivíduos de *Ficus* (Herre e West 1997).

Figs e vespas possuem uma alta correlação nas suas histórias de especiação, porém estudos tem mostrado que essa relação pode não ser tão fortemente unida (Cook e Rasplus 2003; Cruaud et al. 2011).

2. METODOLOGIA GERAL

2.1 - Áreas de Estudo

As áreas de estudo são fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, situadas na região Norte Central Paranaense (Figura 2). Esse tipo florestal é caracterizado pelo clima estacional, sendo uma estação seca e fria e outra quente e chuvosa (IBGE 2012). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, clima subtropical úmido, apresentando temperatura média anual de 21° C (Vicente 2006). O solo da região é classificado como terra roxa estruturada eutrófica e caracteriza-se por ter alta fertilidade natural (Aguilar et al. 2003).



Fig. 2 Imagem de satélite do Brasil, destacando o norte central paranaense. Fonte: Google Earth Pro, 2016.



Fig. 3 Imagem de satélite da região Norte Central Paranaense mostrando as cinco áreas de coleta (Ibiaci, Estação Ecológica Ferraz (EEF), Mata Doralice (MD), Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG) e Universidade Estadual de Londrina, UEL). Fonte: Google Earth Pro, 2016.

2.1.1 – Parque Estadual Mata dos Godoy

O Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG) é um remanescente florestal do Norte do Estado do Paraná com área de 650 ha. (Figura 4). O parque constitui um dos mais importantes remanescentes florestais do Paraná e uma das maiores unidades de conservação do norte do Paraná (Silveira 2006).



Fig. 4 Imagem de satélite do Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG). Fonte: Google Earth Pro, 2016.

2.1.2 – Mata Doralice

A Mata Doralice (MD) situa-se no município de Ibiporã, nas margens do rio Tibagi, precisamente na região do Baixo Tibagi, nas coordenadas 23°16'S e 51°03'W, a 484 m de altitude (Aguiar et al. 2003) (figura 5). O fragmento possui cerca de 170 ha. , limita-se ao sul com o Rio Tibagi e está circundado por plantios de monoculturas, pomares e pastagens.

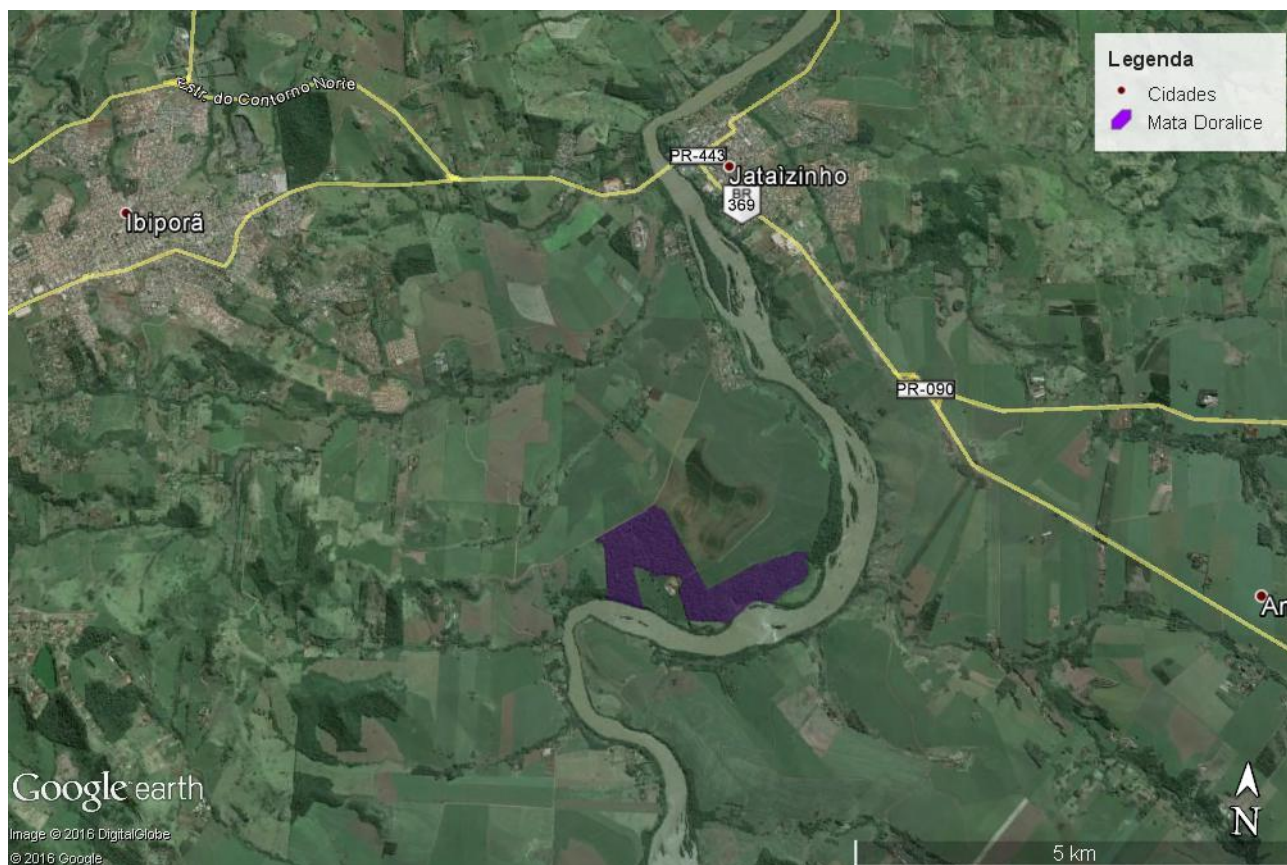


Fig. 5 Imagem de satélite da Mata Doralice. Fonte: Google Earth Pro, 2016.

2.1.3 – Estação Ecológica Ferraz (EEF)

A Estação Ecológica Ferraz localiza-se no km 397 da rodovia Celso Garcia Cid (PR- 323), próximo ao distrito de Warta, no município de Londrina-PR (Figura 6). O fragmento possui aproximadamente 108 ha. (Google 2016) de mata nativa e é circundado por monoculturas.

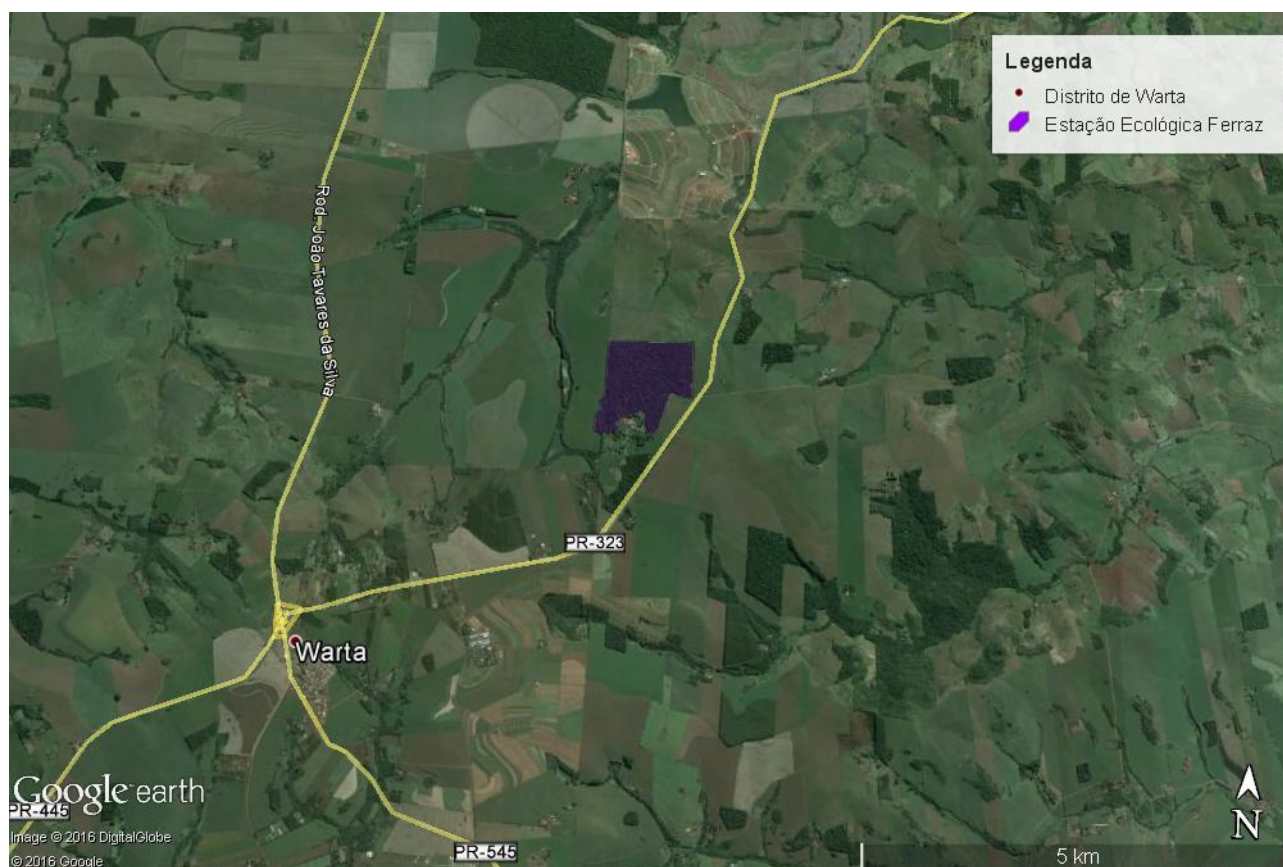


Fig. 6 Imagem de satélite da Estação Ecológica Ferraz. Fonte: Google Earth Pro, 2016.

2.1.4 – Ibiaci

A mata de Ibiaci localiza-se nas margens do rio Tibagi, na represa Capivara, próximo ao distrito de Ibiaci, ao sul da cidade de Primeiro de Maio – PR (Figura 7). Possui aproximadamente 45,1 ha. (Google 2016) e seu entorno é ocupado por monoculturas.

