

Artigo

Estrutura da rede de interações entre abelhas e plantas melitófilas em uma área de restinga do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses – Brasil

Structure of the network of interactions between bees and melitophilous plants in a sandbank area of the Lençóis Maranhenses National Park - Brazil

urn:lsid:zoobank.org:pub:98AC1BCA-92B5-47DD-8C50-CDFEACFF8589

Luana Fontoura Gostinski¹, Gracy Chrisley Alencar Carvalho², Márcia Maria Corrêa Rêgo³ e Patrícia Maia Correia de Albuquerque⁴

¹Programa de Pós-Graduação Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal – Rede Bionorte, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, SN, Campus do Bacanga, São Luís, Maranhão (MA), Brasil, 65070-080. E-mail: lufontoura@gmail.com

²Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, SN, Campus do Bacanga, São Luís, Maranhão (MA), Brasil, 65070-080.

^{3,4}Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Biologia, Laboratório de Estudos sobre Abelhas, Av. dos Portugueses, SN, Campus do Bacanga, São Luís, Maranhão, Brasil, 65070-080. E-mail: mmmrego@gmail.com; patemaia@gmail.com

Abstract

The interaction between bees and plants guarantees the maintenance of the existing ecosystems. The melittophilous flora were characterized regarding their habits, provided resources, pollination syndrome, flowering, and visitor bees. The collections were performed monthly in two consecutive days (12-18h on the first day and 06-12h on the second), during a year. The sampled area was divided by a transection line, walked at a slow pace by two collectors simultaneously. It were sampled 58 plant species, among which 35 were visited by 926 bee specimens. The most frequent species of bees were *Trigona* sp. cf. *fulviventris*, *Xylocopa cearensis*, *Apis mellifera*, *Plebeia* cf. *flavocincta*, *Centris aenea* and *Centris caxiensis*. The most visited families were Lythraceae, Malpighiaceae, Turneraceae, Asteraceae and Ochnaceae. The individuals with arboreal and shrubby habits were predominant. The floral composition showed that the melittophily was the most frequent syndrome and the most used floral resources were pollen and nectar. The network established shows heterogeneity, asymmetry and a strong degree of nesting, where a high number of plants were visited by a low number of bees and a lot of bees visited a few number of plants.

Additional keywords: Floral visitors; mutualistic relationships; pollination.

Introdução

As abelhas são consideradas os principais agentes polinizadores em diferentes ambientes (Roubik 1979). Elas garantem a reprodução e o fluxo gênico de muitas espécies vegetais, merecendo destaque na busca pelo seu conhecimento e conservação (Krug e Alves-dos-Santos 2008). Por outro lado, elas são dependentes das

plantas para obtenção de recursos florais como forma de alimento e materiais vegetais para estruturação de substrato de nidificação (Gullan e Cranston 2008). As plantas quando floridas também utilizam alguns recursos para atração de polinizadores, como fragrância, coloração, tipos de recompensas (pólen, néctar ou óleo) ou tamanho (Niesenbaum et al. 1998, Endress 1998).

Recibido: 14-VII-2016, Aceptado: 2-V-2017

GOSTINSKI LF, CARVALHO GCA, RÊGO MMC, ALBUQUERQUE PMC. 2019. Estrutura da rede de interações entre abelhas e plantas melitófilas em uma área de restinga do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses – Brasil. ENTOMOTROPICA, 34 : 13-23.

on line Septiembre-2020

Esses mecanismos tornam esta relação mutualística importante para a preservação, manutenção e regeneração dos ecossistemas naturais (Alves-dos-Santos 1999).

Muitos estudos têm focado no mutualismo entre animais e plantas, dando ênfase a análise de redes de interações (*networks*) (Bascompte et al. 2003, Pigozzo e Viana 2010, Genini et al. 2010, Rodrigues 2011). Para melhor entendimento do funcionamento destas interações utilizam-se teias ditróficas, que consideram dois níveis tróficos, um como recurso e outro como consumidor (Lewinsohn et al. 2006b). Esta é uma abordagem mais interativa para a construção de hipóteses mais consistentes sobre o funcionamento da comunidade em um ecossistema (Biesmeijer et al. 2005, Pigozzo e Viana 2010). O entendimento das relações mutualísticas já mencionadas é de extrema importância para a conservação de polinizadores, plantas nativas e, conseqüentemente, dos recursos biológicos de um ecossistema (Memmott et al. 2007, Rodarte et al. 2008, Imperatriz-Fonseca 2010).

No Maranhão, trabalhos contemplando a relação entre planta-abelha tiveram início quando Gottberger et al. (1988) estudaram a interação entre plantas e seus visitantes na vegetação de dunas na ilha de São Luís. Posteriormente, poucos trabalhos de composição florística foram efetuados, dentre eles Gonçalves et al. (1996) em mata secundária de Alcântara, Albuquerque et al. (2007) em restinga e dunas de São Luís, e Rêgo e Albuquerque (2006) em um estudo de caso sobre visitantes florais de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth no Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses. Desta forma, o presente trabalho vem contribuir com o conhecimento da diversidade de plantas melitófilas e abelhas visitantes, caracterizando também a estrutura da comunidade e organização da rede de interações entre polinizadores e plantas estabelecidas na restinga do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, uma localidade ainda pouco estudada na região nordeste do Brasil.

Material e Métodos

Local de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido em uma reserva particular de restinga de 200 ha, situada às margens do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (PNLM), no município de Barreirinhas (lat -2°43'22,5" S, long -42°49'50"O), Maranhão, Brasil.

O clima do PNLM é caracterizado como semi-úmido, com precipitação média anual de 1800 mm e temperatura média superior a 25°C (Maranhão 2002). O solo é do tipo podzólico acinzentado (EMBRAPA 1986) e a vegetação predominante é a restinga, ressaltando-se ainda o manguezal, a mata ciliar e o cerrado, componentes em pequena proporção do total da área (MMA/IBAMA 2002).

Amostragem

As coletas foram realizadas durante 12 meses, de agosto/2009 a julho/2010, abrangendo o período chuvoso (dezembro-julho) e seco (agosto-novembro). Foram efetuadas por dois coletores em meio período durante dois dias consecutivos, das 12h às 18h no primeiro dia e das 6h às 12h no segundo, totalizando 288 horas de amostragem. Foi estabelecida na área de coleta uma linha de transecção de aproximadamente 450m que foi percorrida adentrando a vegetação nas margens direita e esquerda por cerca de 50m. A amostragem dos visitantes florais foi efetuada segundo o método de Sakagami et al. (1967) e Camargo e Mazucato (1984). As abelhas coletadas com uso de redes entomológicas, foram mortas em câmaras contendo acetato de etila e transferidas para sacos plásticos individuais identificados com número/nome da planta coletada, horário de captura, data e nome do coletor. As plantas floridas visitadas ou não foram coletadas e herborizadas para identificação e inclusão no Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi e Herbário do Departamento de Biologia da UFMA (MAR).

