

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ETNOBIOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA
NATUREZA
ANDRÊSA SUANA ARGEMIRO ALVES

ASPECTOS ETNOBIOLÓGICOS E ECOLÓGICOS DA APICULTURA
ITINERANTE NO NORDESTE DO BRASIL

RECIFE

2017

ANDRÊSA SUANA ARGEMIRO ALVES

**ASPECTOS ETNOBIOLÓGICOS E ECOLÓGICOS DA APICULTURA
ITINERANTE NO NORDESTE DO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Etnobiologia e Conservação da Natureza da
Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte
dos requisitos para a obtenção do título de doutor(a).

Orientadora:

Profa. Dra. Cibele Cardoso de Castro

Unidade Acadêmica de Garanhuns, UFRPE

Co-orientador:

Prof. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque

Depto. de Biologia, UFRPE

RECIFE

2017

Ficha catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

A474a Alves, Andrêsa Suana Argemiro
Aspectos etnobiológicos e ecológicos da apicultura itinerante no
nordeste do Brasil / Andrêsa Suana Argemiro Alves. – 2017.
130 f. : il.

Orientadora: Cibele Cardoso de Castro.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da
Natureza, Recife, BR-PE, 2017.
Inclui referências e anexo(s).

1. Biodiversidade 2. Conservação 3. Ecologia humana
4. Etnobiologia evolutiva 5. Biologia reprodutiva de angiospermas
I. Castro, Cibele Cardoso de, orient. II. Título

CDD 304.2

ASPECTOS ETNOBIOLÓGICOS E ECOLÓGICOS DA APICULTURA ITINERANTE NO NORDESTE DO BRASIL

Andrêsa Suana Argemiro Alves

Tese defendida e apresentada em 19/04/2017.

Presidente:

Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Examinadores:

Dra. Isabel Cristina Sobreira Machado
(Universidade Federal de Pernambuco - UFPE)

Dr. Xavier Arnan Viadiu
(Universidade Federal de Pernambuco - UFPE)

Dr. Washington Soares Ferreira Júnior
(Universidade de Pernambuco – UPE)

Dra. Elcida de Lima Araújo
(Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE)

Suplentes:

Dra. Ariadna Valentina de Freitas e Lopes
(Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

Dr. Marcelo Alves Ramos
(Universidade de Pernambuco – UPE)

À Carla Xavier, ofereço.

Aos meus pais, Arnaldo Alves e Aurilene Santana, e à minha irmã, Amanda Alves, dedico.

*A abelha-mestra
E as abelhinhas
Estão todas prontinhas
Para ir para a festa
Num zune-que-zune
Lá vão pro jardim
Brincar com a cravina
Valsar com o jasmim
Da rosa pro cravo
Do cravo pra rosa
Da rosa pro favo
E de volta pra rosa*

*Venham ver como dão mel
As abelhas do céu
Venham ver como dão mel
As abelhas do céu*

*A abelha-rainha
Está sempre cansada
Engorda a pancinha
E não faz mais nada
Num zune-que-zune
Lá vão pro jardim
Brincar com a cravina
Valsar com o jasmim
Da rosa pro cravo
Do cravo pra rosa
Da rosa pro favo
E de volta pra rosa*

*Venham ver como dão mel
As abelhas do céu
Venham ver como dão mel
As abelhas do céu*

(As abelhas - Vinícius de Moraes)

Agradecimentos

Agradeço imensa e ternamente à minha família. Meus pais, Arnaldo Alves e Aurilene Santana por todo o amor e dedicação que sempre me dedicaram até os dias de hoje, por sua crença inabalável em mim e por me mostrarem o caminho para que eu me tornasse quem hoje sou. À minha irmã, Amanda Alves, pela companhia nesta vida, por, em todos os momentos, bons ou não, sempre ter permanecido ao meu lado e por me dar a segurança de saber que sempre terei sua firmeza ao meu dispor para seguir adiante. À Carla Xavier, por ter me proporcionado amor, carinho e companheirismo além do que eu poderia conceber ser possível até tê-la conhecido. Guardo vocês dentro de mim... Vocês são os amores da minha vida.

Aos meus orientadores, Cibele Castro e Ulysses Albuquerque, não apenas por terem investido seu tempo e conhecimento em mim enquanto aluna, mas, sobretudo, por serem tão compreensivos, por terem entendido meus medos, por acreditarem em mim, neste trabalho e por serem muito além de admiráveis profissionais, amigos, companheiros e humanos inspiradores.

Aos membros da banca examinadora, Dra. Elcida Araújo, Dra. Isabel Machado, Dra. Ariadna Lopes, Dr. Xavier Arnan, Dr. Washington Soares e Dr. Marcelo Ramos, que com suas valiosas contribuições ajudaram imensamente na melhoria deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), pelo financiamento desta investigação.

Ao ICMBio pelo apoio institucional e concessão das autorizações legais para a realização deste trabalho.

Aos que fazem o Programa de Pós-graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza, seus docentes, que me fizeram amadurecer enormemente ao longo desses anos, com especial atenção aos professores Ulysses Albuquerque, Elcida Araújo e Nicola Schiel. Gostaria também de agradecer aos colegas de turma, especialmente à Wbaneide Andrade, José Bento, José Ribamar, Ivanilda Feitosa e Gilney Charll, por todo o companheirismo ao longo desses anos.

À família Lima-Vieira, Lucilene, Leidinha, Fabão, Dona Lena e Francisco pela amizade, incentivo e compreensão que me dedicam desde que nos unimos durante os incríveis anos de graduação, acreditem, vocês são oásis na minha história de vida.

A todos os integrantes do Laboratório de Ecologia Reprodutiva de Angiospermas, especialmente às professoras Ana Virgínia e Elisângela Santos e à minha querida Laís Barreto, que me dispôs seu tempo e energia para me ajudar nas primeiras aventuras no Araripe.

Quero agradecer infinitamente a todos do Laboratório de Ecologia e Evolução de Sistemas Socioecológicos (LEA), os famosos leanos, gente mais especial que conheci na vida. Do LEA não levarei apenas conhecimento, pois este pedacinho de mundo me rendeu algumas das pessoas mais preciosas da vida. Somos muitos, mas preciso agradecer especialmente à algumas pessoas que me ajudaram por toda essa trajetória e que sei, seguirão comigo vida afora mesmo que estejamos espalhados pelo mundo, André Nascimento, Daniel Carvalho, Flávia Rosa, Gilney Charll, Ivanilda Feitosa, José Ribamar, Josivan Soares, Juliana Loureiro, Letícia Campos, Marcelo Alves, Maria Clara, Rafael Prota, Taline Silva, Temóteo Luiz, Washington Soares e Wendy Torres-Avilez, vocês são eternos. Quero também agradecer à equipe LEA-Araripe, por toda a força que somamos e todo o vínculo que criamos durante nossas empreitadas. Estamos juntos nessa caminhada!!!

Não posso esquecer os amigos que fui encontrando pela vida, alguns há tempos imemoriáveis... Muito obrigada à Alcione Lenita, Clarissa Gomes, Daniel Carvalho, Denice Cordeiro, Eunatã Oliveira, Jacilene Marques, Juliana Santos, Luciana Oliveira, Maria Carolina, Mario Ricardo, Mayara Barbosa, Sarah Athiê e Viviane Martha.

Agradeço infinitamente a Seu Damásio, grande homem, grande amigo e o melhor mateiro de todo o Araripe. Acredite, sem sua ajuda, nada disso seria possível.

Aos funcionários da FLONA-Araipe, especialmente à Rivaldo (Baixin), Edvan (Painho), Tiago (Primo), Capitão e Seu Gilmário. Obrigada por todo companheirismo, pela conversa, risadas e, por tantas vezes, terem cumprido o papel de minha família durante todo o tempo que “moramos” juntos.

Finalmente, devo agradecer a todo o povo do Araripe... Em Macaúba agradeço à Dona Moça e, fico muitíssimo agradecida à Dona Deda, Seu Nilzo e sua família calorosa que nos receberam como filhos e irmãos. Agradeço à APIM e todos os apicultores de Moreilândia, que nos concederam seu conhecimento, seu tempo, atenção e nos mostraram seu incrível e laborioso trabalho voluntariamente para o desenvolvimento desta pesquisa. Não posso esquecer aqueles que, junto com suas famílias, abriram as portas de suas casas, seus abraços e que foram nossas famílias durante todos esses anos em que estive longe de casa. Sendo assim, agradeço especialmente a Seu Dalto e Dona Cota, Seu Severino e Ciça, Seu Beto, toda a

família Sales, Dona Corra, Seu Agustinho e Dona Júlia, Dona Iracema, Seu Til e Seu Val Arruda.

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xii
INTRODUÇÃO	13
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
A apicultura no Brasil e no nordeste brasileiro	15
A apicultura itinerante	16
Influência de <i>Apis mellifera</i> no sucesso reprodutivo de plantas nativas	18
Importância da apicultura para as culturas agrícolas e a crise dos polinizadores	19
Teoria do Forrageamento Ótimo	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
MANUSCRITO I	36
MANUSCRITO II	48
MANUSCRITO III	82
CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
ANEXOS	107
ANEXO I: Human Ecology (Normas para publicação)	108
ANEXO II: Journal of Arid Environments (Normas para publicação)	114

RESUMO

A apicultura itinerante, na qual abelhas da espécie *Apis mellifera* são criadas em colmeias móveis e transportadas para locais onde há espécies floridas é uma prática agrícola bastante promissora para o desenvolvimento do agronegócio, pois parece resultar em aumento de produção em relação à apicultura fixa, e para a conservação de áreas de vegetação nativa, pois os apicultores tendem a conservar áreas usadas para a pastagem das abelhas. No entanto, pouco se sabe sobre aspectos etnobiológicos relacionados a essa modalidade, tampouco sobre o impacto que ela tem sobre a reprodução de plantas nativas, especialmente devido à possível competição entre *A. mellifera* e abelhas nativas polinizadoras dessas plantas. Esta tese se propôs a realizar um estudo dos aspectos etnobiológicos da apicultura itinerante e a investigar a influência desta atividade sobre a reprodução de plantas em uma área da Chapada do Araripe. Os objetivos específicos foram: 1) Realizar um levantamento etnobiológico relacionado à apicultura itinerante, buscando identificar o comportamento dos apicultores em relação à seleção das áreas para forrageamento das abelhas; 2) Compreender os critérios de seleção das áreas para colocação das colmeias pelos apicultores, e classificar o comportamento dos mesmos em relação a essa seleção tendo como base a teoria do forrageamento ótimo; 3) Avaliar a influência das abelhas da apicultura migratória no sucesso reprodutivo pré-emergente de plantas nativas. No primeiro estudo analisamos as estratégias de obtenção de recursos sob as perspectivas de forrageamento individual e social. Para tanto, testamos, respectivamente, hipóteses sobre estratégias individuais, baseadas em modelos clássicos da Teoria do Forrageamento Ótimo (TFO) e, posteriormente, averiguamos o potencial exercido pelas influências sociais sobre as estratégias de obtenção de recursos. Nessa investigação, nossos resultados sugerem que, na análise de forrageamento individual, independentemente da estratégia adotada pelo forrageador (generalista ou especialista), fatores ambientais, como abundância, regem o sucesso na obtenção de recursos e, que o contexto social no qual o forrageador está inserido, é capaz de influenciar nas estratégias tomadas pelo mesmo. Contemplando o último objetivo deste trabalho, avaliamos a influência das abelhas da apicultura migratória no sucesso reprodutivo pré-emergente de quatro espécies plantas nativas com síndrome de polinização generalista (*Croton blanchetianus*, *C. campestris*, *Matayba guianensis* e *Serjania lethalis*), de acordo com as informações fornecidas pelos apicultores, em áreas com presença e ausência dos apiários itinerantes. Nossos resultados mostraram uma tendência positiva para as taxas reprodução das espécies *C.* e *Serjania lethalis* nas áreas sob influência da apicultura migratória, enquanto que para as demais, não foram observados aumento ou decréscimo na produção entre indivíduos sob as duas condições analisadas.