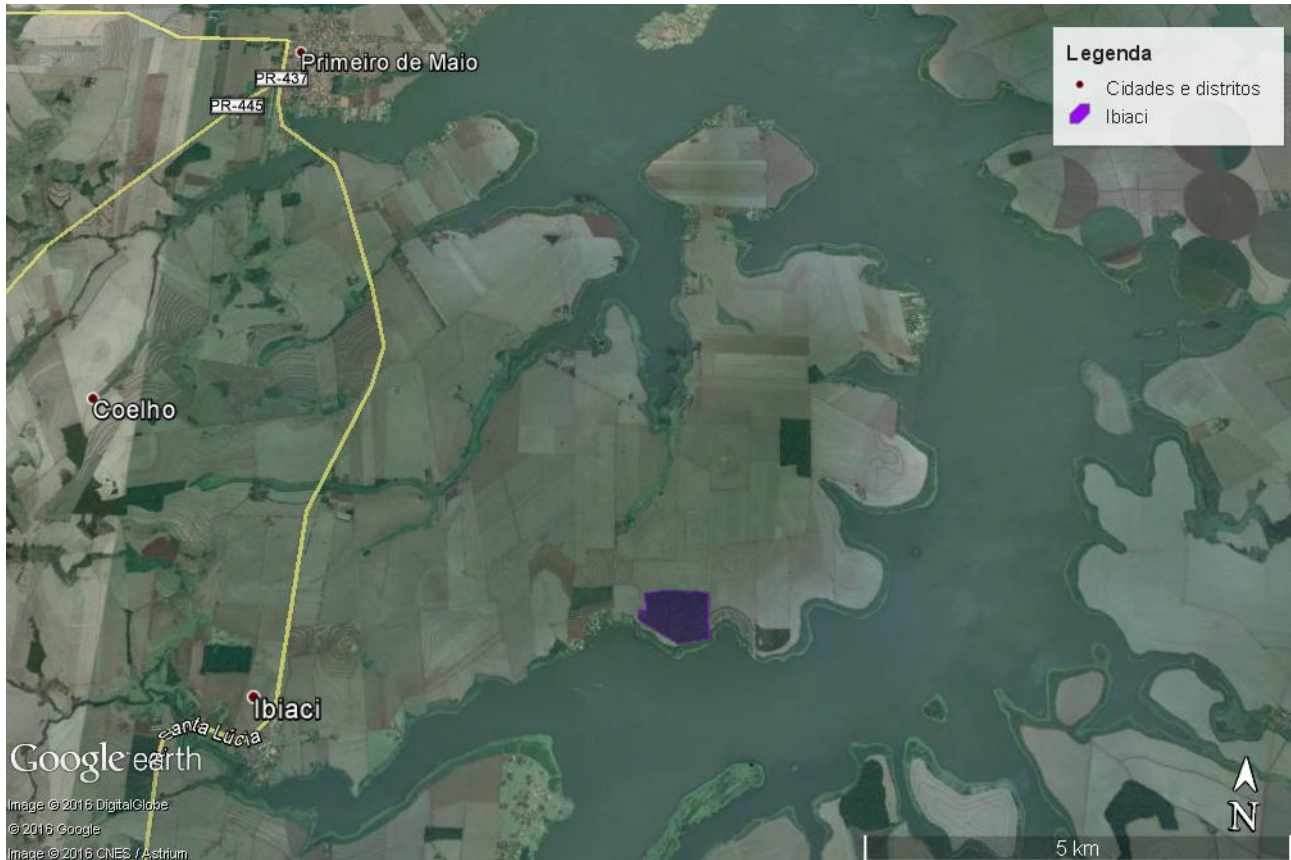


Fig. 7 Imagem de satélite de Ibiaci. Fonte: Google Earth Pro, 2016.

2.1.5 – Campus UEL

O campus da Universidade Estadual de Londrina (UEL) está situado na periferia da cidade, a sudoeste de Londrina, no km 380 da Rodovia Celso Garcia Cid (PR-445)(Figura 8). O campus possui 2.226.013 m² de área total e o marco do IBGE possui as seguintes coordenadas: 23°19'19"S e 51°12'04"W (Shibatta et al. 2009).

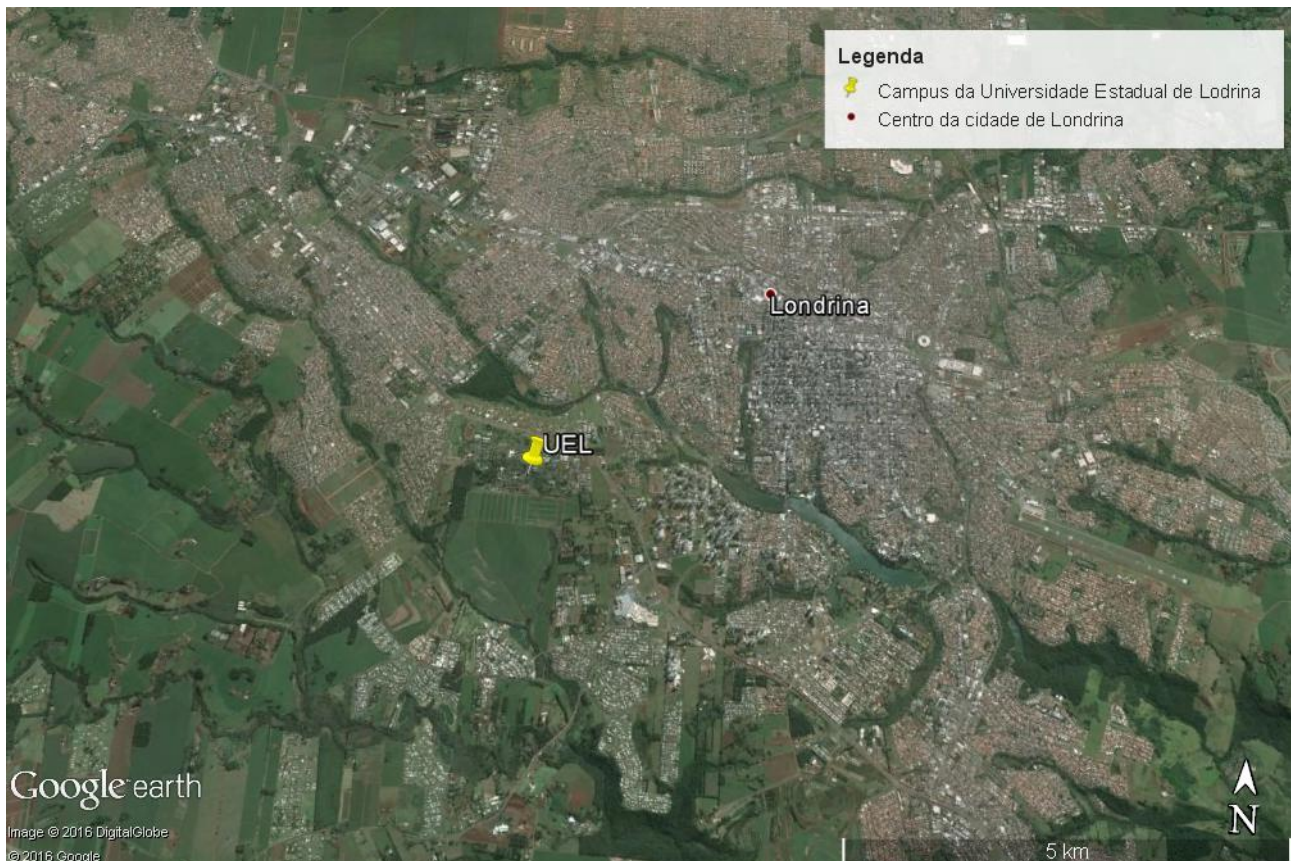


Fig. 8 Imagem de satélite do campus da Universidade Estadual de Londrina. Fonte: Google Earth Pro, 2016.

REFERÊNCIAS

- Aguiar LM, Reis NR, Ludwig G, Rocha VJ (2003) Dieta, área de vida, vocalizações e estimativas populacionais de *Alouatta guariba* em um remanescente florestal no norte do estado do Paraná. *Neotropical Primates* 11:78-86.
- Berg CC (1985) Classification and distribution of *Ficus*. *Experientia*, 45:605-610.
- Berg CC, Villavicencio X (2004) Taxonomic studies on *Ficus* (Moraceae) in the West Indies, extra-Amazonian Brazil, and Bolivia. *Ilicifolia* 5:1-132.
- Boucek Z (1993) The Genera of chalcidoid wasp from *Ficus* fruit in the New World. *J.Nat. Hist* 27:173-217.
- Bronstein JL, Hossaert-mckey M (1996) Variation in reproductive sucess within a subtropical fig/pollinator mutualism. *J. Biogeogr.* 23:433-446.
- Carauta JPP, Diaz BE (2002) *Figueiras no Brasil*. Editora UFRJ, Rio de Janeiro. 211 pp.
- Cook JM, Rasplus JY (2003) Mutualists with attitude: coevolving fig wasps and figs. *Trends in Ecology and Evolution*. 18:241-248.
- Cruaud A, Cook J, Da-rong Y, Genson G, Jabbour-zahab R, Kjellberg F, Pereira RAS, Rønsted N, Santos-mattos O, Savolainen V, Ubadillah R, Van Noort S, Yan-Qiong P, Rasplus JY (2011). Fig-fig wasp mutualism: the fall of the strict cospeciation paradigm? *In: Evolution of plant-pollinator relationships*. Cambridge University 68–102.
- Fischer J, Lindenmayer DB (2007) Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography*. 16:265-280.
- Ghara M, Borges RM (2010) Comparative life-history traits in a fig wasp community: implications for community structure. *Ecological entomology* 35:139-148.
- Google (2016) Google Earth pro. Versão 7.1.5.155.
- Herre EA, West SA (1997) Conflict of interest in mutualism: documenting the elusive fig wasp-seed trade-off. *Proc. R. Soc. Lond. B*. 264:1501-1507.
- Hill DS (1967) Figs (*Ficus* spp.) and fig-wasps (Chalcidoidea). *Journal of natural history*. 1:413-434.
- IBGE (2012) *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro. 2:93-99.
- Janzen D (1979) How to be a Fig. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 10:13–51.
- Jousselin E, Noort VM, Berry V, Rasplus JY, Rønsted N, Erasmus JC, Greeff JM (2008) One fig to bind them all: host conservatism in a fig wasp community unraveled by cospeciation analyses among pollinating and nonpollinating fig wasps. *Evolution* 62(7):1777-1797.
- Kato M, Takimura A, Kawakita A (2003) An obligate pollination mutualism and reciprocal diversification in the tree genus *Glochidion* (Euphorbiaceae). *Proceedings of the National*

Academy of Sciences 100(9):5264-5267.