Os dados climáticos de temperatura foram obtidos junto ao Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão, referentes à estação de Urbano Santos, localizada a aproximadamente 85 km da área de coleta. Já a precipitação, foi fornecida pelo Programa de Monitoramento Climático em Tempo Real na Região Nordeste (CPTEC 2012).

Análise de dados

Estrutura da comunidade

Os dados referentes às abelhas, as plantas floridas (família, gênero, espécie, dia e hora de coleta) e os dados climáticos foram registrados em um banco de dados. Para calcular a abundância relativa (%) dos visitantes, nas espécies vegetais predominantemente visitadas, e seus limites de confiança, foi utilizado o método de probabilidade de

Kato et al. (1952) citado em Laroca (1995).

As espécies vegetais foram classificadas quanto ao hábito (arbóreo, arbustivo, herbáceo e liana) (Souza e Lorenzi 2005) e quanto ao recurso floral produzido (néctar, pólen, resina e óleo).

O índice de Sorensen (Southwood 1980) foi aplicado para análise da similaridade entre ecossistemas análogos, como as dunas de Abaeté - Bahia (Viana *et al.* 2006), praia de São Marcos - São Luís - Maranhão (Albuquerque *et al.* 2007) e a restinga de Linhares - Espírito Santo (Colodete e Pereira 2007). Este índice considera dados binários (presença/ausência), dado pela fórmula: $CA = [2c / (a+b)] \times 100$, onde CA é o coeficiente de associação, c é o número de espécies comuns às duas amostras, a é o número de espécies da amostra 1 e b o número de espécies da amostra 2. Os cálculos foram efetuados pelo programa PAST –Paleontological STatistics 2.0 (Hammer *et al.* 2001).

Estrutura da rede

Para análise da rede de interações utilizaram-se os dados de espécies vegetais e abelhas visitantes, pelo programa Pajek (Program for Large Network Analysis – Batagelj e Mrvar 1998). Para a descrição da rede de forma qualitativa, foram utilizadas as métricas: tamanho da rede (S), conectância (C), grau médio para plantas ($\langle L_m \rangle$) e animais ($\langle L_m \rangle$), e índices de aninhamento (N e NODF), conforme Jordano (1987), e Bascompte e Jordano (2006). O tamanho da rede (S) mede o número de componentes da rede, dado pela fórmula $S=P+A$, onde P é o número de espécies de plantas e A o número de espécies de animais. A conectância foi dada pela fórmula $C= E/A.P$, onde E representa o número de interações observadas. Esta métrica visa analisar a proporção das conexões de fato observadas. O grau médio para plantas, assim como para animais, foi obtido pela média aritmética do grau de todas as espécies vegetais (ou animais), onde o grau é representado pelo número de interações em que cada espécie esteve envolvida.

O grau de aninhamento foi medido pela fórmula $N= (100-T/100)$, onde T é a temperatura da rede e os resultados próximos a 1 indicam alto nível de aninhamento, e os próximos a 0 ausência dele (Bascompte *et al.* 2003). O índice de aninhamento foi determinado por duas métricas. A primeira foi a temperatura (T), utilizada

para avaliar o grau de desordem de uma matriz binária (Atmar e Paterson 1993), o seu valor varia de 0° (matriz perfeitamente aninhada) a 100° (matriz não aninhada). A segunda métrica é o NODF (*Nestedness metric based on Overlapping and Decreasing Fill* – Métrica de aninhamento baseada na sobreposição pareada e no número decrescente de conexões), para avaliação do grau de sobreposição e preenchimento entre linhas e colunas pareadas em uma matriz de adjacência (Almeida-Neto *et al.* 2008), utilizou-se o modelo nulo (ER) devido à hipótese de Vázquez et al. (2007) de que os indivíduos interagem de forma aleatória com diferentes abundâncias e frequências. Estes índices foram medidos pelo programa Aninhado 3.0 (Guimarães e Guimarães 2006).

Resultados

Estrutura da comunidade

Foram amostradas 58 espécies vegetais floridas na área de estudo. Um total de 926 indivíduos representantes de 44 espécies de abelhas foram coletados visitando 35 espécies de plantas, estas pertencentes a 20 famílias (Tabela 1), principalmente Lythraceae (21,5% dos visitantes; 2 espécies vegetais), Malpighiaceae (21,2%; 4), Turneraceae (17,2%; 1), Asteraceae (9,3%; 1) e Ochnaceae (5,8%; 1) (Tabela 2). A maioria das famílias foi representada por apenas uma espécie de planta e a maior riqueza foi encontrada para a família Fabaceae (Tabela 1).

As espécies predominantemente visitadas foram *Cuphea mimuloides* (20,3%), *Piriqueta cistoides* (17%), *Stigmaphyllon paralias* (9,7%), *Byrsonima crassifolia* (9,4%), *Lepidaploa rufogrisea* (9,3%), *Ouratea recemiformis* (5,8%), *Myrcia sylvatica* (3,2%), *Hymenaea parviflora* (3,2%), *Maytenus* sp. (2,5%) e *Neea* sp. (2,5%), distribuídas em nove famílias, representando 28,6% da flora melitófila. Nestas espécies foram coletados 83% do total de indivíduos visitantes (Tabela 2).

A composição florística em espécies apresentou baixa similaridade comparada a ecossistemas similares, com variação de 0,02 a 0,07, ocorrendo um aumento expressivo quando analisados os gêneros (de 0,14 a 0,30) e, principalmente, entre as famílias (de 0,35 a 0,46). A localidade de maior similaridade florística foi Abaeté – BA. Quanto ao hábito, as espécies arbustivas foram predominantes, totalizando 40%, seguido de herbáceas (34,3%), arbóreas (22,8%) e lianas (2,8%). Em relação

Tabela 1. Espécies melitófilas encontradas na restinga de Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, entre agosto/2009 a julho/2010, com caracterização do hábito, recurso floral, síndrome da polinização e cor da corola. Hábito: árvore (Av), arbusto/subarbusto (Arb), erva (Er) e liana (Li); Recurso floral: pólen (P), néctar (N), óleo (O) e resina (R); Síndrome: melitofilia (Mel), quiropterofilia (Quir), anemofilia (Ane), ornitofilia (Orn) e entomofilia (EG); Cor da corola: lilás (L), amarela (Am), branca (Br) e róseo-avermelhado (Ro); não determinado (-).