ABSTRACT

Itinerant beekeeping, in which bees of *Apis mellifera* species are raised in mobile hives, and then they are transported to places where there are flowers is an agricultural practice quite promising for agribusiness development, as it seems to result in increased production relative to permanent beekeeping, and for conservation of native vegetation areas, because beekeepers tend to conserve areas used for bee foraging. However, the knowledge about the effects related to this modality, or about the impact it has on a reproduction of native plants, especially due to competition between plants, is very little. This research aims to study the ethnobiological aspects of beekeeping and to investigate an influence on the reproduction of plants in an area of the Chapada do Araripe. The specific objectives were: 1) To carry out an ethnobiological survey related to itinerant beekeeping, seeking to identify the behavior of beekeepers in relation to the selection of areas for the foraging of bees; 2) To understand the criteria for the selection of areas for the placement of hives by beekeepers and to classify their behavior in relation to this classification based on foraging theory; 3) To evaluate the influence of migratory beekeeping bees on the pre-emergent reproductive success on native plants. In the first study, we analyzed strategies to obtain resources from the perspective of individual and social foraging. Therefore, we tested, respectively, hypotheses that addressed whether individual strategies followed the predictions of classic models of optimal foraging theory (OFT), and, in the second approach, we investigated potential social influences on resource-obtaining strategies. In this investigation, our results suggest that regardless of the strategy adopted by the forager (generalist or specialist), environmental factors, such as abundance, regulated success in obtaining resources and, that that forager decision-making was related to the social context of the individual forager, which influenced their strategies. Contemplating the last objective of this thesis, we evaluated the influence of migratory beekeeping bees on the pre-emergent reproductive success of four native plant species with generalist pollination syndrome (*Croton blanchetianus*, *C. campestris*, *Matayba guianensis* e *Serjania lethalis*), according to the information provided by beekeepers, in areas with presence and absence of itinerant apiaries. Our results showed a positive tendency for the reproduction rates of *C. blanchetianus* and *Serjania lethalis* in areas under the influence of migratory beekeeping, while for the others (*C. campestris* and *Matayba guianensis*), no increase or decrease in production was observed among individuals under the two analyzed conditions.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Aspectos socioambientais da apicultura itinerante na Chapada do Araripe, nordeste do Brasil	
Figura 1: A. Área da Chapada. B. Área de Sertão.	37
Figura 2: A. <i>Croton blanchetianus</i> Baill. B. <i>Croton campestris</i> St.-Hil. D-C. <i>Matayba guianensis</i> Aubl. E-F. <i>Serjania lethalis</i> A. St.-Hil.	42
Perspectivas da Teoria do Forrageamento Ótimo nas estratégias de apicultores itinerantes no semiárido do Nordeste do Brasil	
Figura I: Gráfico Box Plot mostrando a distribuição do lucro total em US\$ obtido pelos apicultores que adotaram estratégias generalistas e especialistas na estação seca (A) e na estação chuvosa (B).	73
Figura II: Gráfico Box Plot mostrando a distribuição do lucro total em US\$ obtido por colmeia pelos apicultores que adotaram estratégias generalistas e especialistas na estação seca (A) e na estação chuvosa (B).	73
A apicultura migratória influencia o sucesso reprodutivo de plantas nativas? Um estudo de caso no semiárido brasileiro.	
Figura I - Localização geográfica do município de Moreilândia-PE	101

LISTA DE TABELAS

Pág.

Perspectivas da Teoria do Forrageamento Ótimo nas estratégias de apicultores itinerantes no semiárido do Nordeste do Brasil

Tabela 1. Critérios citados pelos apicultores especialistas para a seleção das áreas de instalação dos apiários, de acordo com os apicultores itinerantes no município de Moreilândia, Pernambuco, Brasil. 74

Table 2: Número de citações dos apicultores para os motivos que os levaram a instalar os apiários em determinados locais nas estações seca e chuvosa. 75

Tabela 3. Saliência das plantas preferidas para a produção de mel entre os apicultores itinerantes no município de Moreilândia, Pernambuco, Brasil. Os valores de saliência seguem em ordem decrescente. 76

Tabela 4. Saliência das áreas conhecidas por apicultores itinerantes para instalação dos apiários no município de Moreilândia, Pernambuco, Brasil. Os valores de saliência seguem em ordem decrescente. 79

A apicultura migratória influencia o sucesso reprodutivo de plantas nativas? Um estudo de caso no semiárido brasileiro.

Tabela 1. Estatística descritiva (média \pm desvio padrão) dos elementos reprodutivos de quatro espécies de plantas durante 2013 e 2015 em áreas com (tratamento) e sem (controle) a influência da apicultura migratória no NE do Brasil. 102

Tabela 2. Média \pm desvio padrão do sucesso reprodutivo pré-emergente (PERS), fruto:flor (Fr:Fl) e semente:óvulo (S:O) em quatro espécies de plantas em 2013 e 2015 em áreas com (tratamento) e sem (controle) a influência da apicultura migratória no NE do Brasil. 103

INTRODUÇÃO

A apicultura é uma prática agropecuária que inclui elementos econômicos, sociais e ecológicos importantes para a sustentabilidade (SMITH 2015; ALEMU et al., 2015). A atividade é economicamente interessante porque permite o desenvolvimento de atividades paralelas pelos apicultores, uma vez que não exige dedicação exclusiva devido à praticidade de seu manejo (BARBOSA e SOUSA 2011). Socialmente é importante porque tende a favorecer a permanência das famílias em solo nativo, fortalecendo o conhecimento tradicional; do ponto de vista ecológico, o desenvolvimento da apicultura tende a estimular a conservação de áreas com vegetação para o pastejo das abelhas (BORGES et al. 2014; SMITH 2015). Portanto, alguns autores consideram a apicultura uma das melhores formas de promover a união entre sistemas naturais e agriculturáveis (DONALDSON 2002).

Atualmente existem duas modalidades de apicultura: a fixa, na qual as caixas de abelhas ficam sempre no mesmo local, e a itinerante ou migratória, que se caracteriza pela criação de abelhas melíferas (*Apis mellifera* L.) em apiários temporários possibilitando o acompanhamento ininterrupto de espécies vegetais em fenofase de floração em áreas diversas (MATSUMOTO e YAMAZAKI 2013). Apesar de mais custosa que a modalidade fixa (MARINKOVIC e NEDIC 2010), a apicultura itinerante torna-se uma variante mais proveitosa (SHARMA et al. 2013), pois os apiários temporários são comumente utilizados como atenuantes das oscilações sazonais (ALVES et al. 2017), tendo assim, a capacidade de reduzir a mortalidade das abelhas e, conseqüentemente, de proporcionar o aumento da produção de mel e outros produtos apícolas (BRODSCHNEIDER et al. 2010; ALVES et al. 2017). Além disso, a apicultura itinerante ainda é economicamente interessante porque pode ser utilizada em culturas agrícolas, nas quais pode aumentar em até 30% ou 40% a produção de frutos (CORBET et al. 1992; ZHOU et al. 2010).

Apesar das vantagens econômicas oriundas da apicultura itinerante, ainda existem diversas lacunas a serem preenchidas sobre essa prática, uma vez que não são conhecidos os possíveis impactos que a atividade pode exercer sobre as comunidades de plantas e polinizadores nativos. Diversos estudos indicam que a presença de *A. mellifera* exerce influência sobre a reprodução de plantas em áreas de vegetação nativa (CASTRO 2006; NADIA, MACHADO e LOPES 2007; KLEINERT e GIANNINI 2012). Quando transposto à prática apícola, esse aspecto pode ser direcionado pela introdução de grandes quantidades de indivíduos de *A. mellifera*, que certamente aumenta a frequência de visitas às flores de várias espécies de plantas, uma vez que esta abelha possui hábito generalista, capaz de utilizar grande espectro de tipos florais (MACHADO, LOPES e SAZIMA 2010). Conseqüentemente, o aumento do número de visitas tende a aumentar a deposição

polínica no estigma o que reflete na produção de frutos e sementes, já que muitas espécies de plantas produzem menos frutos e sementes do que têm capacidade por não haver deposição polínica adequada (KNIGHT *et al.* 2005). No entanto, em oposição a tais evidências, há pesquisas que sugerem que presença de *A. mellifera* é capaz de afetar negativamente espécies de polinizadores e plantas nativas, uma vez que *A. mellifera* é tida como uma forte competidora, podendo deslocar o raio de forrageamento de outros visitantes florais (AIZEN e FEINSINGER 1994) e causar ruptura de relações entre plantas e seus polinizadores nativos (BOIÇA JR; SANTOS e PASSILONGO 2004).

Tendo em vista que as influências humanas no tocante à modalidade itinerante da apicultura podem provocar alterações nas paisagens e populações, estudos etnobiológicos podem evidenciar aspectos relevantes sobre a dinâmica das comunidades de áreas sob influência dessa prática agrícola. Uma das maneiras que podem ser utilizadas para avaliar o comportamento dos apicultores itinerantes é utilizando a Teoria do Forrageamento Ótimo (TFO). Essa teoria pode ser vista como uma importante ferramenta na obtenção de informações etnobiológicas relacionados aos critérios para escolha de áreas e possíveis influências que tal atividade pode exercer nas paisagens selecionadas. O emprego dos modelos da TFO permite compreender, entre outras coisas, as relações de custo-benefício na obtenção de um determinado recurso, e, determinar se as decisões tomadas pelo forrageador irão maximizar ou minimizar sua aptidão de maneira a influenciar genética ou culturalmente o sucesso de seus descendentes (PYKE 1984; SIH e CHRISTENSEN 2001). No caso de apicultores que optam pela modalidade itinerante, o conhecimento do comportamento de forrageamento desses indivíduos torna-se importante, uma vez que o sucesso de sua produção é fortemente influenciado pela escolha de áreas para a colocação das colmeias.