Kearns CA, Inouye DW, Waser NM (1998) Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 18:83-112.

Lord JM, Norton DA (1990) Scale and the spacial concept of fragmentation. *Conservation Biology* 4(2):197-202.

Maack R (1981) Geografia física do estado do Paraná. BDP/UFPR/IBPT, Curitiba. 450 pp.

Machado CA, Robbins N, Gilbert MTP, Herre EA (2005) Critical review of host specificity and its coevolutionary implications in the fig-fig-wasp mutualism. *PNAS* 102:6558-6765.

Mcleish MJ, Beukman G, Noort SV, Wossler TC (2012) Host-Plant Species Conservatism and Ecology of a Parasitoid Fig Wasp Genus (Chalcidoidea; Sycoryctinae; Arachonia). *Plos one*. 7(9):1-13.

Medri ME, Bianchini E, Pimenta JA, Delgado MF, Correa GT (1998) Aspectos morfo-anatômicos e fisiológicos de *Peltophorum dubium* (Spr.) Taub. Submetida ao alagamento e à aplicação de etrel. *Revista Brasileira de Botânica*. 21(3):261-267.

Mikich SB (2002) A dieta dos morcegos frugívoros (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae) de um pequeno remanescente de Floresta Estacional Semidecidual do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 19:239-249.

Pellmyr O (2003) Yucca, yucca moths, and coevolution: a review. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 90:35-55.

Shibatta OA, Galves W, Carmo WPD, Lima IP, Lopes E, Machado R A (2009) A fauna de vertebrados do campus da Universidade Estadual de Londrina, região norte do estado do Paraná, Brasil. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, Londrina, 30:2-26.

Silveira M (2006) A vegetação do Parque Estadual Mata dos Godoy *In: Torezan J M D Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy*. Itedes, Londrina. 19-27.

Vicente RFO (2006) Parque Estadual Mata dos Godoy *In: Torezan J M D Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy*. Itedes, Londrina. 13-18.

Weiblen GD (2002) How to be a fig wasp. *Annual Review of Entomology*. 47:299-330.

Wilcox BA, Murphy DD (1985) The effects of fragmentation on extinction. *The American Naturalist*. 125(6):879-887.

Wilson CM, Chen XY, Corlett RT, Didham RJ, Ding P, Holt RD, Holyoak M, Hu G, Hughes AC, Jiang L, Laurance WF, Liu J, Pimm SL, Robinson SK, Russo SE, Si X.; Wilcove DS, Wu J, Yu M (2015) Habitat fragmentation and biodiversity conservation: key findings and future challenges. *Landscape ecol.* 31:219-227.

CAPÍTULO I

EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO MUTUALISMO ENTRE *FICUS* E SEU POLINIZADOR

Artigo a ser enviado para a revista Plant Ecology

INTRODUÇÃO

As figueiras são plantas pertencentes ao gênero *Ficus*, caracterizado pela sua inflorescência única, o sicônio ou figo, e por possuírem um sistema de polinização que envolve o mutualismo obrigatório, ou seja, a planta e o polinizador dependem um do outro para completar seu ciclo de vida (Janzen 1979; Berg 1985; Carauta e Diaz 2002).

A polinização das figueiras é realizada por vespas da família Agaonidae, porém outros tipos ecológicos de vespas são encontrados no sicônio, a exemplo de vespas não polinizadoras, galhadoras primárias e inquilinas (espécies fitófagas que ovipositam em galhas induzidas previamente por outra espécie fitófaga) e parasitóides de outras vespas de figo (Bronstein e Hossaert-McKey 1996; Weiblen 2002; Jousselin et al. 2008; Mcleish et al. 2012). No entanto, as vespas polinizadoras possuem capacidade de utilizar correntes de ar, o que permite voos mais longos do que das vespas não polinizadoras, as quais não utilizam correntes e, por consequência, apresentam menor capacidade de voo (Harrison 2003).

O desenvolvimento do sicônio pode ser dividido em cinco fases: A, B, C, D e E. A fase A ou pré-floral representa o período inicial de desenvolvimento. Na fase B ocorre a antese das flores pistiladas e é neste momento que a vespa fundadora entra no sicônio. Uma vez dentro do sicônio, as polinizadoras também chamadas de fundadoras, passam a depositar de forma ativa ou passiva, grãos de pólen no estigma das flores longistílicas, ao mesmo tempo que desovam no ovário das flores brevistílicas (Carauta e Diaz 2002). Durante a fase C ou interfloral, os ovários fertilizados passam a se desenvolver em frutos e os ovários que receberam ovos da fundadora passam a desenvolver a galha que abrigará e alimentará a vespa em suas diferentes fases larvais. Na fase D, também chamada de masculina, ocorre a antese das flores estaminadas. Neste momento, os machos eclodem do interior de suas galhas, abrem pequenas aberturas nas galhas ocupadas pelas fêmeas, com quem copulam, liberando-as em seguida no interior do sicônio. Essas fêmeas coletarão passiva ou ativamente os grãos de pólen e deixarão a inflorescência. No exterior do sicônio a vespa irá procurar outro sicônio para sua desova. Após a saída das vespas, o sicônio entra na fase E ou pós-floral, momento em que a infrutescência se torna pronta para o processo de dispersão (Carauta e Diaz 2002). As vespas não polinizadoras podem atacar o sicônio em qualquer fase do seu desenvolvimento (Jousselin et al. 2008; Ghara e Borges 2010; Mcleish et al. 2012). As figueiras possuem frutificação diversas vezes ao ano e seus frutos fazem parte da dieta de mais espécies de animais que qualquer outro gênero de árvore tropical (Janzen 1979).

No norte do Paraná a paisagem encontra-se altamente fragmentada, a cobertura florestal, que já cobriu aproximadamente 85% do estado (Maack 1981), foi reduzida para 6,89% em 1980. Essa alta fragmentação implica em altos riscos para espécies que possuem esse tipo de mutualismo obrigatório (Wilcox e Murphy 1985; Lord e Norton 1990; Fischer e Lindenmayer 2007; Wilson et al. 2015).

Em florestas estacionais semidecíduais, tipo florestal encontrado no norte do Paraná (IBGE 2012), foi observado o consumo preferencial de figos por diversas espécies de mamíferos e aves (Mikich 2002; Aguiar et al. 2003). Devido a sua alta produção de frutos durante todo ano, a espécie *Ficus eximia* Schott. pode ser considerada um recurso valioso (Peres 2000; Bianchini et al. 2015)

Este estudo teve por objetivo testar a hipótese de que: se a fragmentação florestal gera um impacto negativo sobre as espécies mutualísticas obrigatórias, então a disponibilidade de pólen (vespas fundadoras) e a quantidade de vespas polinizadoras, vespas não polinizadoras e aquênios serão diferenciadas de acordo com o nível de fragmentação, para a espécie *Ficus eximia* Schott. .

METODOLOGIA

Espécie Estudada

A espécie *Ficus eximia* Schott. é uma planta perene, monoica e de hábito arbóreo. Apresenta uma lâmina foliar coriácea, oblonga a elíptica, venação terciária escalariforme e pecíolo de 2 a 9cm. Os sicônios são axilares com pedúnculo de 5 a 10cm de comprimento e o receptáculo apresenta forma subglobosa ou obovoide (Berg e Villavicencio 2004). A distribuição da espécie se dá no Brasil (Minas Gerais, Bahia, Paraíba, Paraná, Rio de Janeiro, Santa Catarina, São Paulo, Maranhão e no Pará) e na Bolívia (Santa Cruz) (Berg e Villavicencio 2004). Sua polinização é realizada por vespas da família Agaonidae.

Ao contrário do que a literatura relata, foi observado que *Ficus eximia* apresenta além de assincronia entre indivíduos, assincronia entre os sicônios da mesma floração (Figueiredo e Sazima 1997).

Área de Estudo

Foram selecionados cinco fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, situados na região Norte Central Paranaense, no Sul do Brasil. Esse tipo florestal é caracterizado pelo clima estacional, sendo uma estação seca e fria e outra quente e chuvosa (IBGE 2012). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa - clima subtropical úmido. A temperatura média anual da região fica em torno de 21° C (Vicente 2006). Os fragmentos selecionados foram: Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), área protegida de 750 ha., Mata Doralice (MD) , Estação Ecológica Ferraz (EEF) e Ibiaci, esses fragmentos inseridos na zona rural da região com respectivamente: 170 , 108 e 45 ha. cada e o campus da Universidade Estadual de Londrina (UEL), área urbanizada e sem remanescentes florestais.

Coleta de Dados

Os dados foram coletados entre abril de 2014 e novembro de 2015. Os indivíduos foram georreferenciados e acompanhadas a sua floração e frutificação. Foram coletadas cinco safras de trinta sicônios na fase C de cinco indivíduos diferentes em cada área, totalizando 750 sicônios na fase C. Cada safra corresponde a uma florada de um indivíduo. Foi coletado também, trinta sicônios na fase D de cinco indivíduos em cada área, exceto UEL (quatro indivíduos), totalizando 720 sicônios coletados na fase D. Em todos os sicônios foram medidos a altura e diâmetro. Os sicônios da fase C foram fixados em álcool 70% e contabilizado o número de fundadoras encontradas em cada sicônio. Os da fase D, próxima à emergência das vespas polinizadoras e vespas não polinizadoras, foram individualizados em frascos até a emergência das vespas, que foram fixadas em álcool 98%. As vespas emergentes foram separadas em polinizadoras, não polinizadoras e machos, de acordo com os aspectos morfológicos como coloração e tamanho do ovopositor, e contabilizadas. Também foi contabilizado o número de aquênios por sicônio. As vespas foram depositadas no Laboratório de Biossistemática da Universidade Estadual de Londrina.