Código	Família	Espécie	Hábito	Recurso floral	Síndrome	Cor da corola
Ac	Anacardiaceae	<i>Anacardium microcarpum</i> D.	Av	N	Mel	Ro
Ha	Apocynaceae	<i>Himatanthus articulatus</i> (Vahl) Woodson	Av	N	Quir	Br
Vf	Asteraceae	<i>Lepidaploa rufogrisea</i> (A.St.-Hil.) H. Rob.	Arb	N	Mel	L
Msp	Celastraceae	<i>Maytenus</i> sp.	Arb	N – P	EG	Br
Im	Convolvulaceae	<i>Turbina cordata</i> (Choisy) D.F. Austin & Staples	Er	N	Mel	Am
Rb	Cyperaceae	<i>Rhynchospora barbata</i> (Vahl) Kunth	Er	P	Ane	Br
Cen	Fabaceae	<i>Centrosema</i> sp.	Li	N	Mel	L
Cr		<i>Chamaecrista ramosa</i> (Vogel) H.S. Irwin & Barneby	Er	N	Mel	Am
Hp		<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber	Av	P	Mel	Br
Pm		<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	Arb	N	Mel	L
Ssp		<i>Senna</i> sp.	Er	P – N	Mel	Am
As		<i>Stylosanthes angustifolia</i> Voguel	Er	N	Mel	Am
Tc	Gentianaceae	<i>Tetrapollinia caerulea</i> (Aubl.) Maguire & B.M. Boom	Er	P	-	Am
Hb	Humiriaceae	<i>Humiria balsamifera</i> (Aubl.) J.St.-Hil.	Av	P – N	Mel	Br
Psp	Loranthaceae	<i>Phthirusa</i> sp.	Arb	N	Orn	Br
Ct	Lythraceae	<i>Cuphea mimuloides</i> Cham. & Schltdl.	Arb	N	Mel	Br
Csp		<i>Cuphea</i> sp.	Arb	N	Mel	L
Bch	Malpighiaceae	<i>Byrsonima chrysophylla</i> Kunth	Av	O – P	Mel	Br
Bcr		<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Av	O – P	Mel	Am
Hsp		<i>Heteropterys</i> sp.	Av	O – P	Mel	Am
Sp		<i>Stigmaphyllon paralias</i> A. Juss.	Arb	O – P	Mel	Am
Cl	Melastomataceae	<i>Comolia villosa</i> (Aubl.) Triana	Er	P	Mel	L
Ma		<i>Mouriri acutiflora</i> Naudin	Arb	P – N	Mel	Br
Esp	Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.	Arb	P	Mel	Br
Ms		<i>Myrcia sylvatica</i> (G. Mey.) DC.	Arb	P	Mel	Br
Nsp	Nyctaginaceae	<i>Neea</i> sp.	Arb	N	Mel	Br
Or	Ochnaceae	<i>Ouratea racemiformis</i> Ule	Arb	P	Mel	Am
Cra	Polygalaceae	<i>Coccoloba ramosissima</i> Wedd.	Av	N	Mel	Br
Pv		<i>Polygala trichosperma</i> Jacq.	Er	N	Mel	L
Bsp	Rubiaceae	<i>Borreria</i> sp.	Er	N	Mel	Br
Ph		<i>Perama hirsuta</i> Aubl.	Er	N	Mel	Am
Pc	Turneraceae	<i>Piriqueta cistoides</i> (L.) Griseb.	Arb	N	Mel	Am
Xp	Xyridaceae	<i>Xyris paraensis</i> Poepp. Ex Kunth	Er	P	Mel	Am
Ind		Indeterminada	Arb	-	-	Br
In		Indeterminada	Er	-	-	Br

Tabela 2. Flora melitófila e número de abelhas visitantes entre agosto 2009 e julho 2010 na restinga do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses.

Espécie vegetal	Meses												Visitantes	
	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	Indiv.	Spp.
<i>Anacardium microcarpum</i>	4	14											18	10
<i>Himatanthus articulatus</i>			2		7	1							10	3
<i>Lepidaploa rufogrisea</i>										24	55	7	86	14
<i>Maytenus</i> sp.		7	9	1								6	23	3
<i>Turbina cordata</i>									1	2		1	4	4
<i>Rhynchospora barbata</i>		2	3										5	2
<i>Chamaecrista ramosa</i>								1					1	1
<i>Centrosema</i> sp.										1			1	1
<i>Hymenaea parvifolia</i>				28	1								29	4
<i>Senna</i> sp.											2	5	7	2
<i>Periandra mediterranea</i>	1												1	1
<i>Stylosanthes angustifolia</i>									1				1	1
<i>Tetrapollinia caerulea</i>										1			1	1
<i>Humiria balsamifera</i>			5	6									11	3
<i>Phthirusa</i> sp.					14								14	3
<i>Cuphea mimuloides</i>	13	2					62	25	78	8			188	20
<i>Cuphea</i> sp.			1			10							11	4
<i>Byrsonima chrysophylla</i>							2			3			5	2
<i>Byrsonima crassifolia</i>	55	24	5		1	1		1					87	11
<i>Heteropterys</i> sp.			1	1	10	1					1		14	6
<i>Stigmaphyllon paralias</i>						15	4	7	8	8	4	44	90	4
<i>Mouriri acutiflora</i>											1		1	1
<i>Comolia villosa</i>							7	1	3	1			12	3
<i>Eugenia</i> sp.				11									11	1
<i>Myrcia sylvatica</i>		1	29										30	5
<i>Neea</i> sp.						23							23	6
<i>Ouratea recemiformis</i>			11	17	19	4	3						54	16
<i>Coccoloba ramosissima</i>									10				10	2
<i>Polygala trichosperma</i>	1												1	1
<i>Borreria</i> sp.	1							4				7	12	4
<i>Perama hirsuta</i>	1												1	1
<i>Piriqueta cistoides</i>		1						2	15	44	59	37	158	16
<i>Xyris paraensis</i>	3												3	3
Indeterminada									1				1	1
Indeterminada	1											1	2	2
Total de espécies floridas	9	7	9	6	6	7	5	6	9	10	6	8	926	49
Total de visitantes	80	51	66	64	52	55	78	41	117	92	122	108		

à cor, as flores da restinga do PNLM se apresentaram principalmente como brancas (45,7%) e amarelas (34,2%), seguidas de lilases (17,1%) e róseo-avermelhadas (2,8%). A melitofilia se destacou como a síndrome floral mais frequente, sendo os principais recursos disponibilizados pelas flores o néctar e o pólen, 48,6% e 22,9%, respectivamente (Tabela 1).