Desta forma, investigações com esse enfoque podem revelar aspectos importantes sobre o comportamento humano quanto ao manejo das paisagens, bem como sobre as dinâmicas de populações e comunidades de polinizadores e plantas nativas. Sendo assim, este estudo se propôs a caracterizar, a partir de uma abordagem ecológica e etnobiológica, a apicultura itinerante na Chapada do Araripe, buscando compreender os critérios utilizados pelos apicultores para a escolha das áreas de forrageamento das abelhas, bem como conhecer os efeitos dessa modalidade sobre a reprodução das espécies de plantas sujeitas à ação das abelhas introduzidas pela apicultura itinerante.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A apicultura no Brasil e no nordeste brasileiro

A criação de abelhas com ferrão (*Apis mellifera* L.) apresenta registros de tempos remotos, tendo sido praticada em civilizações pré-cristãs como as do Mediterrâneo, Ásia Menor, Egito, Índia e China. Sendo assim, não há registros destas abelhas nas Américas e Oceania antes do início da colonização destas terras (COLLETO-SILVA 2005). A criação racional de abelhas da espécie *Apis mellifera* L. no Brasil foi iniciada em 1839 pelos jesuítas que as trouxeram da cidade portuguesa de Porto para a região sudeste (PAULA 2008), e, nos locais onde houve sua implementação, foram observadas expressivas mudanças nos setores sociais, econômicos e biológicos com o desenvolvimento desta prática agrícola (RANGEL 2006). Posteriormente imigrantes alemães introduziram nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul exemplares de *Apis mellifera mellifera* L., e as abelhas italianas foram trazidas nas décadas de 1880 e 1890 e introduzidas na Bahia (PAULA 2008). Entretanto, nesta primeira fase da apicultura brasileira não há registros de produção significativa de mel, pois esta era um tipo de atividade prazerosa para os produtores que não buscavam grandes lucros econômicos (PAULA 2008).

A partir da segunda metade do século XX surgiu, no país, a necessidade de aumentar a produção de mel e uma das alternativas foi tentar buscar alargar o uso territorial para apicultura no Brasil, o que refletiria no aumento do quantitativo da produção (GONÇALVES 2004; PAULA 2008). Assim, foram introduzidas no país, no ano de 1956, exemplares da raça africana *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, o que configurou-se no maior evento da história da apicultura no Brasil desde a introdução das abelhas do gênero *Apis* em 1839 (GONÇALVES 2004).

Com a introdução das abelhas africanas no país houve o cruzamento entre estas e as demais raças européias pré-existentes, resultando em um poli híbrido racial, conhecido como abelhas africanizadas ou AHB (GUZMAN-NOVOA et al. 2005). Apesar da grande capacidade adaptativa, rápido crescimento da colmeia, resistência a doenças e grande potencial para produção de mel, as abelhas africanizadas protagonizaram a maior problemática na história da apicultura, pois devido à sua agressividade, resultante de comportamento hereditário altamente defensivo (GUZMAN-NOVOA et al. 2005), começaram a atacar outras abelhas, matando-as e tomando seus nichos (BARROSO 1968). Além da geração da problemática ecológica, as abelhas africanizadas apresentaram a capacidade de se aglomerar provocando grandes enxameações, resultando em diversos acidentes, que juntamente com o desconhecimento de técnicas adequadas de manejo destas

abelhas, compuseram fatores que desencadearam a drástica redução a atividade apícola no Brasil (DE JONG 1996; GONÇALVES 2004).

Felizmente os apicultores conseguiram domesticar as abelhas africanizadas, e hoje elas são as preferidas para a produção apícola pela grande produtividade (DE JONG 1996). A partir da ideologia gerada pelo movimento naturalista, surgido na década de 1980, e da apropriação de técnicas adequadas para seu manejo, a produção apícola no Brasil começou a se destacar (CORREIA-OLIVEIRA 2010), sendo o mel, a cera, o própolis, a geleia real e o veneno ou apitoxina os principais produtos apícolas comercializados. O mel é o produto mais aceito no mercado, sendo utilizado na alimentação e na indústria farmacêutica, na qual é usado para fins medicinais e fabricação de cosméticos (FREITAS 2003).

No Brasil, até meados de 1990, a atividade apícola apresentava maior tradição nas regiões sul e sudeste, que foram, até então, líderes no mercado interno. Porém, a partir desse período, os produtores da região nordeste começaram a investir em tecnologia, e hoje a região ocupa o segundo lugar no ranking dos maiores produtores apícolas do país, produzindo em 2003 7.967,66 mil toneladas de mel, equivalentes a 26% da produção nacional de mel (BRITO 2011). O súbito crescimento da atividade apícola no nordeste pode também ser explicado pela melhor adaptação das abelhas africanizadas ao clima da região (RIBEIRO 1998). Nos últimos anos a produção apícola nordestina ultrapassou a produção dos estados da região sudeste, com crescimento de 579,15% somente na produção de mel (SILVA 2009).

Os maiores produtores de mel no nordeste são Ceará, Piauí e Bahia, que produziram, aproximadamente 81% do mel da região e 21,52% de toda a produção nacional (BRITO 2011). Na região existem cerca de 110.000 apicultores em atividade gerando aproximadamente 200.000 empregos, que são em sua maioria ocupados por familiares (SOUZA, 2011). Além da geração de renda para os pequenos agricultores, a grande importância da apicultura na região está na conservação da paisagem. Antes do crescimento da atividade, havia grande incidência de desflorestamento para o plantio de culturas agrícolas e forte pressão extrativista dos recursos vegetais para a construção de cercas e combustível, devido à falta de outras possibilidades de renda (SOUZA, 2002).

A apicultura migratória ou itinerante

Existem dois tipos de apicultura: a fixa, na qual as caixas de abelhas ficam sempre no mesmo local, e a itinerante (ou migratória), caracterizada pela criação de abelhas melíferas (*Apis mellifera*

L.) em colmeias móveis, tornando possível a oferta ininterrupta de recursos alimentares para as abelhas por meio do acompanhamento das floradas em áreas diversas, aumentando a produção (FREITAS 2003; TRINDADE et al. 2004).

Apesar da crescente escolha pela modalidade itinerante da apicultura pelos produtores nas últimas décadas, Zierer (1932) afirma que esta prática é muito antiga, tendo seus primeiros registros na civilização egípcia há mais de 4000 mil anos, quando os egípcios transportavam seus apiários através da navegação pelo rio Nilo, onde ainda há registros deste exercício pelas populações viventes às margens do rio. Porém, no ocidente, a apicultura itinerante começou a ser desenvolvida nos países de clima temperado, pois manter as colmeias no inverno tornava-se uma atividade demasiadamente onerosa; além disso, muitas abelhas não conseguiam resistir ao clima, o que levava muitos apicultores a perder suas colmeias (ZIERER 1932). No Brasil, a apicultura itinerante é ainda bastante recente, tendo iniciado no ano de 1968, quando colmeias de abelhas africanizadas foram transportadas do apiário da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queros”, em Piracicaba, estado de São Paulo, para uma plantação de *Eucalyptus alba* Reinw. ex Blume, onde foram obtidos resultados significativos na produção.

Apesar do pouco tempo em que a modalidade vem sendo desenvolvida no país, já se pode observar um impacto econômico gerado pela adoção das tecnologias inerentes à modalidade itinerante que tem, até o momento, configurado no aumento da produção (BARROS 1994; OLIVEIRA; COSTA JÚNIOR 2008). No nordeste brasileiro tal modalidade ainda é pouco explorada, o que pode ser reflexo da necessidade de capacitação dos produtores e investimento incipiente em tecnologias de produção (FREITAS 2003; RIBEIRO et al. 2007).

Estudos que tenham como foco a investigação da apicultura itinerante ainda são escassos, principalmente no Brasil, e devem ser conduzidos para esclarecer questionamentos relativos ao desenvolvimento econômico do agronegócio, bem como sobre os impactos gerados no ecossistema, especialmente nas abelhas nativas e nas plantas que delas dependem. Alguns autores sugerem que a introdução das abelhas africanizadas pode ser responsável pelo declínio das espécies nativas de abelhas (ROUBIK et al. 1980; 1986; ALMEIDA-ANACLETO, 2007; VENTURIERI, 2008). Além disso, colmeias de apiários fixos sofrem menor contaminação por patógenos do que aquelas que são frequentemente transportadas, uma vez que é mais fácil controlar a saúde do apiário quando as colmeias são fixas (KEVAN et al., 2007; WELCH et al., 2009). Outros trabalhos sugerem que pode haver relação entre a migração das colmeias e o fenômeno da Síndrome do Desaparecimento de Abelhas – termo aceito em português para designar *Colony Collapse Disorder* (CCD) – que tem

causados enormes prejuízos entre aspectos ecológicos e econômicos, e ainda não tem um esclarecimento aceito por toda a comunidade científica (STOKSTAD, 2007).

Influência de *Apis mellifera* no sucesso reprodutivo de plantas nativas

Os serviços de polinização constituem a base para a manutenção das relações ecológicas entre plantas e animais (SOUZA et al. 2007; YAMAMOTO et al. 2010), e também para o cultivo de plantas utilizadas nos sistemas agrícolas, constituintes da produção de alimentos (ITPGRFA 2009; IMPERATRIZ-FONSECA & NUNES-SILVA 2010; YAMAMOTO et al. 2010). Constanza et al. (1997) afirmam que cerca de 90% das angiospermas sejam polinizadas por animais, e a maior parte destes polinizadores são insetos.

Devido ao fato de *A. mellifera* ser uma espécie altamente generalista e oportunista (NEVES e VIANA 2011) apresenta alto padrão de visitação em diversas espécies de plantas, compondo um importante recurso reprodutivo para vegetais nos diversos ecossistemas em que ocorre. Há grande quantidade de estudos que tratam sobre a influência de *A. mellifera* no sucesso reprodutivo de plantas, sendo grande parte deles relativos a plantas cultivadas. O aumento da produção de frutos em plantas cultivadas pode ser devido ao alto desempenho que a *A. mellifera* apresenta quando forrageia em áreas abertas (REN et al. 2014), paisagem comum em terras agricultáveis. Sob tais condições, as abelhas melíferas podem aumentar a produção de frutos em mais de 30% (ZHOU et al. 2010). Para Westphal et al. (2003), *A. mellifera* pode ser bastante eficiente quando em áreas de extensas monoculturas, o que pode ter relação com o alto potencial de forrageio em áreas perturbadas.

Entretanto, quando voltamos os olhares às investigações sobre a eficiência da polinização de plantas nativas realizada por *A. mellifera*, ainda é perceptível a presença de uma lacuna quanto a eficiência desses polinizadores no sucesso reprodutivo dessas espécies vegetais. Ora encontramos estudos que indicam pouca eficiência, ora encontramos aqueles que mostram a eficiência desses polinizadores no sucesso reprodutivo dessas espécies vegetais.

Há ainda, diversos estudos que sugerem que além de *A. mellifera* competir com polinizadores nativos, essas abelhas reduzem a taxa de deposição polínica no estigma de plantas nativas o que pode ser refletido na formação de frutos das espécies. Para Rymer et al. (2005) *A. mellifera* o alto padrão de forrageamento dessa espécie é capaz de provocar ruptura nas interações planta-polinizador (nativo), o qual espera-se que seja mais eficiente. Somado a isso, os autores concluem que a deposição de pólen nas corbículas das abelhas melíferas reduz o número de grãos de pólen disponíveis para a deposição estigmática uma vez que os torna inacessíveis e pode ocasionar

decréscimo na formação de frutos. Carmo et al. (2004), indicam que a presença de *A. mellifera* pode diminuir o sucesso reprodutivo de plantas nativas através da supressão de grãos de pólen, uma vez que o estudo mostrou que essas abelhas coletam cerca de 99% do pólen disponível em flores masculinas de *Clusia arrudae* Planchon & Triana. Jacobi e Del Sarto (2007) também observaram, em experimento realizado com duas espécies de *Vellozia* Vand. (Velloziaceae) que além de coletar grandes quantidades de pólen, os indivíduos de *A. mellifera* também se comportavam como pilhadores. Por outro lado, há estudos que indicam eficácia da atuação de *A. mellifera* no sucesso reprodutivo em espécies nativas de plantas. Biró et al. (2015) ao relacionar o sucesso reprodutivo com a quantidade de frutos produzido por uma espécie de orquídea, observaram que a taxa de frutificação era significativamente maior em populações próximas a apiários, nas quais o aumento na produção de frutos chegou a ultrapassar os 60% em relação àquelas que não estavam sob influência da proximidade dos apiários. No semiárido brasileiro Neves e Viana (2011) avaliaram a produtividade em indivíduos de duas espécies de *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) quando submetidos a influência das abelhas africanizadas e observaram que os indivíduos que estavam sob tal influência apresentaram maior produção de frutos, uma vez que mostrou eficiência em mais de 85% na polinização de ambas as espécies.