Análise de Dados

Através da contagem de indivíduos e da distância percorrida, foi calculado a densidade linear de cada área (densidade linear = n° indivíduos / distância percorrida), a fim de comparar a população de cada área, exceto UEL onde somente quatro indivíduos foram encontrados (Banack et al. 2002).

Foram realizados testes de correlação de Spearman, a fim de verificar a influência das vespas polinizadoras sobre as não polinizadoras e aquênios, e das vespas não polinizadoras sobre aquênios. Verificou-se a correlação tanto com os dados de todas as áreas agrupadas quanto de cada área separadamente.

Para testar se as áreas influenciam nos dados, foram montados modelos lineares generalizados e realizada a posterior comparação desses com o respectivo modelo nulo, através de LRT (likelihood ratio test). Foi testada a hipótese nula de que não há diferença significativa entre os modelos e, portanto, não há influência das áreas no modelo selecionado.

A partir do número de vespas fundadoras, polinizadoras, não polinizadoras e aquênios em relação às áreas, foram montados modelos lineares generalizados com as distribuições de Poisson, Quasi-Poisson e Negativo Binomial. A escolha desse tipo de modelo (dados de contagem) foi necessária devido a sobredispersão dos dados, o que compromete as análises de variância clássica, por não atenderem aos pressupostos de normalidade dos resíduos e de homocedasticidade das variâncias, que são características de dados entomológicos, onde há alta variedade no objeto de estudo (Demétrio et al. 2006; Cordeiro et al. 2015). A área de PEMG foi selecionada como intercepto por ser maior e mais bem conservada que as demais. Esses modelos foram comparados e o melhor deles foi selecionado.

Para testar se as áreas possuem dados semelhantes, modelos agrupando áreas com dados próximos foram montados e posteriormente comparados com o modelo sem nenhum agrupamento. Essa comparação foi realizada através de LRT, sendo a hipótese nula de que não há diferença entre os parâmetros dos modelos e, portanto, o agrupamento existe.

As análises foram realizadas através do software Rstudio versão 0.98.1091 (Zuur 2009; Rstudio 2014) e dos pacotes MASS e hnp e foi adotado o nível de significância de 5% (Venables e Ripley 2002; R Core Team 2013, Moral et al. 2014).

RESULTADOS

Densidade Linear

Foram encontrados: 15 indivíduos em PEMG, 21 em MD, 14 em EEF, 12 em Ibiaci e 4 em UEL. As distâncias percorridas foram: 1,8 Km em PEMG, 2,8 Km em MD, 1,7 em EEF e 1,1 em Ibiaci. As densidades lineares foram: 8,33, 7,5, 8,24 e 10,91 indivíduos/Km em PEMG, MD, EEF e Ibiaci respectivamente. Portanto, devido ao tamanho da área de cada fragmento, podemos inferir que a população de *F. eximia* é consideravelmente maior em PEMG, intermediária em MD, EEF e Ibiaci e menor em UEL.

Vespas Fundadoras

O número médio e o respectivo erro-padrão de vespas fundadoras de cada área foi: $2,58 \pm 0,13$ para PEMG, $2,33 \pm 0,13$ para MD, $2,42 \pm 0,17$ para EEF, $2,31 \pm 0,15$ para Ibiaci e $2,69 \pm 0,17$ para UEL (Fig. 1a).

Os modelos gerados não apresentaram diferença nos valores estimado das variáveis e graus de liberdade, porém foi observado um desvio residual e erro padrão menor no modelo binomial negativo (Tabela 1). Considerando o desvio residual menor e a análise gráfica dos resíduos (Fig. 2a) foi selecionado o modelo Poisson. O modelo selecionado mostra que nenhuma variável foi significativa, ou seja, nenhuma das áreas apresenta relação significativa de decréscimo em relação ao intercepto (Tabela 1).

Observando graficamente os valores ajustados com o intervalo de confiança do modelo (Fig. 2a) percebe-se que não há diferença clara entre as áreas, havendo sobreposição dos dados. O LRT entre o modelo nulo (somente com a variável PEMG) e o modelo Poisson aceita H_0 (p-valor = 0,19; LR stat (χ^2) = -6,1), mostrando que a área não exerce influência sobre o número de fundadoras (Tabela 2).

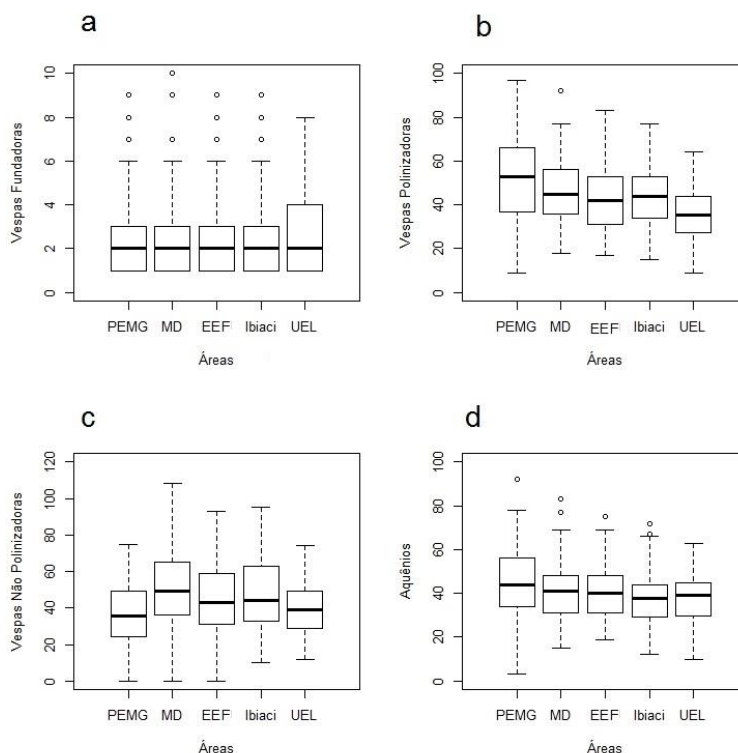


Fig. 1 Box-plot dos dados coletados de cada área: **a** vespas fundadoras, **b** vespas polinizadoras, **c** vespas não polinizadoras e **d** aquênios. *Caixa* indica 75º, 50º e 25º percentil, as linhas indicam 90º e 10º percentil. Círculos mostram os outliers.

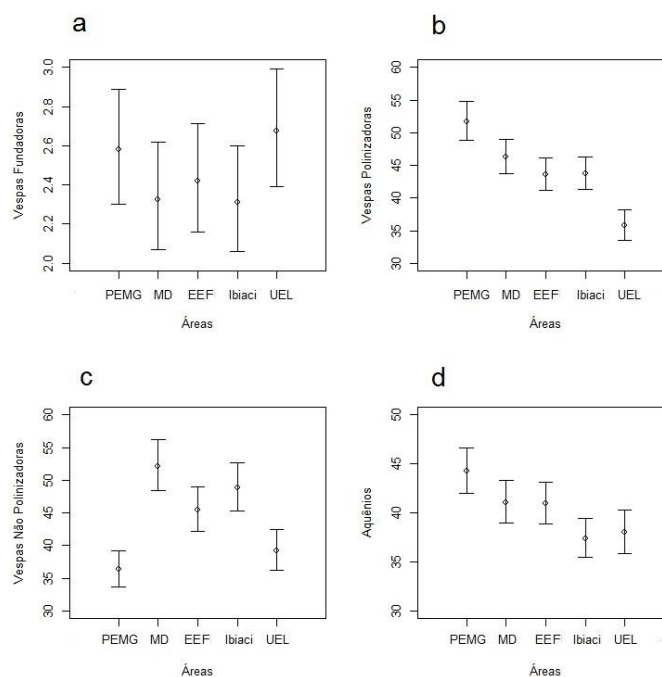


Fig. 2 Média e valores ajustados com aproximadamente 95% de intervalo de confiança usando o modelo de Poisson para: **a** vespas fundadoras e os modelos binomiais negativos para: **b** vespas polinizadoras, **c** vespas não polinizadoras e **d** aquênios.

Correlação entre vespas polinizadoras, não polinizadoras e aquênios

Considerando os dados de todas as áreas, foram encontrados correlações significantes apenas entre vespas polinizadoras e vespas não polinizadoras (p -valor = 0,000569 ; ρ = -0,1210491) (Tabela 3).

Ao verificar a correlação de cada área foram encontradas correlações negativas entre polinizadoras e não polinizadoras nas áreas: PEMG (p -valor = 0,000258 ; ρ = -0,28) e UEL (p -valor = 0,00878 ; ρ = -0,216469) , correlações negativas entre polinizadoras e aquênios nas áreas: EEF(p -valor = 0,007335; ρ = -0,198929) e Ibiaci(p -valor = 0,005972 ; ρ = -0,204782) e correlações negativas entre não polinizadoras e aquênios na área de MD (p -valor = 0,017250 ; ρ = -0,1727579) (Tabela 3).

Vespas Polinizadoras

O número médio e o respectivo erro-padrão de vespas polinizadoras de cada área foram: $51,73 \pm 1,65$ para PEMG, $46,40 \pm 1,17$ para MD, $43,61 \pm 1,27$ para EEF, $43,7 \pm 1,14$ para Ibiaci e $35,74 \pm 1,12$ para UEL (Fig 1b).

A partir do desvio residual e a análise gráfica dos resíduos (Fig. 2a) foi selecionado o modelo binomial negativo (Tabela 4). O modelo selecionado apresentou todas as variáveis significativas (Tabela 4). As variáveis apresentaram valores negativos sendo MD o maior valor e UEL o menor (intercepto = 3,9461 ; MD = -0,1119; EEF = -0,1708 ; Ibiaci = -0,1688 ; UEL = -0,3697) .

Observa-se graficamente (Fig. 2b), que há diferença entre as áreas, sendo PEMG maior, MD , EEF e Ibiaci intermediários e UEL menor. A influência da área sobre o número de vespas polinizadoras foi confirmada com LRT (p -valor = $5,77 \times 10^{-9}$; LR stat (χ^2) = 44,22) entre o modelo nulo e o modelo binomial negativo (Tabela 5) que rejeitou H_0 .