Vários padrões de florescimento foram constatados na restinga do PNLM. A espécie *C. mimuloides* apresentou dois picos de floração, o primeiro de fevereiro a março e

o segundo de agosto a setembro, diferindo de *P. vissoides* que esteve florida de março a setembro. Já *S. paralias*, *B. crassifolia* e *O. recemiformis* tiveram períodos de floração superiores a cinco meses. No geral poucas espécies apresentaram longos períodos de floração, sendo que a maioria das espécies botânicas floresceu por cerca de dois a três meses. O maior número de plantas floridas ocorreu de agosto a outubro e de abril a julho; o segundo período coincide com o maior número de visitantes coletados e também com o período chuvoso (Figura 1).

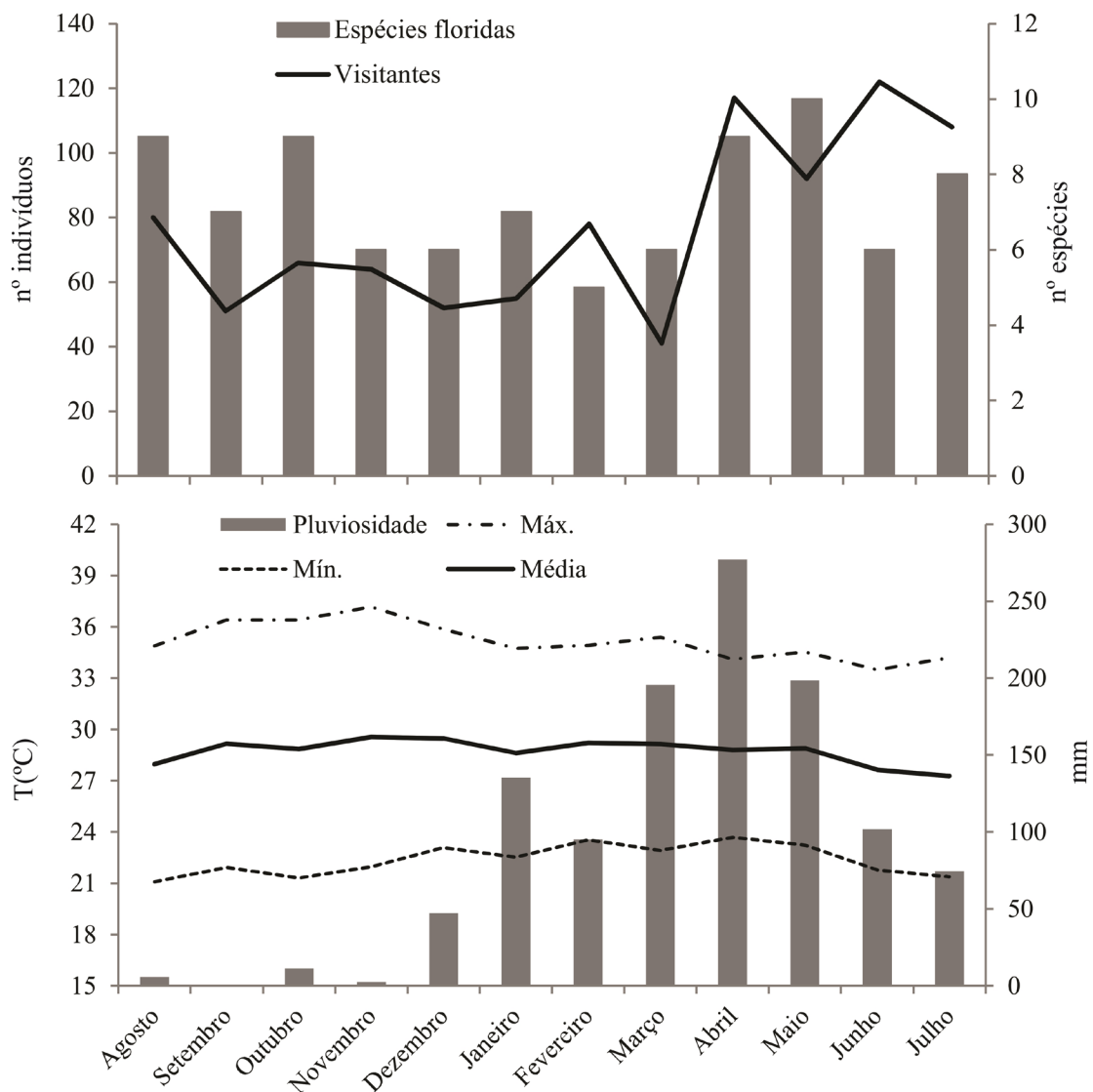


Figura 1. Número de espécies floridas, número de visitantes e variação dos parâmetros climáticos (temperaturas média, máxima e mínima; pluviosidade) observados no período de agosto/2009 a julho/2010 na restinga do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses.

Estrutura da rede de interações

O tamanho da rede de interações entre plantas (A) e abelhas (B) estabelecida na área foi de 79 (S), composta por 44 espécies de abelhas e 35 espécies de plantas, possibilitando a ocorrência de 1.505 interações. No entanto, apenas 154 interações foram observadas, com conectância (C) de 10,23% (Figura 2).

As espécies de abelhas que interagiram com maior número de plantas foram: *Trigona* sp. cf. *fulviventris* Guérin, 1835 (26; 16,9%), *Xylocopa cearensis* Ducke, 1910 (12; 7,8%), *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (11; 7,14%), *Plebeia* cf. *flavocincta* (Cockerell 1912) (9; 5,8%), *Centris aenea* Lepeletier, 1841

e *Centris caxienseis* Ducke, 1907 (8; 5,2% cada).

O grau encontrado para as abelhas variou de 1 a 26 espécies de plantas visitadas, com o grau médio para a comunidade de 3,58 interações. Em relação às plantas, o grau variou de 1 a 18 espécies de abelhas, sendo o grau médio para a comunidade vegetal de 4,4. Vale destacar que 10 plantas foram visitadas por apenas uma espécie de abelha e outras 10 receberam um número de visitantes acima da média.