Importância da apicultura para as culturas agrícolas e a crise dos polinizadores

Culturas agrícolas modernas são altamente dependentes dos serviços de polinização (WILLIANS 2002; ALLSOPP et al. 2008; RUCKER; THURMAN; BURGETT 2012), haja vista que cerca de 75% das culturas agrícolas mais utilizadas para alimentação humana são diretamente beneficiadas pela polinização animal (POTTS et al. 2010).

Serviços de polinização animal geram grande retorno econômico aos agricultores, pois estima-se que o valor desta atividade gere em torno US\$ 33 trilhões anualmente (CONSTANZA et al. 1997). Entretanto, tem-se observado em escala global um declínio dos serviços de polinização (WATANABLE 1994; ALLEN-WARDELL et al. 1998; STEFFAN-DEWENTER et al. 2005; ITPGRFA 2008; POTTS et al. 2010), tanto das abelhas domesticadas (*Apis mellifera*), quanto das abelhas silvestres (RICHARDS 2001). Ghazoul (2005), tenta refutar hipóteses que afirmem que esteja, de fato, acontecendo uma crise mundial nos serviços de polinização, assegurando que a maior parte das culturas largamente utilizadas para a alimentação humana são polinizadas pelo vento ou auto polinizadas. Além disso, o autor ainda argumenta que a queda na produção também pode estar relacionada com outros fatores, tais quais alterações nas taxas de nutrientes e quantidade de água

disponíveis no solo. Estudos recentes, como Richards (2001) estudando as influências das práticas agrícolas na biodiversidade, Roubik (2002a; 2002b) com cultura de café, Vianna et al. (2007) com manejo de abelhas sem-ferrão, Yamamoto et al. (2010) com maracujá-mirim, têm mostrado que mesmo em culturas polinizadas pelo vento, autopolinizadas ou com reprodução vegetativa, a presença de abelhas, sejam elas selvagens ou domésticas, pode aumentar significativamente a produção. Corroborando com esta linha de pesquisa, Potts et al. (2010) afirmam que a abundância e a composição das comunidades de insetos, pode levar ao aumento do qualitativo na produção agrícola.

De acordo com Steffan-Dewenter et al. (2005), os serviços de polinização estão em declínio, e as principais razões para este acontecimento são causadas principalmente pela perda do habitat, uso de herbicidas e pesticidas, introdução de espécies exóticas, e provavelmente modificações genéticas nas culturas agrícolas (POTTS et al. 2010). A degradação de habitats naturais e semi-naturais para a criação de áreas agricultáveis é uma das causas primárias da perda da biodiversidade entre os polinizadores (KREMEN et al. 2002; POTTS 2010). Winfree et al. (2009), em uma meta-análise sobre a influência das atividades antropogênicas entre as abelhas polinizadoras, sugere que modificações humanas na paisagem podem afetar a abundância e riqueza das espécies de abelhas, acarretando a criação de mecanismos que incluem a perda das atividades de forrageamento, reprodução e alterações nas interações interespecíficas. Winfree et al. (2009) corroboram com os resultados de Steffan-Dewenter e Westphal (2008), e também assumem a possibilidade da alteração da riqueza e abundância nas populações de polinizadores em áreas perturbadas. Em contrapartida, Klein et al. (2006), afirma que a conservação de habitats naturais e semi-naturais em áreas agrícolas podem tanto aumentar a produção, quanto fornecer proteção às abelhas melíferas que em contrapartida, realizarão serviços de polinização nas culturas. Brosi et al. (2007), num estudo que procurou revelar os efeitos da fragmentação florestal de áreas tropicais em comunidades de abelhas, apresenta dados que mostram que abelhas nativas sem ferrão (Meliponinas) apresentam declínio populacional quando distantes de áreas florestais, o que deixa claro a necessidade de conservação das florestas nativas para a manutenção deste grupo, que representa importante papel para a polinização de plantas nativas e cultivadas em regiões tropicais.

Os atuais modelos de produção agrícola estão diretamente ligados a mortalidade e redução de recursos florais, devido à intensidade do uso de agrotóxicos, como fertilizantes e pesticidas, (STEFFAN-DEWENTER e WESTPHAL 2008). Em um estudo que visou estimar a exposição de diversas categorias de abelhas melíferas à inseticidas, Rortais et al. (2005) afirmam que recentemente um grande número de colônias de abelhas tem decrescido devido a ação de inseticidas. Os autores assumem que a contaminação pelas substâncias tóxicas se dá inicialmente de modo individual a

partir do contato com pólen e néctar contaminados, e que apenas posteriormente, devido à volta destes insetos aos sítios de nidificação, as colônias são contaminadas. Além dos fatores já apresentados, podemos considerar também a introdução de espécies exóticas como um fator limitante para a biodiversidade de polinizadores, haja vista que as interações que usualmente davam entre as culturas e os polinizadores selvagens, bem como os recursos advindos do forrageamento em busca de pólen e néctar, provavelmente se tornarão mais escassos, devido à nova população (POTTS et al. 2010). Concomitantemente à competição com os polinizadores selvagens, as espécies introduzidas podem trazer consigo patógenos que, ao interagir com o meio, podem provocar um declínio nas espécies selvagens, como também podem afetar a população das espécies domesticadas, como tem sido observado recentemente em colônias de *Apis mellifera* que tem sofrido com a Síndrome do Desaparecimento das Abelhas que faz com que as abelhas desapareçam abruptamente após saírem para forragear e jamais retornem às colmeias (POTTS et al. 2010), o que pode acarretar grandes prejuízos econômicos aos apicultores e ecológicos para as plantas dependentes de insetos polinizadores.

Teoria do Forrageamento Ótimo

Muitos dos modelos utilizados na ecologia para descrever padrões evolutivos e compreender o uso dos recursos naturais por pessoas ou animais foram fundamentados na microeconomia, o que indica grande relação de concordância entre teorias ecológicas e econômicas (BEGOSSI 1993). Assim, a Teoria do Forrageamento Ótimo (TFO) foi trazida para ecologia evolutiva no intuito de compreender como os animais não humanos estabeleciam relações de custo benefício na escolha de um determinado recurso alimentar. A partir das conclusões obtidas, esses trabalhos tentavam entender como o comportamento dos animais poderia influenciar nos processos adaptativos das espécies estudadas (PARKER E SMITH 1990; BEGOSSI 1993). Posteriormente, a teoria também começou a ser aplicada em pesquisas etnográficas de populações humanas, porém ainda continuava a ser relacionada com a obtenção de alimentação (STEPH 1990), e neste caso, o alvo da pesquisa eram populações que desenvolviam práticas de subsistência com os recursos alimentares. Neste contexto, surgiram diversos trabalhos voltados, principalmente, à pesca artesanal, os quais podem ser citados os estudos de Aswani (1998), Begossi (1992), Hanazaki e Begossi (2000) e Lopes et al. (2011). Apesar do grande apelo de trabalhos focados em recursos alimentícios, atualmente pesquisadores como Soldati e Albuquerque (2012) têm se dedicado a aplicar a teoria em recursos de subsistência não alimentícios.

A aplicação da TFO em ecologia tenta explicar que o comportamento do forrageador é um grande influenciador ou maximizador de seu *fitness*, ou seja, as estratégias tomadas pelo animal seja ele humano ou não, são capazes de influenciar genética ou culturalmente o sucesso de sua progênie (PYKE 1984). Sendo assim, assume-se que esta teoria seleciona as melhores respostas dadas aos condicionantes ambientais, refletindo na sobrevivência e sucesso reprodutivo do indivíduo forrageador (SMITH 1983). Em trabalhos com populações humanas a TFO apresenta-se como uma das ferramentas mais utilizadas quando se propõe explicar os padrões de subsistência (BONSER et al. 1998; SOLDATI e ALBUQUERQUE 2012), pois aplicando modelos de forrageamento é possível compreender a variabilidade de comportamentos humanos na busca por recursos (MITHEN 1989).

Devido à sua grande aplicabilidade em trabalhos à subsistência, a teoria do forrageamento ótimo foi revisada inúmeras vezes (ver MACARTHUR e PIANKA 1966; SCHOENER 1971; PULLIAM 1974; CHARNOV 1976; ORIANIS e PEARSON 1979; PYKE 1984), e atualmente comporta em si diversos modelos de otimização, estes, por sua vez, tem sua aplicação direcionada a um determinado processo biológico (SOLDATI e ALBUQUERQUE 2012). O modelo teórico apresentado por MacArthur e Pianka (1966), estava estritamente relacionado à composição da dieta e aos habitats visitados pelos forrageadores, uma vez que dependendo da área escolhida, haverá variação nos recursos disponíveis em quesitos como abundância e distribuição espacial, o que influenciará fortemente na qualidade de recursos nutricionais obtidos pelo forrageador. Schoener (1971) buscou traçar como os animais lançavam estratégias para a otimização na obtenção de recursos, uma vez que essas estratégias passavam por aspectos como dieta, espaço, tamanho do grupo de forrageadores e período ideais para um maior aproveitamento nutricional. Entretanto, até então, os modelos de forrageamento estavam apoiados em fatores determinísticos, até que Pulliam (1974), ao tornar o modelo de forrageamento de MacArthur e Pianka (1966) mais matemático, apontou como os efeitos de natureza estocástica poderiam influenciar o comportamento dos forrageadores. O teorema do valor marginal (CHARNOV 1976) acrescenta à teoria um modelo que tenta relacionar o tempo em que um forrageador deve permanecer numa determinada mancha a fatores como a taxa de extração de recursos nesta mancha. Sendo assim, o modelo estabelece o tempo ótimo de permanência para que o forrageador tenha o máximo de aproveitamento em um determinado local. A partir do teorema do valor marginal de Charnov (1976) foi desenvolvido o modelo do local central (ORIANIS e PEARSON 1979), que além de incluir o tempo ótimo que um forrageador deve permanecer numa mancha de recursos, leva em consideração à sua volta ao local onde vive e as escolhas, portanto, neste modelo os animais não são nômades, possuem um local onde

vivem, como um abrigo no caso de animais não humanos ou, tratando-se de humanos, uma residência. Ainda sobre os modelos voltados às estratégias de obtenção de recursos, dentre os estudos que utilizam a TFO, existem aqueles que investigam as estratégias de investimento em função do recurso. Neste sentido, existe na TFO, uma linha que classifica, de maneira geral, os forrageadores em generalistas e especialistas de acordo com suas estratégias de obtenção de recursos (SMITH & MCKELVEY 1986). Para esses autores, nessa aplicação da TFO, os especialistas são considerados forrageadores que investem em recursos de alta rentabilidade, podendo dispor para obtenção de um resultado positivo até o investimento em estratégias mais custosas. Por outro lado, forrageadores generalistas, não investem em recursos elevados, portanto, aproveitam recursos que obtêm oportunisticamente.