Através do gráfico de valores ajustados (Figura 2b), verificou-se que a área PEMG apresentou resultados superiores às demais áreas. Para confirmarmos se esse resultado foi significativo, montou-se um novo modelo isolando a área PEMG (Figura 5a) e posteriormente realizado LRT (p -valor = $1,06 \times 10^{-7}$; LR stat (χ^2) = 35,28) comparando com o modelo Binomial negativo completo (Tabela 6). Os modelos apresentaram diferença significativa, portanto rejeita-se H_0 , PEMG não apresentou diferença significativa em relação às outras áreas.

O mesmo tratamento foi realizado para a área UEL (Figura 5b e Tabela 7), para verificar se os valores são inferiores às demais áreas. Verificou-se que UEL não é significativamente menor que às demais áreas agrupadas (p -valor = $1,06 \times 10^{-7}$; LR stat (χ^2) = 22,7) .

Por fim, foi testado se as três áreas intermediárias são significativamente semelhantes (Figura 3b). Um modelo agrupando as três áreas intermediárias(MD, EEF e Ibiaci) (Figura 5c) foi

comparado através de uma LRT com modelo completo (Tabela 8, Figura 5c). Observa-se que não há diferença significativa entre os modelos ($p\text{-valor}=1,06 \times 10^{-7}$; LR stat (χ^2) = 2,62), portanto as áreas intermediárias possuem valores significativamente próximos.

Vespas não polinizadoras

O número médio de vespas não polinizadoras para PEMG foi de $36,33 \pm 1,40$, para MD $52,12 \pm 1,72$, para EEF $45,41 \pm 1,62$, para Ibiaci $48,83 \pm 1,62$ e para UEL $39,22 \pm 1,11$ (Figura 1c).

Repetindo a mesma análise de modelos realizada anteriormente, foi selecionado o modelo binomial negativo. O modelo selecionado apresentou todas as variáveis significativas (Tabela 9). As variáveis intermediárias apresentaram valores próximos entre si e menores em relação ao intercepto, somente a área UEL apresentou valor inferior em relação às demais (intercepto = 3,5926 ; MD = 0,3610; EEF = 0,2233 ; Ibiaci = 0,2957 ; UEL = 0,0768) .

Observa-se graficamente, valores estimados previstos no modelo Binomial negativo (Figura 3c), que há diferença entre as áreas, sendo PEMG menor, UEL; intermediária e MD, EEF e Ibiaci maiores. O LRT ($p\text{-valor}= 1,16 \times 10^{-12}$; LR stat (χ^2) = 61,89) entre o modelo nulo e o modelo binomial negativo mostra que a área exerce influência sobre o número de não polinizadoras (Tabela 10).

Através do gráfico de valores ajustados (Figura 3c) verificamos que a área PEMG apresentou resultados inferiores às demais áreas. Para verificarmos se esse resultado foi significativo, elaborou-se um modelo isolando a área PEMG (Figura 7a) e posteriormente realizado o teste LRT comparando com o modelo Binomial negativo completo (Tabela 11). Os modelos apresentaram diferença significativa LRT ($p\text{-valor}= 3,22 \times 10^{-6}$; LR stat (χ^2) = 28,24), portanto a área de PEMG não apresentou diferença significativa em relação as outras áreas.

O mesmo foi realizado para a área UEL, para verificar se os valores são inferiores às demais áreas (Figura 7b, Tabela 12). Os modelos apresentaram diferença significativa, LRT ($p\text{-valor}= 3,64 \times 10^{-11}$; LR stat (χ^2) = 51,6), portanto a área de UEL não apresentou diferença significativa em relação as outras áreas.

Para verificar se as três áreas intermediárias são significativamente semelhantes elaborou-se o modelo agrupando as três áreas com valores maiores (MD, EEF e Ibiaci) e as duas com valores menores (PEMG e UEL) (Figura 7c) e comparado através de LRT com modelo completo (Tabela 13). Observa-se que não há diferença significativa entre os modelos ($p\text{-valor}= 0,2793$; LR stat (χ^2) = 7,15), portanto as áreas intermediárias e as áreas PEMG e UEL possuem valores significativamente próximos.

Aquênios

O número médio de aquênios para PEMG foi de $44,25 \pm 1,33$, para MD $41,08 \pm 1,04$, para EEf $40,94 \pm 0,96$, para Ibiaci $37,36 \pm 0,95$ e para UEL $37,98 \pm 1,06$ (Figura 1d).

Através da análise de modelos selecionou-se o modelo binomial negativo (Tabela 14, Figura 8). O modelo selecionado apresentou todas as variáveis significativas. Essas variáveis apresentaram valores negativos o que mostra um decréscimo em relação ao controle (intercepto). Confirma-se com uma LRT entre o modelo nulo e o modelo binomial negativo ($p\text{-valor} = 5,99 \times 10^{-5}$; LR stat (χ^2) = 24,62) que a área exerce influência sobre o número de aquênios (Tabela 14).

Observa-se graficamente, valores estimados previstos no modelo Binomial negativo (Figura 3d), que há diferença entre as áreas, sendo PEMG maior, MD e EEf intermediária e Ibiaci e UEL menores. Através do gráfico (Figura 3d) verificou-se que a área PEMG apresentou resultados superiores as demais áreas, para confirmar se esse resultado foi significativo, um modelo isolando a área PEMG foi elaborado (Figura 9a) e posteriormente realizado o teste LRT comparando com o modelo Binomial negativo completo (Tabela 15). Os modelos apresentaram diferença significativa ($p\text{-valor} = 0,0204$; LR stat (χ^2) = 9,79), portanto a área de PEMG não apresentou diferença significativa em relação as outras áreas.

O mesmo foi realizado para as áreas Ibiaci e UEL, para verificar se os valores são inferiores às demais áreas (Figura 9b, Tabela 17). O modelo agrupando essas duas áreas não apresentou diferença significativa ($p\text{-valor} = 0,13$; LR stat (χ^2) = 5,62), portanto as áreas de Ibiaci e UEL podem ser agrupadas (Tabela 16).

Para verificar se as áreas com mais aquênios (PEMG, MD e EEf) são significativamente semelhantes foi elaborado um modelo agrupando as áreas intermediárias e as áreas menores (Ibiaci e UEL) e comparado com uma LRT com modelo completo (Figura 9c, Tabela 18). Observa-se que não há diferença significativa entre os modelos ($p\text{-valor} = 0,91$; LR stat (χ^2) = 0,17). Portanto as áreas intermediárias e menores possuem valores significativamente próximos.

DISCUSSÃO

Vespas Fundadoras

Através do melhor modelo selecionado para vespas fundadoras em relação a área (modelo de Poisson) foi possível concluir que o número de vespas não sofre influência da área (Figura 3a). Ao contrário do que se esperava, a alta fragmentação na área de estudo não afetou a disponibilidade de pólen de *Ficus eximia* e, portanto, não afetou no fluxo gênico dessa espécie. A ausência da influência das áreas nas vespas polinizadoras pode ser justificada pelo fato de as vespas fundadoras utilizarem-se das correntes de ar e, portanto, possuem grande capacidade de voo (Harrison 2003; Ahmed 2009).

Pode-se inferir que, para as vespas fundadoras a paisagem não é fragmentada, já que devido a sua capacidade de voo ela pode se deslocar entre os fragmentos e, portanto, seu habitat é um contínuo.

Vespas Polinizadoras, Não polinizadoras e Aquênios

Foi verificado uma correlação negativa significativa entre vespas polinizadoras e não polinizadoras, porém ao realizar o teste de correlação em cada área foi observado que essa relação é significativa apenas nas áreas onde ocorreu uma menor quantidade de vespas não polinizadoras (PEMG e UEL). Isso poderia sugerir que a maior quantidade de vespas não polinizadoras encontradas nas áreas intermediárias (MD, EEF e Ibiaci) são compostas de vespas galhadoras de aquênios (Bronstein e Hossaert-Mckey 1996; Weiblen 2002; Jusselin et al. 2008; Mcleish et al. 2012), tendo em vista que a área de MD apresentou correlação entre vespas não polinizadoras e aquênios. Contudo o mesmo não foi observado para EEF e Ibiaci, tornando essa generalização inviável.

O número de vespas polinizadoras sofreu influência da área, sendo PEMG com maior número de indivíduos, MD, EEF e Ibiaci intermediárias e UEL com menor quantidade (Figura 3b). Essa diferença não pode ser explicada pelo parasitismo de vespas não polinizadoras sobre vespas polinizadoras (Bronstein e Hossaert-Mckey 1996; Weiblen 2002; Jusselin et al. 2008; Mcleish et al. 2012), visto que não houve correlação entre vespas polinizadoras e não polinizadoras em todas as áreas. Mesmo nas áreas onde ocorreu a correlação (PEMG e UEL), somente em uma delas (PEMG) foram encontradas um maior número de polinizadoras juntamente com um menor número de não polinizadoras, na área UEL foram encontradas uma menor quantidade de vespas polinizadoras e não polinizadoras.

A produção de sementes também sofreu influência da área, sendo que PEMG, MD e EEF apresentaram uma maior quantidade e Ibiaci e UEL uma menor quantidade. Como não houve correlação negativa entre vespas não polinizadoras e aquênios nessas áreas, não foi possível considerar a influência no número de aquênios pelas vespas não polinizadoras. Não ficou clara a correlação negativa significativa entre vespas polinizadoras e aquênios nas áreas EEF e Ibiaci, considerando que essas áreas diferem significativamente na quantidade de aquênios e não possuem diferença de vespas polinizadoras.

A partir da observação de presença de safras assíncronas, podemos inferir que vespas polinizadoras emergentes podem entrar em sicônios da própria árvore, levando a endogamia. Em áreas altamente impactadas como Ibiaci e UEL verifica-se uma menor densidade de figueiras, visto que essas áreas possuem tamanhos reduzidos ou no caso de UEL ausência de área florestal. Portanto, sugere-se que, devido a esse número reduzido de vespas emergentes na área, haja uma competição por sicônios entre vespas polinizadoras emergentes da própria figueira, com vespas polinizadoras de outras figueiras. Nesse caso, algumas flores estariam sendo auto-polinizadas e isso, somado a algum mecanismo de auto incompatibilidade, levaria a não formação de sementes. Como foi observado mais de uma vespa

fundadora em muitos sicônios de áreas altamente impactadas, conclui-se que estariam penetrando no sicônio tanto vespas polinizadoras da própria planta, como vespas polinizadoras de outros indivíduos.