O grau de aninhamento (N) para a rede foi de 0,906. Já a temperatura (T) foi de 0,941 ($p < 0,001$) e o NODF, quando comparado ao modelo nulo ER, foi de 10,55 ($p < 0,001$), indicando o aninhamento da rede.

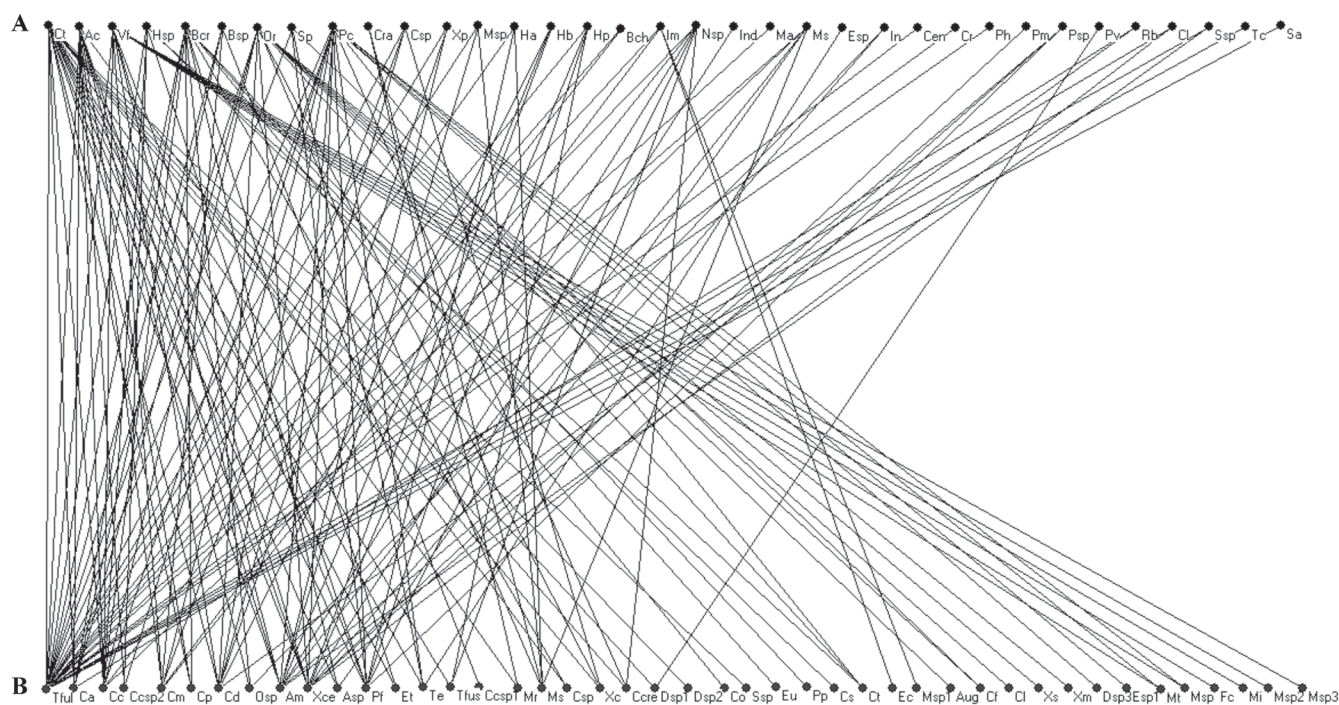


Figura 2. Rede ditrófica: interações entre espécies de plantas (A) e de abelhas (B) no Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, no período entre agosto de 2009 a julho de 2010; os vetores indicam as interações entre as espécies. Abelhas (B): *Apis mellifera* (Am); *Anthophora* sp. (Asp); *Augochlora* sp. (Aug); *Centris byrsonimae* (Ca); *Centris caxienseis* (Cc); *Ceratina* (*Crewella*) sp.2 (Ccre); *Ceratina* (*Ceratinula*) sp.1 (Ccsp1); *Ceratina* (*Ceratinula*) sp.2 (Ccsp2); *Centris aenea* (Cd); *Centris flavifrons* (Cf); *Centris lutea* (Cl); *Ceratina maculifrons* (Cm); *Centris obsoleta* (Co); *Centris* aff. *pulchra* (Cp); *Centris sponosa* (Cs); *Centris* sp. 1 (Csp); *Centris trigonoides* (Ct); *Dialictus* sp.1 (Dsp1); *Dialictus* sp.2 (Dsp2); *Dialictus* sp.3 (Dsp3); *Englossa carolina* (Ec); *Eufriesea* sp.1 (Esp1); *Epanthidium tigrinum* (Et); *Epicharis* aff. *umbraculata* (Eu); *Florilegus* (*Florilegus*) cf. *condignus* (Fc); *Megachile inscita* (Mi); *Melipona* (*Michmelia*) sp. cf. *rufiventris* (Mr); *Melipona subnitida* (Ms); *Megachile* (*Pseudocentron*) sp.1 (Msp); *Megachile* sp.1 (Msp1); *Megachile* sp.2 (Msp2); *Megachile* sp.3 (Msp3); *Megachile* (*Pseudocentron*) cf. *terrestris* (Mt); *Odyneropsis* sp. (Osp); *Plebeia* cf. *flavocincta* (Pf); *Pseudaugochlora pandora* (Pp); *Sarantidium* sp. (Ssp); *Trigonisca extrema* (Te); *Trigona* sp. cf. *fulviventris* (Tful); *Trigona fuscipennis* (Tfus); *Xylocopa carbonaria* (Xc); *Xylocopa cearensis* (Xce); *Xylocopa muscaria* (Xm); *Xylocopa suspecta* (Xs).

Discussão

Estrutura da comunidade

A família Fabaceae, juntamente com Rubiaceae, Melastomataceae, Myrtaceae e Malpighiaceae, possuem destaque em formações vegetais pertencentes ao domínio atlântico, onde apresentam elevada riqueza e abundância, sendo importantes elementos florísticos em ambientes costeiros, como representado neste trabalho (Viana *et al.* 2006, Dionísio *et al.* 2010). Estas famílias possuíram uma maior riqueza de espécies observada em áreas de estudo similares, a exemplo de Abaeté – BA (Viana *et al.* 2006), Linhares – ES (Colodete e Pereira 2007) e São Marcos – MA (Albuquerque *et al.* 2007).