Apesar dos diversos modelos de TFO utilizados para testar padrões de forrageamento em humanos, o emprego dessa teoria na avaliação do comportamento de grupos humanos tem sido duramente criticado. Diversos teóricos indicam que os modelos de forrageamento ótimo voltam-se apenas para a relação entre o forrageador e o recurso (SIH & MILTON 1985, PIERCE & OLLASON 1987, DELTON & ROBERTSON 2012), não levando em consideração as relações entre forrageadores e as estratégias que cada indivíduo ou grupo estabelece para ter sucesso na atividade. Portanto, modelos clássicos da TFO não comportam estratégias tomadas em relação ao contexto social, tais como competição, risco, aprendizado, imitação e demais fatores que podem influenciar a obtenção dos recursos. Visando a diminuição desses vieses, modelos baseados nas relações entre grupos sociais humanos, como aqueles empregados nos estudos de forrageamento social (ver GIRALDEAU & CARACO 2000), podem ser auxiliá-lo no entendimento da dinâmica das relações humanas quanto a obtenção de recursos. Desta forma, é possível que o uso de modelos clássicos da TFO aliados aos modelos testados em forrageamento social proporcione maior robustez aos estudos que se propõem a investigar e compreender do comportamento humano na busca por recursos, uma vez que podem trazer informações de múltiplas fontes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIZEN, M. A.; FEINSINGER, P. 1994. Habitat fragmentation, native insect pollinators, and feralhoney bees in Argentine “Chaco Serrano”. **Ecological Applications** 4(2): 378-392.
- ALBUQUERQUE, U. P. 2006. Re-examing hypothesis concerning the use and knowledge of medicinal plants: a study in the Caatinga vegetation of NE Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine** 2: 30.
- ALBUQUERQUE, U. P.; SILVA, V. A.; CABRAL, M. C.; ALENCAR, N. L.; ANDRADE, L. H. C. 2008. Comparisons between the use of medicinal plants indigenous and rural *caatinga* (dryland) communities in NE Brazil. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas** 7(3): 156-170.
- ALBUQUERQUE, U. P., LUCENA, R. F. P., ALENCAR, N. L. 2010. Métodos e técnicas para coleta de dados etnobiológicos. *In*: ALBUQUERQUE, U. P., LUCENA, R. F. P., CUNHA, L. V. F. C. (Orgs.) **Métodos e técnicas na pesquisa etnobiológica e etnoecológica**. NUPEEA, Recife, pp. 41–64.
- ALEMU, T., SEIFU, E., BEZABIH, A. 2015. Postharvest handling, opportunities and constraints to honey production in northern Ethiopia. **Livestock Research for Rural Developmen** 27(15). <http://www.lrrd.org/lrrd27/5/tewo27091.html>. (accessed in 07.07.15).
- ALLEN-WARDELL, G.; BERNHARDT, P.; BITNER, R.; BURQUEZ, A.; BUCHMANN, S.; CANE, J.; COX, P.A.; DALTON, V.; FEINSINGER, P.; INGRAM, M.; INOUYE, D.; JONES, C.E.; KENNEDY, K.; KEVAN, P.; KOOPOWITZ, H.; MEDELLIN, R.; MEDELLIN-MORALES, S.; NABHAN, G.P. 1998. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. **Conservation Biology** 12: 8-17.
- ALLSOPP, M.H.; LANGE, W.J.; VELDTMAN, R. 2008. Valuing insect pollination services with cost of replacement. **PLoS ONE** 3(9): e3128.
- ALMEIDA-ANACLETO, D. 2007. **Recursos alimentares, desenvolvimentos das colônias e características físico-químicas, microbiológicas e polínicas de mel e cargas de pólen de meliponíneos, do município de Piracicaba, estado de São Paulo**. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, SP.134p.
- ALVES, A.S.A., NASCIMENTO, A.L.B., ALBUQUERQUE, U., CASTRO, C.C. 2017. Optimal Foraging Theory Perspectives on the Strategies of Itinerant Beekeepers in Semiarid Northeast Brazil. **Human Ecology** DOI 10.1007/s10745-017-9909-2.

ARAÚJO, E.L.; C.C. CASTRO; ALBUQUERQUE, U.P. 2007. Dynamics of Brazilian Caatinga – A review concerning plants environment and people. **Funcional Ecosystems and Communities** 1(1): 15-28.

ARRUDA, C.M.F.; MARCHINI, L.C.; SODRÉ, G.S.; MORETI, A.C.C.C. 2004. Características físico-químicas de amostras de méis de *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera, Apidae) da Região da Chapada do Araripe, município de Santana no Cariri, estado do Ceará. **Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa** 61(2): 141-150.

ASWANI, S. 1998. The use of optimal foraging theory to assess the fishing strategies of Pacific Island artisanal fishers: a methodological review. **SPC Traditional Marine Resource Management and Knowledge Information Bulletin** 9: 19-26.

AYRES, M.; AYRES JR., M.; AYRES, D.L., SANTOS, A.S. 2007. **BioEstat 5.0: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas**. Sociedade Civil de Mamirauá, Belém, Brasil. p. 380.

BARBOSA, W.F. & SOUSA, E.P. 2011. **Nível tecnológico e seus determinantes na apicultura da microrregião do cariri – CE: uma aplicação de regressão qualitativa**. In: VII Encontro Economia do Ceará em Debate. 2011. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Fortaleza, Ceará. 23p. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/economia-do-ceara-em-debate/vii-encontro/artigos/NIVEL_TECNOLOGICO_E_SEUS_DETERMINANTES_NA_MICRORREGIAO_DO_CARIRI_CEARA_IPECE_2011.pdf>. Acessado em 04/07/2012.

BARROS, J.R.S. **Meliponicultura migratória**. In: Anais do 10º Congresso Brasileiro de Apicultura. Caldas Novas, GO, p. 42-45.

BARROSO, A.A. 1968. Apicultural panorama of Brazil. **Apiacta** 4: 1-5.

BEGOSSI, A. 1992. The use of optimal foraging theory in the understanding of fishing strategies: a case from Sepetiba Bay (Rio de Janeiro State, Brazil). **Human Ecology** 20(4): 463-475.

BEGOSSI, A. 1993. Ecologia humana: um enfoque das relações homem-ambiente. **Interciência** 18(3): 121-132.

BIRÓ, É., BÓDIS, J., NAGY, T., TÖKÖLYI, J., MOLNÁR, V.A. 2015. Honeybee (*Apis mellifera*) mediated increased reproductive success of a rare deceptive orchid. **Applied Ecology and Environmental Research** 13(1): 181-192.

- BÖHLKE, P.B. & PALMEIRA, E.M. 2006. Inserção competitiva do pequeno produtor de mel no mercado internacional. **Observatorio de La Economía Latinoamericana** 71: 1-7.
- BOIÇA JR, A.L.; SANTOS, M.T.; PASSILONGO, J. 2004. *Trigona spinipes* (Fabr.) (Hymenoptera: Apidae) em espécies de maracujazeiro: flutuação populacional, horário de visitação e danos às flores. **Neotropical Entomology** 33(2): 135-139.
- BONSER, R.; WRIGHT, P.J.; BAMENT, S.; CHUKWU, U.O. 1998. Optimal patch use by foraging workers of *Lasius fuliginosus*, *L. niger* and *Myrmica ruginodis*. **Ecological Entomology** 23: 15-21.
- BORGES, M.G.B., SILVA, R.A., ARAÚJO, A.S., ANDRADE, A.B.A., CAJÁ, D.F., MARACAJÁ, P.B. 2014. Estudo sobre a sustentabilidade: aspectos socioeconômicos e ambientais em cinco associações de apicultores no Sertão da Paraíba. **Acta Apicola Brasilica**. 2(2): 01–12. Doi: <http://dx.doi.org/10.18378/aab.v2i2.3505>.
- BORGATTI, S.P. 1996. Anthropac 4.0. **Analytic Technologies**. Natick, Massachusetts.
- BRITO, F.E.M. 2011. **Agricultores, Cooperativas e a Organização da Produção de Mel no Território Nordeste II**. In: Diversidades e (Des)igualdades. XI Congresso de Luso Afro Brasileiro de Ciências Sociais. Universidade Federal da Bahia, Ondina. 1-16.
- BRODSCHNEIDER, R., MOOBECKHOFER, R., CRAILSHEIM, K. 2010. Surveys as a tool to record winter losses of honey bee colonies: a two year case study in Austria and South Tyrol. **Journal of Apicultural Research** 49: 23-30.
- BROSI, B.J.; DAILY, G.C.; SHIH, T.M.; OVIEDO, F.; DURÁN, G. 2008. The effects of forest fragmentation on bee communities in tropical countryside. **Journal of Applied Ecology**. 45: 773-783.
- CARMO, RM., FRANCESCHINELLI, EV., SILVEIRA, FA., 2004. Introduced honeybees (*A. mellifera*) reduce pollination success without affecting the floral resource taken by native pollinators. **Biotropica** vol. 36, no. 3, p. 371-376.
- CASTRO M.S. 2006. Bee fauna of some tropical and exotic fruits: potential pollinators and their conservation. In: KEVAN P.G.; IMPERATRIZ-FONSECA V.L. (Eds.) **Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- CHARNOV, E.L. 1976. Optimal foraging: the marginal value theorem. **Theoretical Population Biology** 9(2): 129-136.
- COLLETO-SILVA, A. 2005. Captura de enxames de abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) sem destruição das árvores. **Acta Amazonica** 35(3): 383-388.

- CONSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M. 1997. The value the world's service and natural capital. **Nature** 387: 253-260.
- CORBET, S.A.; WILLIAMAS, I.H. & OSBORNE, J.L. 1992. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. **Apiacta** 4: 1-2.
- CORREIA-OLIVEIRA, M.E.; PODEROSO, J.C.M.; FERREIRA, A.F.; RIBEIRO, G.T. & ARAÚJO, E.D. 2010. Apicultores do estado de Sergipe, Brasil. **Scientia Plena** 6(1): 02-07.
- DE JONG, D. 1996. Africanized honey bees in Brazil, forty years of adaptation and success. **Bee World** 77(2): 67-70.
- DELTON, A.W.; ROBERTSON, T.E. 2012. The social cognition of social foraging: partner selection by underlying valuation. **Evolution and Human Behavior** 33: 715-725.
- DONALDSON, J.S. 2002. Pollination in agricultural landscapes, a South African perspective. *In*: KEVAN, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. (Eds.). 2002. **Pollinating bees – The conservation link between agriculture and nature**. Ministry of Environment. Brasília, p.97-104.
- FAÇANHA, A.C. 2010. Apicultura no Piauí e desenvolvimento territorial. *In*: Anais XVI Encontro Nacional de Geógrafos. Crise, práxis e autonomia: espaços de resistência e de esperanças. Espaço de diálogos e práticas. Porto Alegre, RS. p.01-11. Disponível em: <www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=3302>. Acessado em 29/06/2012.
- FAO. 2010 .Food and Agriculture Organization of Unated Nations. **FAOSTAT: Country rank in the world, by commodity**. FAO 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acessado em 24/06/2012.
- FERNANDES, M.F.; BARBOSA, M.P.; MORAES NETO, J.M.; SILVA, M.J. 2008. Vulnerabilidade dos municípios da Chapada do Araripe. *In*: **II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Informação**. Recife.
- FERREIRA, M.L.B.; ARNAUD, E.R.; LEITE, D.T.; SOUSA, L.C.F.S. & SCHMIDT FILHO, R. 2012. Social environmental and economic study of family production of the beekeepers cooperative of Catole do Rocha-PB. **Revista Verde** 7(1): 34-44.
- FREITAS, D.G.F. 2003. **Nível tecnológico e competitividade da produção de mel de abelhas (*Apis mellifera*) no Ceará**. Dissertação (Mestrado em Economia Rural). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 94p.