Em outra espécie de *Ficus* (*F. Aurea*) Hossaert-Mckey (2001) não encontrou mecanismos de auto incompatibilidade. Porém, eventos de assincronia de safra foram considerados raros, diferentemente de *F. eximia*, onde foram encontrados diversos indivíduos apresentando essa assincronia. Portanto, caso não houvesse esse mecanismo, a endogamia provocaria um efeito negativo sobre essa espécie.

Devido a grande variação de dados, generalizações desse tipo devem ser vistas com cuidado (Corlett et al. 1990). Porém, é inegável que haja um efeito da fragmentação no mutualismo visto que foram observadas diferenças entre polinizadoras, não polinizadoras e aquênios entre as diferentes áreas. Portanto a fragmentação não afeta a disponibilidade de pólen (vespas fundadoras) e afeta negativamente as vespas polinizadoras e aquênios. Quanto às vespas não polinizadoras, uma fragmentação moderada pode vir a aumentar a quantidade destas, porém em áreas urbanizadas altamente impactadas, essa quantidade tende a diminuir.

REFERÊNCIAS

- Aguiar LM, Reis NR, Ludwig G, Rocha VJ (2003) Dieta, área de vida, vocalizações e estimativas populacionais de *Alouatta guariba* em um remanescente florestal no norte do estado do Paraná. *Neotropical Primates* 11: 78-86.
- Ahmed S, Compton SG, Butlin RK, Gilmartin PM (2009) Wind-borne insects mediate directional pollen transfer between desert fig trees 160 kilometers apart. *PNAS* 106:20342-20347.
- Banack SA, Horn MH, Gawlicka A (2002) Disperser vs. establishment-limited distribution of a riparian fig tree (*Ficus insipida*) in a Costa Rican Tropical Rain Forest. *Biotropica* 34:232-243
- Berg CC (1985) Classification and distribution of *Ficus*. *Experientia* 45:605-610.
- Berg CC, Villavicencio X (2004) Taxonomic studies on *Ficus* (Moraceae) in the West Indies, extra-Amazonian Brazil, and Bolivia. *Illicifolia* 5:1-132.
- Bianchini E, Emmerick JM, Messetti AVL, Pimenta JA (2015) Phenology of two *Ficus* species in seasonal semi-deciduous forest in Southern Brazil. *J Biol*, 75:206-214
- Bronstein JL, Hossaert-mckey YM (1996) Variation in reproductive success within a subtropical fig/pollinator mutualism. *J. Biogeogr.* 23:433-446.
- Carauta JPP, Diaz BE (2002) *Figueiras no Brasil*. Editora UFRJ, Rio de Janeiro. 211 pp.
- Cordeiro GM, Demétrio CGB, Moral RA (2015) *Modelos Lineares Generalizados e Extensões*. ESALQ/USP. Piracicaba. 255 pp.
- Corlett RT, Boudville V, Seet K (1990) Seed and wasp production in five fig species (*Ficus*, Moraceae). *Malayan Nature J* 44:97-102.
- Demétrio CGB, Hinde J, Moral RA (2006) Models for Overdispersed Data in Entomology *In*: Ferreira CP, Godoy WAC *Ecological Modelling Applied to Entomology*. Springer International 219-259.
- Figueiredo RA, Sazima M (1997) Phenology and pollination ecology of three Brazilian fig species (Moraceae). *Bot. Acta*. 110:73-78.
- Fischer J, Lindenmayer DB (2007) Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography* 16:265-280.
- Ghara M, Borges RM (2010) Comparative life-history traits in a fig wasp community: implications for community structure. *Ecological entomology* 35:139-148.
- Harrison RD (2003) Fig wasp dispersal and the stability of a keystone plant resource in Borneo. *Proc. R. Soc. Lond. B*. 270:S76-S79.
- Hossaert-Mckey M, Bronstein JL (2001) Self-pollination and its costs in a monoecious fig (*Ficus aurea*, Moraceae) in a highly seasonal subtropical environment. *American Journal of Botany* 88(4): 685-692.

- IBGE (2012) Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro. 2:93-99.
- Janzen D (1979) How to be a Fig. *Annual Review of Ecology and Systematics* 10:13–51.
- Jousselin E, Noort VM, Berry V, Rasplus JY, Rønsted N, Erasmus JC, Greeff JM (2008) One fig to bind them all: host conservatism in a fig wasp community unraveled by cospeciation analyses among pollinating and nonpollinating fig wasps. *Evolution* 62(7):1777-1797.
- Lord JM, Norton DA (1990) Scale and the spacial concept of fragmentation. *Conservation Biology* 4(2):197-202.
- Maack R, (1981) *Geografia física do estado do Paraná*. BDP/UFPR/IBPT, Curitiba. 450 pp.
- Mcleish MJ, Beukman G, Noort SV, Wossler TC (2012) Host-Plant Species Conservatism and Ecology of a Parasitoid Fig Wasp Genus (Chalcidoidea; Sycoryctinae; Arachonia). *Plos one* 7(9):1-13.
- Mikich SB (2002) A dieta dos morcegos frugívoros (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae) de um pequeno remanescente de Floresta Estacional Semidecidual do sul do Brasil. *Revta bras. Zool.* 19:239-249.
- Moral RA, Hinde J, Demetrio CGB (2014) hnp: Half-Normal Plots with Simulation Envelopes. R package version 1.0. <http://CRAN.R-project.org/package=hnp>
- Peres CA (2000) Identifying keystone resources in tropical forests: the case of gums from *Parkia* pods. *Journal of Tropical Ecology* 16(2):287-317.
- R Core Team (2013) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.
- Rstudio (2009-2014) Rstudio, versão 0.98.1091.
- Venables WN, Ripley BD (2002) *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0.
- Vicente RFO (2006) Parque Estadual Mata dos Godoy *In*: Torezan JMD. *Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy*. Itedes, Londrina. 13-18.
- Weiblen GD (2002) How to be a fig wasp. *Annual Review of Entomology* 47:299-330.
- Wilcox BA, Murphy DD (1985) The effects of fragmentation on extinction. *The American Naturalist* 125(6):879-887.
- Wilson CM, Chen XY, Corlett RT, Didham RJ, Ding P, Holt RD, Holyoak M, Hu G, Hughes AC, Jiang L, Laurence WF, Liu J, Pimm SL, Robinson SK, Russo SE, Si X, Wilcove DS, Wu J, Yu M (2015) Habitat fragmentation and biodiversity conservation: key findings and future challenges. *Landscape ecol.* 31:219-227.
- Zuur AF, Ieno EN, Meesters EHWG (2009) *A Beginner's Guide to R*. Springer 216 pp.

Apêndice

Figuras

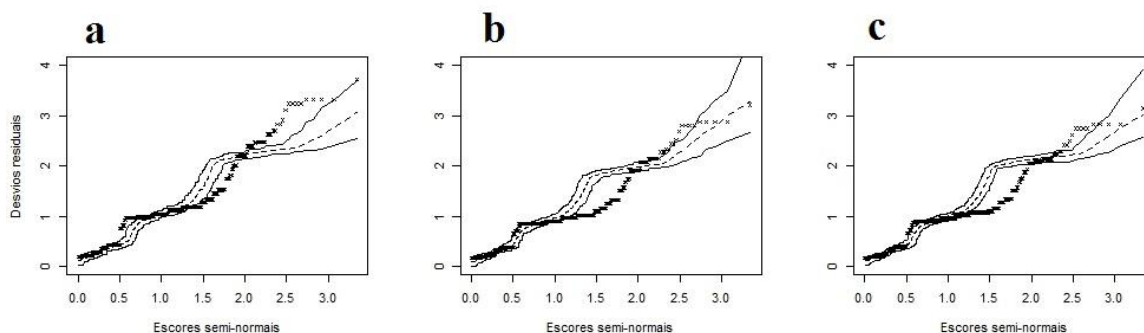


Fig 3. Desvios residuais x Escores semi-normais dos modelos para vespas fundadoras por área: **a** Poisson, **b** Quasi-Poisson e **c** Negativo Binomial.

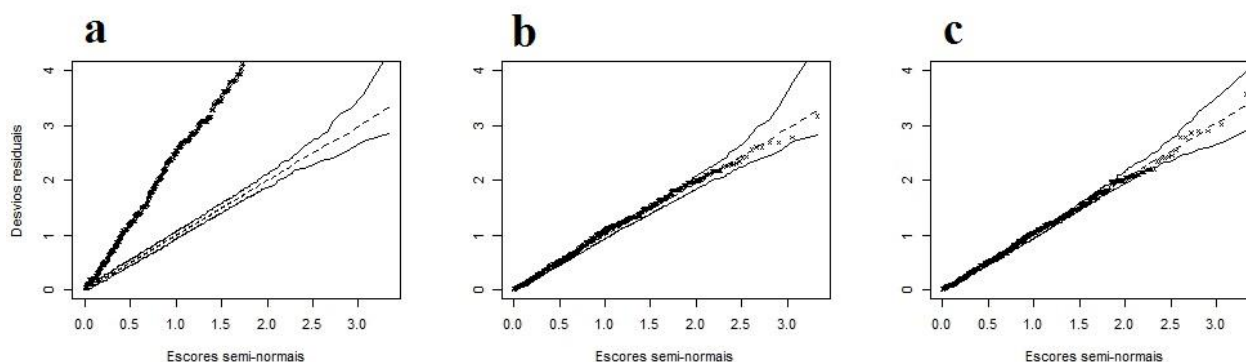


Fig 4. Desvios residuais x Escores semi-normais dos modelos para vespas polinizadoras por área: **a** Poisson, **b** Quasi-Poisson e **c** Negativo Binomial.