Dentre as plantas mais visitadas, algumas apresentam ampla distribuição geográfica, como *P. cistoides*, *M. sylvatica* e *S. paralias*. Outras espécies são encontradas somente em ambientes costeiros e cerrado, como *C. mimuloides*, *L. rufogrisea* e *B. crassifolia*, ou amazônicos, como *H. parviflora* e *O. racemiformis* (Forzza *et al.* 2013). Tal fato demonstra a integração de ecossistemas que influenciam na formação vegetal da restinga do PNLM.

A maior proporção de espécies com hábito arbustivo e herbáceo nas restingas está intimamente relacionada à variação dos fatores abióticos presentes, como nível de nutrientes e salinidade, substrato arenoso, profundidade do lençol freático, regime hídrico e proximidade a dunas, praias ou manguezais (Henriques *et al.* 1986). O resultado observado no presente estudo coincide com aquele encontrado em dunas do Nordeste, como observado em Abaeté– BA (Viana *et al.* 2006) e São Marcos– MA (Albuquerque *et al.* 2007).

A visão das abelhas é denominada tricomática, sendo influenciada pela radiação UV e comprimento de onda, fazendo com que estes animais tenham preferência pelas flores de coloração branca, amarela e violeta-azuladas, pois são percebidas com maior facilidade sendo mais atraentes (Roubik 1992). Este padrão foi observado na restinga do PNLM, onde a visitação foi maior em flores de coloração branca e amarela, coincidindo também com as colorações mais disponíveis encontradas no local.

O número de espécies melitófilas foi elevado, totalizando 60% das espécies amostradas na área. O mesmo ocorreu nos estudos em Abaeté– BA (Viana *et al.* 2006) e São Marcos– MA (Albuquerque *et al.* 2007), onde 68 e 78% das espécies foram visitadas por abelhas, respectivamente.

O período de floração encontrado no PNLM difere dos resultados observados em outras regiões do Nordeste (Viana *et al.* 2006, Albuquerque *et al.* 2007). Contudo, apresentou características similares aos encontrados em outros ecossistemas tropicais, como na floresta tropical da Costa Rica e no cerrado de Ribeirão Preto (Heithaus 1979, Anacleto e Marchini 2005), onde a maioria das espécies floresceu por um período curto. Isso sugere a hipótese de que tal fato provavelmente ocorreu pelas características pluviométricas singulares nos anos de amostragem (2009-2010), decorrido do fenômeno El Niño considerado de forte intensidade, que trouxe um intenso regime de estiagem para o Nordeste do Brasil (Coutinho *et al.* 2010).

Estrutura da rede de interações

A rede de interações entre abelha-plantas encontrada para a restinga do PNLM foi caracterizada como heterogênea, com a conectância (C) de 10,23%, similar às estabelecidas em áreas de dunas do Nordeste, como em São Marcos - MA (Albuquerque *et al.* 2007), onde 9,09% das 1.155 interações possíveis foram estabelecidas, e, pouco maior, para Abaeté - BA (Viana e Kleinert 2005), na qual 13,9% das 1.044 interações foram estabelecidas. Os resultados da caatinga de Canudos (Pigozzo e Viana 2010) também seguem o mesmo padrão, onde foram estabelecidas 296 das 2.800 interações possíveis, com C = 10,6%. Este padrão é esperado para redes ditróficas de interações mutualísticas que resulta numa rede truncada, que demonstra apenas algumas partes das interações (Bascompte *et al.* 2006, Bascompte e Jordano 2007).

A heterogeneidade da rede também é discutida por Biesmeijer *et al.* (2005), ao analisarem 27 redes de interação entre abelhas sociais e fontes alimentares em diferentes ecossistemas brasileiros. Eles observaram apenas uma área onde a conectância foi inferior a 10,23%, demonstrando que apenas uma parte das interações possíveis se realizou, assim como nos ecossistemas acima discutidos. Contudo, as espécies sociais possuem hábito generalista com nicho mais amplo que as espécies solitárias, possibilitando a visitação de uma maior riqueza de plantas.

Algo semelhante ocorre na restinga do PNLM, onde as espécies sociais *T. sp. cf. fulviventris*, *A. mellifera* e *P. flavocincta* possuíram uma dimensão de nicho ampla, demonstrando certo grau de generalismo. Contudo, algumas espécies solitárias (*X. cearensis*, *C. aenea* e *C. caxiensis*) seguiram a

mesma tendência, sugerindo que possivelmente ocorra um padrão sazonal de florescimento e frutificação, onde as plantas se substituem gradualmente e seus visitantes florais acompanham em sucessão temporal (Lewinsohn *et al.* 2006b), visitando assim, grande número de plantas durante o ano.

Segundo Westrich (1990) o mesmo padrão ocorre em ambientes temperados onde espécies de plantas são visitadas por abelhas sociais e solitárias com mesma magnitude. Já May (1975) acrescenta que o tempo de ocorrência/floração das espécies vegetais pode determinar o número de interações e que espécies de abelhas mais abundantes ou mais frequentes tem contato com indivíduos de muitas outras espécies, o que ocorreu na restinga do PNLM, onde as espécies de abelhas listadas acima foram presentes em vários meses de coleta e foram mais abundantes.

O grau médio para as plantas e abelhas não ultrapassou cinco interações interespecíficas, demonstrando que as interações estabelecidas no PNLM foram assimétricas. Padrão similar foi detectado na caatinga de Canudos – BA (Pigozzo e Viana 2010), onde as interações foram concentradas em apenas 10 espécies botânicas e seis espécies de abelhas. Já na restinga do mesmo Estado, dentre 66 espécies amostradas em Abaeté - BA, 79,4% das relações foram estabelecidas com apenas 12 espécies vegetais (Viana *et al.* 2006); e na restinga de São Marcos - MA, 67% da visitação ocorreu em apenas quatro espécies de plantas (Albuquerque *et al.* 2007). Essa assimetria da rede é sugerida por Vázquez *et al.* (2007) como resultante da interação aleatória dos indivíduos de uma comunidade.

Apesar das diferenças nas relações estabelecidas pelas espécies, no PNLM ocorre o aninhamento da rede, no qual espécies com poucas interações formam um núcleo coeso com as espécies com muitas interações, fato evidenciado como uma das características básicas de uma rede aninhada por Lewinsohn *et al.* (2006a) e Guimarães *et al.* (2007).