- GAZIRE, J.A. & MURTA, L.L. 1981. **Apicultura migratória**. Informe Agropecuário. Empresa Agropecuária de Minas Gerais, v.7, n.75, p. 47-48.
- GIRALDEAU, L.; CARACO, T. 2000. **Social Foraging Theory**. Princeton University Press, Princeton, p. 376.
- GONÇALVES, L.S. 2004. **The big challenge: Development of beekeeping with Africanized honey bees in Northeast Brazil**. In: 8th IBRA-International Conference on Tropical Bees and VI Encontro sobre Abelhas. Hartfelder K. & De Jong, D. 2004. Proceedings of the 8th IBRA-International Conference on Tropical Bees and VI Encontro sobre Abelhas. Editora FUNPEC. p. 241-246.
- GUZMAN-NOVOA, E.; HUNT, G.J.; PAGE JR., R.E.; URIBE-RUBIO, J.L.; PRIETO-MERLOS, D.; BECERRA-GUZMAN, F. 2005. Paternal effects on the defensive behavior of honeybees. **Journal of Heredity** 96(4): 376-380.
- HANAZAKI, N; BEGOSSI, A. 2000. Fishing and niche dimension for food consumption of *caiçaras* from Ponta do Almada (Brazil). **Human Ecology Review** 7(2): 52-62.
- IBAMA. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. 2004. **Plano de Manejo da Floresta Nacional do Araripe**. Brasília, 323 p.
- IBAMA. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. 2006. **Plano operativo de prevenção e combate aos incêndios florestais da Floresta Nacional de Araripe-Apodi**. Ministério do Meio Ambiente. Crato, CE. 22p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, 38: 01-65. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/ppm2010.pdf> Acessado em: 24/06/2012.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; NUNES-SILVA, P. 2010. Abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**. 10(4): 59-62.
- ITPGRFA (International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture). 2008. **Pollinators: neglected biodiversity of importance to food and agriculture**. Provisional Agenda. 1-13. Tunis, Tunísia.
- JACOBI, C.M. & DEL SARTO, M.C.L., 2007. Pollination of two species of *Vellozia* (Velloziaceae) from high-altitude quartzitic grassland, Brazil. **Acta Botanica Brasilica** 21(2): 325-333.

- LIMAVERDE, R. 2007. **Os registros rupestres da Chapada do Araripe, Ceará, Brasil**. In: I Congresso Internacional da Sociedade de Arqueologia Brasileira. Florianópolis, SC.
- LOPES, P.F.M.; CLAUZET, M.; HANAZAKI, N.; RAMIRES, M.; SILVANO, R.A.M.; BEGOSSI, A. 2011. Foraging behavior of Brazilian riverine and coastal fishers: how much is explained by the optimal foraging theory? **Conservation and Society** 9(3): 236-246.
- KEVAN, P.G.; GUZMAN, E.; SKINNER, A. & ENGLESDORP, D, VAN. 2007. Colony Collapse Disorder (CCD) in Canada: do we have a problem? **Hive Lights** 20(2): 15-18.
- KLEIN, A.; VAISSIÈRE, B.E.; CANE, J.H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEM, C.; TSCHARNTKE. 2006. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society**. 274: 303-313.
- KLEINERT, A.M.P.; GIANNINI, T.C. 2012. Generalist bee species on Brazilian bee-plant interaction networks. **Psyche** 2012: 291519.
- KNIGHT, T.M.; STEETS, J.A.; VAMOSI, J.C.; MAZER, S.J.; BURD, M.; CAMPBELL, D.R.; DUDASH, M.R.; JOHNSTON, M.O.; MITCHELL, R.J.; ASHMAN, T. 2005. Pollen limitation of plant reproduction: patterns and process. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics** 36:467-497.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M.; THORP, R.W. 2002. Crop pollination from native bees are at risk from agricultural intensification. **PNAS**. 99(26): 16812-16816.
- MACARTHUR, R.H.; PIANKA, E.R. 1966. On optimal use of a patch environment. **The American Naturalist** 100(916): 603-609.
- MACHADO, I.C.; LOPES, A.V.; SAZIMA, M. 2010. Contrasting bee pollination in two co-occurring distylic species of *Cordia* (Cordiaceae, Boraginales) in the Brazilian semi-arid Caatinga: generalist in *C. globosa* vs. specialist in *C. leucocephala*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 82(4): 881-891.
- MARINKOVIĆ, S., NEDIĆ, N. 2010. Analysis of Production and Competitiveness on Small Beekeeping Farms in Selected Districts of Serbia. **APSTRACT** 4(3-4): 65–69.
- MITCHELL, R.J.; IRWIN, R.E.; FLANAGAN, R.J.; KARRON, J.D. 2009. Ecology and evolution of plant-pollinator interactions. **Annals of Botany** 103: 1355-1363.
- MITHEN, S.J. Modeling hunter-gatherer decision making: complementing optimal foraging theory. **Human Ecology** 17(1): 59-83.

- MORI, A.S.; SILVA, L.A.M.; LISBOA, G. 1989. **Manual de manejo do herbário fanerogâmico**. Centro de pesquisa do Cacau, Ilhéus.
- NADIA, T.C.L.; MACHADO, I.C.; LOPES, A.V. 2007. Polinização de *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae) e análise da partilha de polinizadores com *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), espécies frutíferas e endêmicas da caatinga. **Revista Brasileira de Botânica** 30: 89-100.
- NASCIMENTO, J.L.X.; NASCIMENTO, I.L.S.; AZEVEDO JÚNIOR, S.M. 2000. Aves da Chapada do Araripe (Brasil): biologia e conservação. **Ararajuba** 8(2): 115-125.
- NASCIMENTO, A.S. 2008. **Caracterização botânica e geográfica do mel de *Apis mellifera* L. produzido no território do Recôncavo da Bahia**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 77f.
- NEVES, E.L.; VIANA, B.F. 2011. Pollination efficiency of *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera, Apidae) on the monoecious plants *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. and *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill. (Euphorbiaceae) in a semi-arid Caatinga area, northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology** 71(1): 107-113.
- OLIVEIRA, M.A.S.; COSTA JÚNIOR, M.P. 2008. **Condicionantes da adoção de tecnologia no Pólo Apícola de Santana do Cariri – CE**. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco, AC, p. 1-18.
- ORIAN, G.H.; PEARSON, E. 1979. On the theory of central place foraging. In: HONORS, D.J.; STAIRS, G.R.; MITCHELL, R.D (Eds.). **Analysis of ecological systems**. Columbus, Ohio University Press. pp. 155-177.
- PARKER, G.A.; SMITH, J.M. 1990. Optimality theory in evolutionary biology. **Nature** 348: 27-33.
- PIANKA, E.R. 1973. The structure of lizard communities. **Annual Review of Ecology and Systematics** 4: 53-74.
- PIERCE, G.L.; OLLASON, J.G. 1987. Eight reasons why optimal foraging theory is a complete waste of time. **Oikos** 49:111-118.
- POTTS, S.G.; BIESMEIJER, J.C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER; KUNIN, W. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology and Evolution** 25(6): 345-353.
- PULLIAM, H.R. 1974. On the theory of optimal diets. **American Naturalist** 108: 59-74.

- PYKE, G.H. 1984. Optimal foraging theory: a critical review. **Annual Review of Ecology and Systematics** 15: 523-575.
- RANGEL, M.A. 2006. **A História do Setor de Apicultura da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 41f.
- REN, Z., WANG, H., BERNHARDT, P., LI, D. 2014. Insect pollination and self-incompatibility in edible and/or medicinal crops in southwestern China, a global hotspot of biodiversity. **American Journal of Botany** 101(10): 1–11.
- RIBEIRO, M.B.D. 1998. **Potencialidade da apicultura no Nordeste brasileiro**. In: Congresso Brasileiro de Apicultura. Anais do Congresso Brasileiro de Apicultura. Salvador: CBA, 12: 1998, p. 38-43.
- RIBEIRO, M.F.; PULÇA JÚNIOR, L.A.; SIQUEIRA, K.M.M.; KIILL, L.H.P. 2007. **Avaliação da potencialidade da apicultura em áreas de sequeiro e irrigada na Caatinga em Petrolina, PE**. In: 44ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. UNESP. Jaboticabal, p. 1-3.
- RIBEIRO, S.C.; FERREIRA, F.S.; BRITO, S.V.; SANTANA, G.G.; VIEIRA, W.L.S.; ALVES, R.R.N.; ALMEIDA, W.O. 2008. The Squamata fauna of the Chapada do Araripe, Northeastern Brazil. **Cadernos de Cultura e Ciência** 1(1): 67-76.
- RICHARDS, A.J. 2010. Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? **Annals of Botany** 88: 165-172.
- ROGGE, E.; NEVENS, F.; GULINK, H. 2007. Perception of rural landscapes in Flanders: Looking beyond aesthetics. **Landscape and Urban Planning** 82: 159-174.
- RORTAIS, A.; ARNOLD, G.; HALM, M.; TOUFFET-BRIENS, F. 2005. Modes of honeybees exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and nectar consumed by different categories of bees. **Apidologie**. 36: 71-83.
- ROUBIK, D.W.; MORENO, J.E.; VERGARA, C.; WITTMANN, D. 1986. Sporadic food competition with the African honey bee: projected impact of neotropical social bees. **Journal of Tropical Ecology**
- ROUBIK, D.W. 2002a. The value of bees to the coffee harvest. **Nature** 417: 708.
- ROUBIK, D.W. 2002b. Feral african bees augment neotropical coffee yield. In:

- KEVAN, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. (Eds.). 2002. Pp.: 255-266. **Pollinating Bees – The Conservation Link Between Agriculture and Nature**. Brasília, DF.
- RUCKER, R.R.; THURMAN, W.N.; BURGETT, M. 2012. Honey bee pollination markets and the internalization of the reciprocal benefits. **American Journal of Agricultural Economics** 94(4): 956-977.
- RYMER, P.D., WHELAN, R.J., AYRE, D.J., WESTON, P.H., RUSSEL, K.G. 2005. Reproductive success and pollinator effectiveness differ in common and rare *Persea* species (Proteaceae). **Biological Conservation** 123: 521-532.
- SANTANA, A.V.C.; OLIVEIRA, F.F. 2010. Inventário das espécies de abelhas (Hymenoptera, Apiformes) do *campus* da UFBA (Ondina), Salvador, BA: Dados preliminares III. **Candombá** 6(1): 28-51.
- SANTOS, C.S. & RIBEIRO, A.S. 2009. Apicultura uma alternativa na busca do desenvolvimento sustentável. **Revista Verde** 4(3): 01-06.
- SCHOENER, T.W. 1971. Theory of feeding strategies. **Annual Review of Ecology and Systematics** 2: 369-404.
- SHARMA, R. & BHATIA, R. 2001. Economics of stationary and migratory beekeeping in Himachal Pradesh. **Agricultural Science Digest** 22(3): 196-197.
- SIH, A.; CHRISTENSEN, B. 2001. Optimal diet theory: when does it work, and why does it fail? **Animal Behaviour** 61: 379-390.
- SILVA, R.A. 2009. **Apicultura**. In: SILVA, R.A. 2009. Análise da Conjuntura Agropecuária - Safra 2008/09. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Paraná. 25f.
- SMITH, E.A. 1983. Anthropological applications of optimal foraging theory: a critical review. **Current Anthropology** 24(5): 625-651.
- SMITH, F.G. 2015. Beekeeping as a forest industry. **East African Agricultural and Forestry Journal** 31(3): 349–355.
- SMITH, C. L.; MCKELVEY, R. (1986). Specialist and generalist: roles for coping with variability. **North American Journal of Fisheries Management** 6: 88–99.
- SOLDATI, G.T.; ALBUQUERQUE, U.P. 2012. A new application for the optimal foraging theory: the extraction of medicinal plants. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine** 2012: 364564.