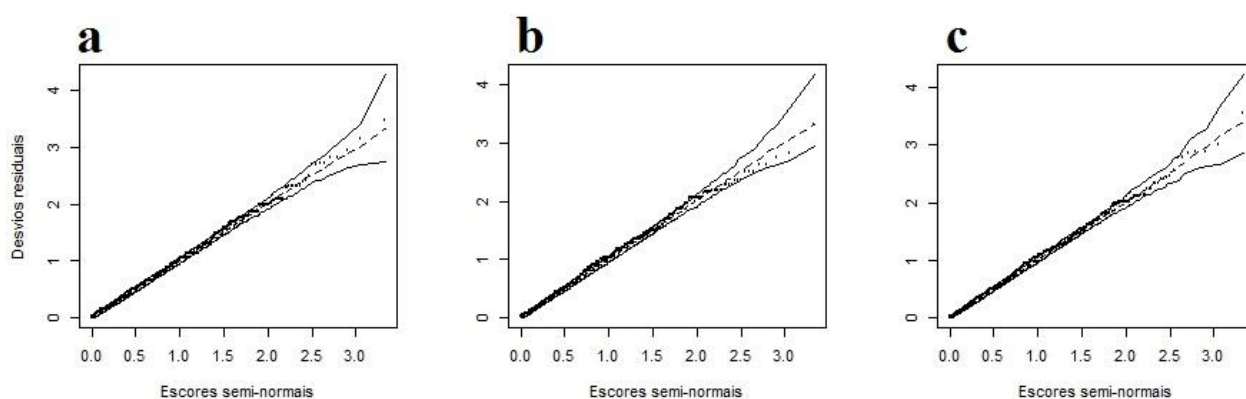


Fig 5. Desvios residuais x Escores semi-normais dos modelos para vespas polinizadoras por área: **a** Binomial negativo para vespas polinizadoras por área, isolando a área PEMG, **b** Binomial negativo para vespas polinizadoras por área, isolando a área UEL e **c** Binomial negativo para vespas polinizadoras por área, agrupando as três áreas intermediárias (MD, EEF e Ibiaci).

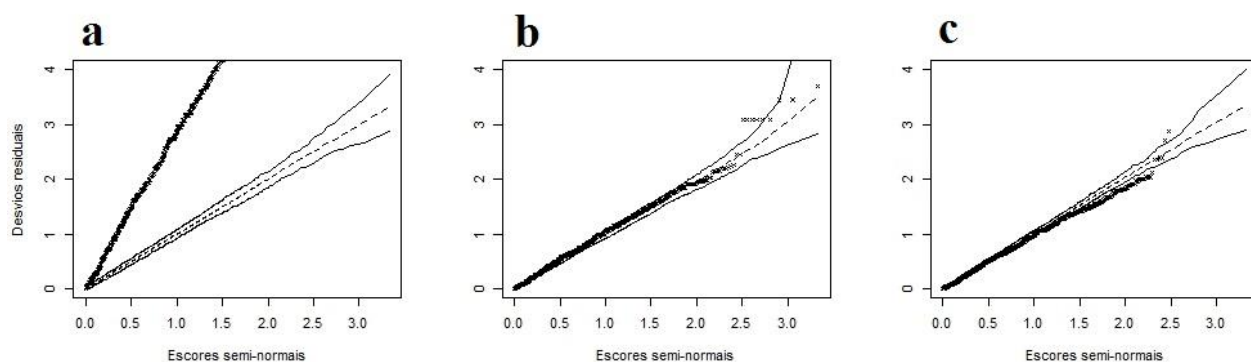


Fig 6. Desvios residuais x Escores semi-normais dos modelos para vespas não polinizadoras por área: **a** Poisson, **b** Quasi-Poisson e **c** Negativo Binomial.

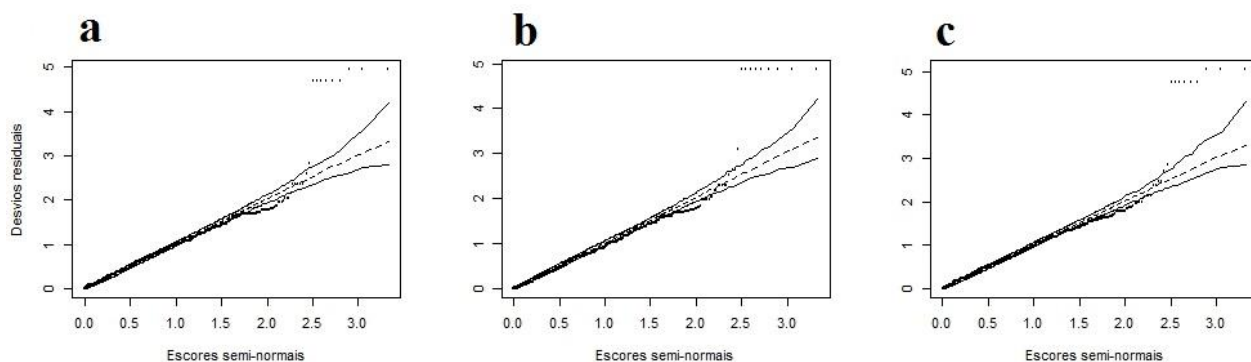


Fig 7. Desvios residuais x Escores semi-normais dos modelos para vespas não polinizadoras por área: **a** Binomial negativo isolando a área PEMG, **b** Binomial negativo isolando a área UEL e **c** Binomial negativo agrupando as três áreas intermediárias (MD, EEf e Ibiaci).

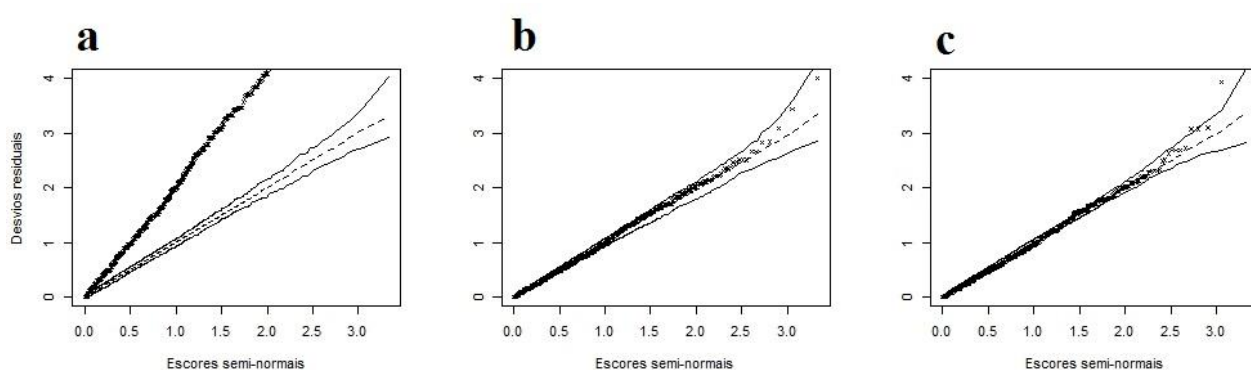


Fig 8. Desvios residuais x Escores semi-normais dos modelos para aquênios por área: **a** Poisson, **b** Quasi-Poisson e **c** Negativo Binomial.

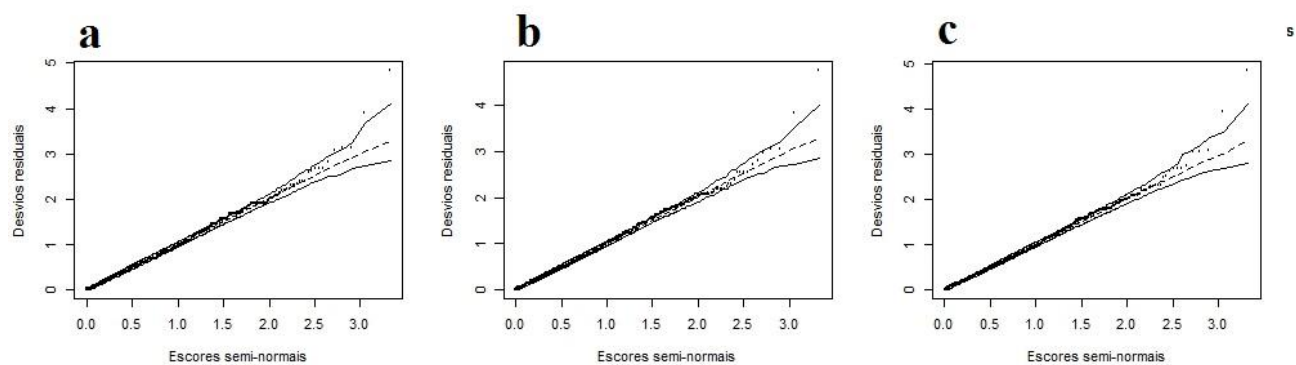


Fig 9. Desvios residuais x Escores semi-normais dos modelos para aquênios por área: **a** Binomial negativo isolando a área PEMG, **b** Binomial negativo isolando as áreas Ibiaci e UEL e **c** Binomial negativo agrupando as áreas intermediárias (Doralice e Ferraz) e as áreas menores (Ibiaci e UEL).

Tabelas

Tabela 1. Valores estimados, erro padrão e valor de p das variáveis (áreas) e graus de liberdade, desvio residual e dispersão de cada modelo para vespas fundadoras por área.

Fonte	Poisson			Quasi-Poisson			Negativo Binomial		
	Estimado	Erro Padrão	p-valor	Estimado	Erro Padrão	p-valor	Estimado	Erro Padrão	p-valor
(intercepto)	0,9478	0,0508	2×10^{-16}	0,9478	0,0637	2×10^{-16}	0,9478	0,0579	2×10^{-16}
MD	-0,1034	0,0738	0,161	-0,1030	0,0924	0,2260	-0,1034	0,0836	0,2080
EEF	0,0154	0,0716	0,381	0,0154	0,0897	0,4480	0,0154	0,0816	0,4320
Ibiaci	-0,4862	0,0824	0,140	-0,4860	0,1032	0,2020	-0,4862	0,0912	0,1850
UEL	0,0355	0,0713	0,618	0,0355	0,0892	0,6660	0,0355	0,0813	0,6560
g. l.	745			745			745,00		
Desvio Residual	844,35			844,35			625		

Tabela 2. LRT entre o modelo Poisson e o modelo nulo, das vespas Fundadoras.