O grau de aninhamento encontrado para o PNLM ($N=0,906$) foi significativamente elevado, se contraposto ao N investigado por Genini *et al.* (2010), que ao analisarem redes de interações entre visitantes das famílias Malpighiaceae e Bignoniaceae, observaram que das 10 redes construídas apenas 2 se apresentaram aninhadas

com $N=0,59$ e $0,57$, as outras 8 não apresentaram aninhamento estatisticamente significativo, podendo ser compartimentada, combinada ou em gradiente.

O padrão observado no PNLM sugere duas possibilidades: a primeira que a maioria das espécies de abelhas sejam oportunistas, aproveitando a disponibilidade de recurso na área; a segunda que as espécies se encontravam em maior abundância ou encontravam-se em maior abundância. Entretanto, dentre as espécies que tiveram poucas interações no PNLM, algumas foram representadas por apenas um indivíduo da sua população e, por isso, todas foram caracterizadas como visitantes ocasionais e possivelmente sejam raras nesse ambiente ou especialistas (Biesmeijer e Slaa 2006).

Muitos estudos têm demonstrado que as redes de interação entre plantas e polinizadores são geralmente aninhadas, com um grupo de espécies centrais detendo a maioria das interações (Bascompte *et al.* 2003, Bascompte e Jordano 2006, Lewinsohn *et al.* 2006a), minimizando assim, a competição e aumentando o número de espécies que podem coexistir (Bastolla *et al.* 2009).

Conclusões

A rede de interações entre abelhas e plantas do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses é marcada pela heterogeneidade e assimetria nas interações, característica comum das redes de interações planta-polinizadores. Fatores como a abundância das espécies, diferentes períodos de floração e períodos de ocorrência das espécies de abelhas são considerados fatores chaves para a diversidade e a coexistência de comunidades ricas em espécies (Vázquez e Aizen 2004, Bascompte e Jordano 2007). A análise da comunidade por rede de interações possibilita o entendimento mais dinâmico das interações dentro de uma comunidade, o que proporciona uma análise mais transparente nas interações nos ecossistemas naturais.

Agradecimentos

Agradecemos ao proprietário do Sítio Buriti, Manuel Nascimento, por ter permitido o desenvolvimento do trabalho em campo. Ao João Carlos e Ednaldo (Embrapa Amazônia Oriental) pela identificação das espécies vegetais. A Camila Pigozzo e Orleans Silva pelo

auxílio nas análises estatísticas. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa de pesquisa e Fundação de Amparo a Pesquisa e ao Desenvolvimento científico e Tecnológico do Maranhão - FAPEMA pelo financiamento ao projeto de pesquisa.

Literatura Citada

- ALBUQUERQUE PMC, CAMARGO JMF, MENDONÇA AC. 2007. Bee community of a beach ecosystem on Maranhão Island, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50: 1005-1018.
- ALMEIDA-NETO M, GUIMARÃES P, GUIMARÃES PR, LOYOLA RD, ULRICH W. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos*, 17: 1227–1239.
- ALVES-DOS-SANTOS I. 1999. Abelhas e plantas melíferas da mata atlântica, restinga e dunas do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 43: 191-223.
- ANACLETO DA, MARCHINI LC. 2005. Análise faunística de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) coletadas no cerrado do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 22: 277-284.
- ATMAR W, PATTERSON BD. 1993. The measure of order and disorder in the distribution of species in fragmented habitat. *Oecologia*, 93: 373-382.
- BASCOMPTE J, JORDANO P. 2006. The structure of plant-animal mutualistic networks. En: Pascuale M, Dunne J, Editores. *Ecological networks: Linking Structure to Dynamics in Food Webs*. Oxford: Oxford University Press. p. 143-159.
- BASCOMPTE J, JORDANO P. 2007. Plant–animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 38:567-593.
- BASCOMPTE J, JORDANO P, MELIAN CJ, OLESEN JM. 2003. The nested assembly of plant - animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 312:431- 433.
- BASCOMPTE J, JORDANO P, OLESEN JM. 2006. Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science*, 312: 431-433.
- BASTOLLA U, FORTUNA MA, PASCUAL-FARCIA A, FERRERA A, LUQUE B, BASCOMPTE J. 2009. The architecture of mutualistic networks minimizes competition and increases biodiversity. *Nature*, 458: 1018-1020.
- BATAGELJ V, MRVAR A. 1998. Pajek – Program for Large Network Analysis. *Connections*, 21 (2): 47-57.
- BIESMEIJER JC, SLAA EJ. 2006. The structure of eusocial bee assemblages in Brazil. *Apidologie*, 37: 1-19.
- BIESMEIJER JC, SLAA EJ, CASTRO MS, VIANA BF, KLEINERT AMP, IMPERATRIZ-FONSECA VL. 2005. Connectance of Brazilian social bee – food plant networks is influenced by habitat, but not by latitude, altitude or network size. *Biota Neotropica*, 5 (1):1-8.
- CAMARGO JMF, MAZUCATO M. 1984. Inventário da apifauna e flora apícola de Ribeirão Preto, SP, Brasil. *Dusenía*, 14:55-87.
- COLODETE MF, PEREIRA OJ. 2007. Levantamento Florístico da restinga de Regência, Linhares / ES. *Revista Brasileira de Biociência*, 5: 558-560.
- COUTINHO EC, GUTIÉRREZ LAC, BARBOSA AJS. 2010. Influência dos Fenômenos El Niño e La Niña na Variabilidade da Precipitação no Município de Marabá-Pa no Período de 2001-2010. Disponível em: http://www.cbmet2010.com/artigos/422_35424.pdf. Maio 2012.
- [CPTEC] Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. 2012. Disponível em: http://www6.cptec.inpe.br/proclima2/balanco_hidrico/balancohidrico.shtml. Junho 2012.
- DIONÍSIO GO, BARBOSA RL, LIMA HC. 2010. Leguminosas arbóreas em remanescentes florestais localizados no extremo Norte da Mata Atlântica. *Revista Nordestina de Biologia* 19: 15-24.
- [EMBRAPA] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1986. Levantamento exploratório: Reconhecimento dos solos do Estado do Maranhão. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=ma>. Abril 2016.
- ENDRESS PK. 1998. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge: Cambridge University Press. 511p.
- FORZZA RC, COSTA A, WALTER BMT, PIRANI JR, MORIM MP, QUEIROZ LP, MARTINELLI G, PEIXOTO AL, COELHO MAN, BAUMGRATZ JFA, STEHMANN JR, LOHMANN LG, HOPKINS M. 2013. Angiospermas in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB128482>. Abril 2016.
- GENINI J, MORELLATO LPC, GUIMARAES PR, OLESEN JM. 2010. Cheaters in mutualism networks. *Biology Letters*, 6:494-497.
- GONÇALVES S, RÊGO MMC, ARAÚJO, A. 1996. Abelhas sociais (Hymenoptera: Apidae) e seus recursos florais em uma região de mata secundária, Alcântara-MA, Br. *Acta Amazonica*, 26: 55-68.
- GOTTSBERGER G, CAMARGO JMF, SILBERBAUER-GOTTSBERGER I. 1988. A bee-pollinated tropical community: the beach dune vegetation of Ilha de São Luis, Maranhão, Brasil. *Botanische Jahrbücher für Systematik*, 109: 469-500.