- SOUZA, D.L.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; PINTO, M.S.C. 2007. As abelhas como agentes polinizadores. **RedVet** 3(3): 1-7.
- STEFFAN-DEWENTER, I.; POTTS, S.G.; PACKER, L. 2005. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. **Trends in Ecology and Evolution**. 20(12): 651-652.
- STEFFAN-DEWENTER, I. & WESTPHAL, C. 2008. The interplay of pollinator diversity, pollination services and landscape change. **Journal of Applied Ecology**. 45: 737-741.
- STEPH, J.D. 1990. Seasonality, resources stress, and food sharing in so-called “egalitarian” foraging societies. **Journal of Anthropological Archeaology** 9: 148-188.
- STOKSTAD, E. 2007. The case of empty hives. **Science** 316(5827): 970-972.
- TRINDADE, M.S.A.; SOUSA, A.H.; VASCONCELOS, W.E.; FREITAS, R.S.; SILVA, A.M.A.; PEREIRA, D.S. & MARACAJÁ, P.B. 2004. Avaliação da polinização e estudo comportamental de *Apis mellifera* L. na cultura do meloeiro em Mossoró, RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. 4(1): 01-10.
- VENTURIERI, G.C. 2008. **Criação de abelhas indígenas sem ferrão**. Embrapa Amazônia Oriental, 2ª Ed. Belém, PA, p. 60.
- VIANNA, M.R.; DE MARCO JÚNIOR, P.; OLIVEIRA, L.A. 2007. Manejo de polinizadores e o incremento da produtividade agrícola: uma abordagem sustentável dos serviços do ecossistema. **Revista Brasileira de Agroecologia** 2(1): 144-147.
- ZAR J.H. 1996. **Bioestatistical analysis**. Prentice-Hall, New Jersey.
- ZHOU, D.Y., S.F. JIAN, Y.Q. LIU, Y.Q. HUANG, Z.T. GU, H.O. KUANG, S.J. WU, ET AL. 2010. Primary study on the effects of pollination by honeybees on oilseed rape (*Brassica campestris* L.). **Journal of Bee** 1: 3–5.
- ZIERER, C.M. 1932. Migratory beekeepers of southern California. **Geographical Review** 22(2): 260-269.
- WATANABLE, M.E. 1994. Pollination worries rise as honey bee decline. **Science** 265: 1170.
- WELCH, A.; DRUMMOND, F.; TEWARI, S.; AVERILL, A.; BURAND, J.P. 2009. Presence and prevalence of viruses in local and migratory honeybees (*Apis mellifera*) in Massachusetts. **Applied and Environmental Microbiology** 75(24): 1-4.
- WESTPHAL, C., I. STEFFAN-DEWENTER, T. TSCHARNTKE. 2003. Mass flowering crops enhance pollinator densities at a landscape scale. **Ecology Letters** 6: 961–965.

WINFREE, R.; AGUILAR, R.; VÁZQUEZ, D.P.; LEBUHN, G.; AIZEN, M.A. 2009. A meta-analysis of bees' responses to antropogenic disturbance. **Ecology** 90(8): 2068-2076.

WISTON, M. L. 1992. The biology and management of Africanized Honey Bees. **Annual Review of Entomology** 37: 173-193.

YAMAMOTO, M.; BARBOSA, A.A.A.; OLIVEIRA, P.E.A.M. 2010. A polinização em cultivos agrícolas e a conservação das áreas naturais: o caso do maracujá-amarelo. **Oecologia Australis** 14(1): 174-192.

Aspectos socioambientais da apicultura itinerante na Chapada do Araripe, nordeste do Brasil

Apresentação

Nesse capítulo, realizamos uma breve descrição sobre a área de estudo, em que trazemos informações sobre características ambientais da região (como relevo, clima, temperatura, solo e vegetação). Caracterizaremos ainda, as espécies vegetais de maior importância para os apicultores que, entre outras, foram utilizadas na realização dos experimentos voltados à biologia reprodutiva. Descrevemos também a dinâmica da apicultura itinerante na região, mostrando ainda aspectos socioeconômicos do grupo envolvido com essa modalidade agrícola. Além disso, elucidaremos a escolha por esse tema, bem como os critérios que utilizamos para eleger as teorias aqui abordadas a fim de responder nossas questões. A construção desse capítulo foi motivada pela impossibilidade em incluir determinados aspectos da investigação nos formatos exigidos por periódicos científicos. Desta forma, esse texto foi construído com base em material bibliográfico, bem como nas experiências vividas por mim durante a condução dessa pesquisa.

Localização e características geológicas

Moreilândia é um município localizado no sertão de Pernambuco (07° 37' 51" S e 39° 33' 04" W), nos limites da microrregião de Araripina, região que registra a maior produção de mel no estado (Barbosa e Souza, 2011). O município onde habitam cerca de 11.000 pessoas, está há 577 km do Recife e ocupa uma área territorial de 637,599 km² inserida nos domínios da Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe (APA-Araripe), em elevações que variam entre 300 e 800 m de altitude. O clima predominante em Moreilândia é BSw^h (*sensu* Köppen), semiárido quente, e vegetação predominante formada por floresta caducifólia e caatinga hipoxerófila (CPRM, 2005). A temperatura média anual de 24,7° C (CONDEPE/FIDEM, 2007; Sá et al., 2010) e precipitação média anual de 700 a 900 mm (CPRM, 2005). No município o regime climático obedece a períodos estacionais bem definidos, onde o período chuvoso se estende de janeiro a maio e o período seco entre os meses de junho a dezembro (CPRM, 2005). A cobertura sedimentar é predominantemente formada por rochas cristalinas sob a forma de chapadas baixas, que compõem os chamados Tabuleiros Interioranos (EMBRAPA, 2000), e na porção norte, um enclave da Chapada do Araripe, a composição sedimentar é formada por chapadas altas (CPRM, 2005). Quanto a disponibilidade de água na área de estudo, parte do município está situado na Bacia do Rio Brígida, e este sofre intensas pressões antrópicas como exploração industrial de gesso, olarias, agricultura de sequeiro, além dos

processos de desmatamento para abertura de áreas de pastagem (Lopes et al. 2010), o que o inclui, entre outros fatores, na lista de municípios das Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD) (IICA, 2012).



Figura 1: A. Área da Chapada. B. Área de Sertão.

Dinâmica da apicultura em Moreilândia

O clima e diversidade florística dos ecossistemas brasileiros constituem fortes subsídios para a prática apícola, e apesar do não aproveitamento de todo o potencial que o país tem para produção de mel e demais produtos apícolas, o Brasil figura entre os dez maiores produtores de mel do planeta (FAO, 2010; Ferreira et al., 2012), movimentando um valor aproximado a US\$ 360 milhões anuais. A região nordeste, é a segunda maior produtora de mel no país, com aproximadamente 11.000 apicultores (Ferreira et al., 2012), que trabalham, majoritariamente, em regime familiar ou temporário, entre as safras agrícolas (Façanha, 2010). No município de Moreilândia, área em que esse estudo foi desenvolvido, a apicultura surgiu recentemente, há aproximadamente 15 anos, como alternativa para o incremento das atividades geradoras de renda das populações locais. No entanto, percebe-se que a falta de recursos e investimento tecnológico e econômico na região são fatores limitantes para que a atividade eleve seu status de subsistência para o de atividade economicamente forte a ponto de gerar empregos e renda compatíveis com o potencial produtivo da região. Desta forma, o corpo de apicultores do município caracteriza-se por ser formado, majoritariamente, por pequenos agricultores, que mesclam atividades agrícolas com atividades apícolas, principalmente no período de chuvas na região. Devido ao baixo poder econômico e precárias condições tecnológicas enfrentadas por esses agricultores, os mesmos costumam organizar-se social e/ou familiarmente para desenvolver as atividades relativas à prática apícola, incluindo a migração das colmeias, manejo das

abelhas, coleta e venda do mel. Essa cooperação facilita o manejo, a produção e diminui os riscos tanto de perda de produção quanto de acidentes com as abelhas e ainda torna a oferta mais interessante economicamente entre os grupos, uma vez que eles podem se organizar e vender o produto por valores mais altos do que se negociassem sozinhos. Quanto a essa organização, há no município a existência de um grupo organizacional, a APIM (Associação dos Apicultores de Moreilândia), que possui uma casa de beneficiamento do mel. No entanto, por motivos diversos, nem todos os apicultores da cidade estão vinculados a essa instituição.

Espécies estudadas

Para a escolha das espécies avaliadas no estudo ecológico, relativo, especificamente, a verificação das possíveis influências que a deposição das colmeias poderia exercer no sucesso reprodutivo das plantas nativas, utilizamos como principal critério as informações passadas pelos apicultores. Desta forma, o estudo etnobiológico precedeu a avaliação ecológica e, para tanto, as informações foram obtidas durante as entrevistas semiestruturadas (ver Albuquerque et al. 2014) e conversas informais. Durante a aplicação dos formulários de entrevistas, os apicultores eram questionados sobre as plantas preferidas por eles para produção, os motivos da preferência, além de indicarem as plantas que, de acordo com as representações ambientais¹ dos mesmos, recebiam as maiores taxas de frequência de visitas. Aos apicultores ainda foram solicitadas informações sobre o período da fenofase de floração das espécies, uma vez que o experimento deveria ser feito com espécies que florescimento concomitante, bem como dados sobre seus visitantes florais, uma vez que receber visitas de *Apis mellifera* consistia em um requisito básico para inclusão da espécie na investigação. Relacionadas tais informações, elegemos quatro espécies para condução do experimento, sendo duas nas áreas de “serra”, *Serjania lethalis* A. St.-Hil. e *Matayba guianensis* Aubl., ambas pertencentes à família Sapindaceae (Fig. 2). No “sertão”, mais duas espécies foram selecionadas, *Croton blanchetianus* Baill. e *Croton campestris* A. St.-Hil., pertencentes à família Euphorbiaceae (Fig. 2).