Modelo	Desvio Residual	g. l.	LR stat (χ^2)	p-valor
Poisson	862,67	749		
Nulo	845,57	745	-6,1	0,19

Tabela 3. Correlações entre: vespas polinizadoras, vespas não polinizadoras e aquênios. * - valores menores que 0,05.

Correlações	Dados	Tipo de associação	p-valor	rho
Polinizadoras e Não polinizadoras	Total	Negativa	0,000568*	-0,1210491
Polinizadoras e Não polinizadoras	PEMG	Negativa	0,000258*	-0,2800951
Polinizadoras e Não polinizadoras	MD	Negativa	0,050240	-0,134624
Polinizadoras e Não polinizadoras	EEF	Negativa	0,181000	-0,074937
Polinizadoras e Não polinizadoras	Ibiaci	Positiva	0,445700	0,011241
Polinizadoras e Não polinizadoras	UEL	Negativa	0,00878*	-0,216469
Polinizadoras e Aquênios	Total	Negativa	0,484900	-0,001409
Polinizadoras e Aquênios	PEMG	Positiva	0,261200	0,052622
Polinizadoras e Aquênios	MD	Positiva	0,368900	0,027570
Polinizadoras e Aquênios	EEF	Negativa	0,007335*	-0,198929
Polinizadoras e Aquênios	Ibiaci	Negativa	0,005972*	-0,204782
Polinizadoras e Aquênios	UEL	Negativa	0,189700	0,080971
Não Polinizadoras e Aquênios	Total	Negativa	0,078540	-0,052787
Não Polinizadoras e Aquênios	PEMG	Negativa	0,479700	-0,004183
Não Polinizadoras e Aquênios	MD	Negativa	0,017250*	-0,1727579
Não Polinizadoras e Aquênios	EEF	Negativa	0,293200	-0,044768
Não Polinizadoras e Aquênios	Ibiaci	Negativa	0,147800	-0,044768
Não Polinizadoras e Aquênios	UEL	Positiva	0,143500	0,097982

Tabela 4. Valores estimados e erro padrão das áreas e graus de liberdade, desvio residual e dispersão de cada modelo para vespas polinizadoras por área.

Fonte	Poisson			Quasi-Poisson			Negativo Binomial		
	Estimado	Erro Padrão	p-valor	Estimado	Erro Padrão	p-valor	Estimado	Erro Padrão	p-valor
(intercepto)	3,9461	0,0113	2×10^{-16}	3,9461	0,0263	2×10^{-16}	3,9461	0,0289	2×10^{-16}
MD	-0,1120	0,0165	1×10^{-11}	-0,1120	0,0383	0,0036	-0,1119	0,0411	0,0064
EEF	-0,1709	0,0177	2×10^{-16}	-0,1708	0,0389	1×10^{-5}	-0,1708	0,0412	3×10^{-5}
Ibiaci	-0,1688	0,0181	2×10^{-16}	-0,1688	0,0388	1×10^{-5}	-0,1688	0,0412	4×10^{-5}
UEL	-0,3697	0,0192	2×10^{-16}	-0,3697	0,0441	2×10^{-16}	-0,3697	0,0442	2×10^{-16}
g. l.		715			715			715	
Desvio Residual		3977,7			3977,7			740,27	

Tabela 5. LRT entre o modelo binomial negativo e o modelo nulo, das vespas polinizadoras.

Modelo	Theta	2 x log-lik.	g. l.	LR stat (χ^2)	p-valor
Binomial negativo	7,37	-2761,34	749		
Nulo	8,71	-2717,12	745	44,22	$5,77 \times 10^{-9}$

Tabela 6. LRT entre o modelo binomial negativo completo e o modelo isolando a área PEMG, das vespas polinizadoras

Modelo	Theta	2 x log-lik.	g. l.	LR stat (χ^2)	p-valor
Binomial negativo	8,89	-6011,31	718		
Binomial negativo isolando PEMG	9,43	-5976,03	715	35,28	$1,06 \times 10^{-7}$

Tabela 7. LRT entre o modelo binomial negativo completo e o modelo isolando a área UEL, das vespas polinizadoras.

Modelo	Theta	2 x log-lik.	g. l.	LR stat (χ^2)	p-valor
Binomial negativo	9,07	-5998,73	718		
Binomial negativo isolando PEMG	9,43	-5976,03	715	22,7	$4,66 \times 10^{-5}$

Tabela 8. LRT entre o modelo binomial negativo completo e o modelo agrupando as áreas intermediárias, das vespas polinizadoras.

Modelo	Theta	2 x log-lik.	g. l.	LR stat (χ^2)	p-valor
Binomial negativo	9,39	-5978,65	717		
Binomial negativo agrupando áreas intermediárias	9,43	-5976,03	715	2,62	0,27

Tabela 9. Valores estimados e erro padrão das áreas e graus de liberdade, desvio residual e dispersão de cada modelo para vespas não polinizadoras por área.

Fonte	Poisson			Quasi-Poisson			Negativo Binomial		
	Estimado	Erro Padrão	p-valor	Estimado	Erro Padrão	p-valor	Estimado	Erro Padrão	p-valor
(intercepto)	3,5926	0,0136	2×10^{-16}	3,5926	0,0374	2×10^{-16}	3,5926	0,0369	2×10^{-16}
MD	0,3610	0,0177	2×10^{-16}	0,3610	0,0487	0,0036	0,3610	0,0517	0,0064
EEF	0,2233	0,0182	2×10^{-16}	0,2233	0,0502	1×10^{-5}	0,2233	0,0519	3×10^{-5}
Ibiaci	0,29572	0,0179	2×10^{-16}	0,2957	0,0494	1×10^{-5}	0,2957	0,0518	4×10^{-5}
UEL	0,0768	0,0199	0,0001	0,0768	0,0549	2×10^{-16}	0,0768	0,0553	2×10^{-16}
g. l.		715			715			715	
Desvio Residual		5766,3			5766,3			804,34	

Tabela 10. Análise de variância (ANOVA) entre o modelo binomial negativo e o modelo nulo, das vespas não polinizadoras.

Modelo	Theta	2 x log-lik.	g. l.	LR stat (χ^2)	p-valor
Binomial negativo	5,10	-6349,90	719		
Nulo	5,65	-6288,02	715	61,89	$1,16 \times 10^{-12}$

Tabela 11. Análise de variância (ANOVA) entre o modelo binomial negativo completo e o modelo isolando a área PEMG, das vespas não polinizadoras.

Modelo	Theta	2 x log-lik.	g. l.	LR stat (χ^2)	p-valor
Binomial negativo	5,39	-6316,26	718		
Binomial negativo isolando PEMG	5,65	-6288,02	715	28,24	$3,22 \times 10^{-6}$

Tabela 12. Análise de variância (ANOVA) entre o modelo binomial negativo completo e o modelo isolando a área UEL, das vespas não polinizadoras.

Modelo	Theta	2 x log-lik.	g. l.	LR stat (χ^2)	p-valor
Binomial negativo	5,19	-6339,62	718		
Binomial negativo isolando UEL	5,65	-6288,02	715	51,6	$3,64 \times 10^{-11}$

Tabela 13. Análise de variância (ANOVA) entre o modelo binomial negativo completo e o modelo agrupando as áreas intermediárias, das vespas não polinizadoras.

Modelo	Theta	2 x log-lik.	g. l.	LR stat (χ^2)	p-valor
Binomial negativo	5,58	-6295,17	717		
Binomial negativo agrupando áreas intermediárias	5,65	-6288,02	715	7,15	0,2793

Tabela 14. Valores estimados e erro padrão das áreas e graus de liberdade, desvio residual e dispersão de cada modelo para aquênios por área.

Fonte	Poisson			Quasi-Poisson			Negativo Binomial		
	Estimado	Erro Padrão	P-valor	Estimado	Erro Padrão	P-valor	Estimado	Erro Padrão	P-valor
(intercepto)	3,7898	0,0123	2×10^{-16}	3,7898	0,0249	2×10^{-16}	3,7898	0,0264	2×10^{-16}
MD	-0,0743	0,0177	3×10^{-5}	-0,0743	0,0359	0,0390	-0,0743	0,0376	0,0483
EEF	-0,0775	0,0177	1×10^{-5}	-0,0775	0,0359	0,0313	-0,07751	0,0376	0,0393
Ibiaci	-0,1692	0,0181	2×10^{-16}	-0,1692	0,0368	5×10^{-6}	-0,1692	0,0378	8×10^{-6}
UEL	-0,15263	0,0192	2×10^{-15}	-0,1526	0,0390	0,0001	-0,15263	0,0401	0,0001
g. l.	715			715			715		
Desvio Residual	3042,7			3042,7			740,3		

Tabela 15. Análise de variância (ANOVA) entre o modelo binomial negativo e o modelo nulo, dos aquênios.

Modelo	Theta	2 x log-lik.	g. l.	LR stat (χ^2)	p-valor
Binomial negativo	11,56	-5753,16	719		
Nulo	12,10	-5728,53	715	24,62	$5,99 \times 10^{-5}$

Tabela 16. Análise de variância (ANOVA) entre o modelo binomial negativo completo e o modelo isolando a área PEMG, dos aquênios.

Modelo	Theta	2 x log-lik.	g. l.	LR stat (χ^2)	p-valor
Binomial negativo	11,89	-5738,33	718		
Binomial negativo isolando PEMG	12,10	-5728,53	715	9,79	0,0204

Tabela 17. Análise de variância (ANOVA) entre o modelo binomial negativo completo e o modelo isolando as áreas Ibiaci e UEL, dos aquênios.

Modelo	Theta	2 x log-lik.	g. l.	LR stat (χ^2)	p-valor
Binomial negativo	11,97	-5734,15	718		
Binomial negativo isolando Ibiaci e UEL	12,10	-5728,53	715	5,62	0,13

Tabela 18. Análise de variância (ANOVA) entre o modelo binomial negativo completo e o modelo agrupando as áreas intermediárias e menores, dos aquênios.

Modelo	Theta	2 x log-lik.	g. l.	LR stat (χ^2)	p-valor
Binomial negativo	12,09563	-5728,71	717		
Binomial negativo agrupando áreas intermediárias	12,09947	-5728,53	715	0,17	0,9164