- GUIMARÃES PR, GUIMARÃES P. 2006. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. *Environmental Modelling and Software*, 21: 1512-1513.
- GUIMARÃES PR, SAZIMA C, REIS SF, SAZIMA I. 2007. The nested structure of marine cleaning symbiosis: is it like lowers and bees? *Biology Letters*, 3:51-54.
- GULLAN PJ, CRANSTON PS. 2008. Os insetos: um resumo de entomologia. São Paulo: Roca, 440p.
- HAMMER O, HARPER DAT, RYAN PD. 2001. PAST: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. *Paleontologia Eletrônica*, 4 (1): 1-9.
- HEITHAUS ER. 1979. Community Structure of Neotropical Flower Visiting Bees and Wasps: Diversity and Phenology. *Ecology*, 60: 190-202.
- HENRIQUES RPB, ARAÚJO DSD, HAY JD. 1986. Descrição e classificação dos tipos de vegetação da restinga de Carapebus, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Botânica*, 9: 173-189.
- IMPERATRIZ-FONSECA VL. 2010. Conservação de polinizadores no ano internacional da biodiversidade. *Oecologia Australis*, 14: 14-15.
- JORDANO P. 1987. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *American Naturalist*, 129: 657-677.
- KRUG C, ALVES-DOS-SANTOS I. 2008. O Uso de Diferentes Métodos para Amostragem da Fauna de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea), um Estudo em Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. *Neotropical Entomology*, 37: 265-278.
- LAROCA SJR. 1995. Ecologia: princípios e métodos. Petrópolis: Editora Vozes. 197p.
- LEWINSOHN TW, LOYOLA RD, PRADO PI. 2006a. Matrizes, redes e ordenações: a detecção de estruturas em comunidades interativas. *Oecologia Brasiliensis*, 10: 90-104.
- LEWINSOHN TW, PRADO PI, JORDANO P, BASCOMPTE J, OLESEN JM. 2006b. Structure in plant-animal interaction assemblages. *Oikos*, 113: 174-184.
- MARANHÃO 2002. Atlas do Maranhão: Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico/ Laboratório de Geoprocessamento - UEMA. São Luís: GEPLAN. 44p.
- MAY RM. 1975. Patterns of species abundance and diversity. In: Ecology and evolution of communities. En: Cody ML, Diamond JM, editores. Massachusetts (USA): Belknap Press of Harvard Univ. Press. p. 81-120.
- MEMMOTT J, CRAZE PG, WASER NM, PRICE MV. 2007. Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. *Ecology Letters*, 10: 710-717.
- [MMA/IBAMA] Ministério do Meio Ambiente – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2002. Plano de manejo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses. Relatório técnico. Ministério do Meio Ambiente – IBAMA, Brasília.
- NIESENBAUM RA, PATSELAS MG, WEINER SD. 1998. Does flower color change in *Aster vimineus* cue pollinators. *American Midland Naturalist*, 141:59-68.
- PIGOZZO CM, VIANA BF. 2010. Estrutura da rede de interações entre flores e abelhas em ambiente de caatinga. *Oecologia Australis*, 14: 100-114.
- RÊGO MMC, ALBUQUERQUE PMC. 2006. Recursos forais disponíveis. In: Marcia Rêgo & Patrícia Albuquerque. (Org.). Polinização do murici. São Luís: EDUFMA, p. 79-88.
- RODARTE ATA, SILVA FO, VIANA BF. 2008. A flora melitófila de uma área de dunas com vegetação de caatinga, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil. *Acta Botânica Brasilica*, 22: 301-312.
- RODRIGUES LC. 2011. Beija-flores e seus recursos florais em uma área de Campo Rupestre: Composição de Espécies, Sazonalidade e Rede de Interações [Tese Doutorado]. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais. 125p.
- ROUBIK DW. 1979. Africanized honey bees, stingless bees and structure of tropical plant-pollinator communities. *Proc. IV Int. Symp. Poll. Maryland Agric. Exp. Sta. Spec. Misc. Publi*, 1: 403-417.
- ROUBIK DW. 1992. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge Tropical Biology Series. Cambridge: Cambridge University Press. NY.
- SAKAGAMI SF, LAROCA S, MOURE JS. 1967. Wild bees biocenotics in São José dos Pinhais (PR), South Brazil – preliminary report. *Journal of the Faculty of Sciences* 6:253-291.
- SOUTHWOOD TRE. 1980. Ecological methods – with particular reference to the study of insect populations. London: Chapman and Hall.
- SOUZA VC, LORENZI H. 2005. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 639 p.
- VÁZQUEZ DP, AIZEN MA. 2004. Asymmetric specialization: a pervasive feature of plant-pollinator interactions. *Ecology*, 85: 1251-1257.
- VÁZQUEZ DP, MELIÁN CJ, WILLIAMS NM, BLÜTHGEN N, KRASNOV BR, POULIN R. 2007. Species abundance and asymmetric interaction strength in ecological networks. *Oikos*, 116: 1120-1127.
- VIANA BF, KLEINERT AMP. 2005. A Community of Flower-Visiting Bees (Hymenoptera: Apoidea) in the Coastal Sand Dunes of Northeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 5: 79-91.
- VIANA BF, SILVA FO, KLEINERT AMP. 2006. A flora apícola de uma área restrita de dunas litorâneas, Abaeté, Salvador, Bahia. *Revista Brasileira de Botânica*, 29: 13-25.
- WESTRICH P. 1990. Die Wildbienen Baden-Württembergs. Stuttgart: Eugen Ulmer Gmb H.