Matayba guianensis

Espécie localmente conhecida como “mangueira-braba”, “pitomba-braba” ou “pitombeira-braba”. É a única espécie de hábito arbóreo incluída na investigação. *Matayba guianensis* apresenta indivíduos funcionalmente dioicos e estes exibem apenas um dos três tipos florais a seguir: 1) tipo pistilado (com androceu não funcional) para indivíduos funcionalmente pistilados e, 2) dois tipos estaminais que diferem no tamanho do pistilo não funcional, para indivíduos funcionalmente

¹ Este trabalho adota o termo representação em substituição à percepção, pois este último, está fortemente relacionado à compreensão sensorial, portanto, não aborda diversos filtros, tais como fisiológicos, culturais, psicológicos etc., que podem influenciar no processo de compreensão ambiental. 38

estaminados. Assim como *S. lethalis*, essa espécie floresce durante o período de estio, e forma grandes populações, no entanto, costumam formar adensados, que podem ser resultado de propagação vegetativa, característica presente nessa espécie (Carvalho e Oliveira, 2010).

De acordo com Machado e Oliveira (2010), *Matayba guianensis* compõe um importante recurso em áreas de cerrado, pois apresenta flores bastante atrativas para a guilda de polinizadores dessas áreas, principalmente quando se trata dos membros do grupo Apidade. Na região da Chapada do Araripe os apicultores itinerantes apontam que *M. guianensis* floresce abundantemente fornecendo néctar e, principalmente, grande quantidade de pólen para *A. mellifera* e demais polinizadores.

Serjania lethalis

É conhecida popularmente na região como “cipó-uva”, “croapé”, “chiador”, “cipó-chiador” e “cipó-três-quinas”. Constitui um elemento bastante abundante na região, sendo bastante comum em áreas com histórico de perturbações oriundas de atividades antrópicas, e.g., áreas de cultivo abandonadas, margens de estradas e bordas florestais. *Serjania lethalis* apresenta fenofase de floração durante a estação seca, o que a torna um dos poucos recursos disponíveis nesse período sazonal. Além disso, a floração da espécie é abundante, com inflorescências tirsóides que podem perdurar por cerca de 35 dias e conter centenas de flores com longevidade de, aproximadamente, três dias (Alves 2013). Esse conjunto de estratégias faz com que a espécie tenha grande notoriedade seja entre polinizadores, a qual figura entre os recursos mais vantajosos da região (Uezu e Contrera, 2000; Alves, 2013), seja entre os próprios apicultores, que reconhecem a importância da espécie e, no período de estio, movem suas colmeias para áreas onde há abundância de indivíduos do cipó-uva (Alves et al., no prelo).

Serjania lethalis se caracteriza por ser uma liana andromonóica, com uma fase unissexual (= diclina), na qual apresenta apenas flores masculinas e outra fase hermafrodita (= monoclina), em que produz flores de ambos os sexos. Juntamente com algumas espécies congêneres, *S. lethalis* é considerada pelos apicultores como um recurso floral muito importante para a apicultura no nordeste brasileiro (Alves et al., 2014).

Essas informações são endossadas pelo discurso dos apicultores da região estudada, que ainda apontam que a espécie apresenta floração abundante e fornece grandes quantidades de pólen e néctar por um longo tempo (Alves et al., no prelo). Nossos informantes ainda afirmam que o mel produzido a partir dos recursos ofertados por *S. lethalis* apresenta características que são consideradas ideais para comercialização (e.g., clareza, densidade, gosto, etc.), sendo considerado o mel de maior apreciação entre os produzidos na Chapada do Araripe.

Croton blanchetianus

Conhecida entre a população como “marmeleiro” trata-se de um arbusto monóico que, de acordo com os apicultores da região forma grandes populações na região. Entretanto, para Lopes et al. (2012), *C. blanchetianus* não é abundante apenas na área de estudo, seu potencial de dominância se estende por todo o semiárido brasileiro, principalmente em áreas com histórico de degradação antrópica, sendo, portanto, uma das espécies mais abundantes e disponíveis no semiárido do nordeste brasileiro. Ainda de acordo com esses autores, o potencial de dominância dessa espécie, pode ser devido aos aglomerados que seus indivíduos formam em suas áreas de ocorrência. Nesses locais, é possível observar aglomerados mono-específicos, nos quais *C. blanchetianus* domina a paisagem (Lopes et al., 2012).

Croton blanchetianus não apresenta alta produção de néctar (Alves et al., 2005), no entanto, produz inflorescências com grande número de flores (Ohashi e Yahara, 2001) e alta sincronia do período de floração (Silva et al., 2011), variáveis que associadas à abundância de indivíduos compensa a baixa produtividade de néctar.

Tais características fazem com que *C. blanchetianus* seja reconhecida como um dos recursos mais importantes para a apicultura na região nordeste do Brasil (Borges et al., 2014). Desta forma, estimulados pelas vantagens que *C. blanchetianus* oferece, os apicultores itinerantes da região da Chapada do Araripe, movem suas colmeias para as áreas em que há abundância desse recurso. Os motivos elencados por eles para o direcionamento de suas colmeias para tais áreas vão além da intenção de produção comercial, como acontece com a o “cipó-uva” (*S. lethalis*). Muitos apicultores visam aumentar a população de abelhas com esse recurso, comercializando apenas o mel excedente, uma vez que a intenção principal desses apicultores é preparar suas abelhas para a temporada de floração de *S. lethalis*. Ainda sobre a utilização de *C. blanchetianus* na dinâmica da apicultura na área estudada, outros apicultores, informam que o “marmeleiro” é uma espécie-chave para a manutenção da atividade nos períodos de extrema seca, quando esses profissionais perdem grande parte dos enxames por não terem condições de mantê-los frente à escassez de recursos. Nessas situações, eles aproveitam a floração do “marmeleiro”, que atrai grande diversidade de polinizadores e capturam enxames para povoar novamente colmeias que foram abandonadas.

Sendo assim, para os apicultores da Chapada do Araripe, *C. blanchetianus* é uma espécie de grande importância na dinâmica da apicultura, pois se enquadra no conceito de versatilidade utilitária, no qual uma única espécie apresenta vários usos.

Croton campestris

Popularmente conhecida como “velame”, *Croton campestris* é, de acordo com os apicultores da Chapada do Araripe, um recurso de grande importância para a atividade, pois, apesar de perceberem que a produção de mel a partir de recursos do velame não é tão abundante quando a do marmeleiro. Esses apicultores afirmam que, o “velame” floresce o ano inteiro desde que tenha chuva.

Outro fator indicado pelos apicultores quanto a importância da produção de mel obtido de *C. campestris* é que eles usam esse recursos não exatamente para comercialização, uma vez que o mel oriundo dessa espécie não tem bons índices de aprovação por ser um pouco amargo, sendo utilizado, preferencialmente, para alimentação das próprias abelhas. Outro uso comum que se atribui ao mel de marmeleiro é o medicinal, uma vez que os apicultores afirmam que os méis mais amargos são os que apresentam maior poder de cura.



Figura 2: A. *Croton blanchetianus* Baill. B. *Croton campestris* St.-Hil. D-C. *Matayba guianensis* Aubl. E-F. *Serjania lethalis* A. St.-Hil. Foto: A-C. A.S.A. Alves D. D. Sasaki. E-F. Maurício Mercadante.

Objetivos da investigação

A motivação para o desenvolvimento dessa tese se deu a partir das observações dos pesquisadores envolvidos nessa investigação que percebiam que na região da Chapada do Araripe havia grande concentração de apicultores adeptos à apicultura migratória. Desta forma, surgiram questionamentos acerca dos critérios utilizados pelos mesmos para escolher áreas proveitosas para produção. Para tanto, avaliamos as possibilidades que tínhamos disponíveis para tentarmos responder esse questionamento e compreendemos que a Teoria do Forrageamento Ótimo (TFO) poderia nos dar respostas satisfatórias quanto a essas questões. Entretanto, apesar de elegermos a TFO como ferramenta para compreensão dessas questões, percebemos que, apenas os elementos comumente abordados na TFO, poderiam deixar algumas lacunas, uma vez que os apicultores migratórios da Chapada do Araripe organizam-se em grupos para desempenhar suas atividades. Sendo assim, incluímos a abordagem do forrageamento social, para que pudéssemos ter maior poder explicativo quanto aos critérios relacionados à tomada de decisão para obtenção de recursos por parte desses agricultores. Além dos aspectos relacionados às decisões para as ações de migração, a influência que a inclusão de diversas populações de *A. mellifera* poderia exercer no sucesso reprodutivo das plantas nativas nos motivou a realizar o estudo ecológico a fim de compreender se essas abelhas são capazes de aumentar o *fitness* reprodutivo das espécies vegetais que estão sobre seu alcance.

Desta forma, essa tese teve como objetivo geral propor a caracterização da apicultura migratória no semiárido brasileiro a partir do comportamento dos apicultores e da influência da atividade na comunidade de plantas nativas. Para tanto, foram abordados aspectos ecológicos e etnobiológicos da atividade a fim de compreender os seguintes objetivos específicos desenvolvidos em cada manuscrito científico apresentado nesta tese:

1. Compreender a atividade da apicultura migratória como elemento de um sistema cultural e analisar o comportamento dos apicultores (forrageadores) na seleção das áreas para obtenção de recursos, levando em consideração estratégias de otimização tomadas social e individualmente.
2. Avaliar a influência da inserção das populações de *Apis mellifera* introduzidas com a apicultura migratória no sucesso reprodutivo pré-emergente de plantas nativas.

O primeiro objetivo foi desenvolvido no manuscrito II, que traz uma análise realizada através de uma investigação etnobiológica com os apicultores migratórios de uma área da Chapada do Araripe. O segundo objetivo foi pauta para o manuscrito III, que, através de um estudo ecológico direcionado a partir de informações etnobiológicas, se propôs a avaliar o sucesso reprodutivo das plantas nativas sob influência da apicultura migratória.

Referências

- ALBUQUERQUE, U.P., RAMOS, M.A., LUCENA, R.F.R.; ALENCAR, N.L. 2014. Methods and techniques used to collect ethnobiological data, in: ALBUQUERQUE, U.P.; CUNHA, L.V.F.C.; LUCENA, R.F.P.; ALVES, R.N.N. (Orgs.), **Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology**. Humana Press, New York, pp. 15–37.
- ALVES, A.S.A., NASCIMENTO, A.L.B., ALBUQUERQUE, U.P., CASTRO, C.C. No prelo. Optimal foraging theory perspectives on the strategies of itinerant beekeepers in semiarid Northeast Brazil. **Human Ecology**.
- ALVES, J.E., GUIMARÃES, A.N.C., FERNANDES, J.A.B., SANTOS, T.R., FREITAS, B.M. 2005. **Biologia floral do marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell.: Euphorbiaceae) e comportamento de seus visitantes florais**. Anais da 57 Reunião anual da SBPC, Fortaleza, 1–2 (abstract).
- ALVES, T.T.L. 2013. **Potencial do cipó-uva (*Serjania lethalis*) como fonte de néctar para exploração apícola na Chapada do Araripe**. Doutorado Integrado em Zootecnia (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 197p.
- ALVES, T.T.L., MASCENA, V.M., SILVA, J.N., FREITAS, B.M. 2014. Diversidade de insetos e frequência de abelhas visitantes florais de *Serjania lethalis* na Chapada do Araripe. **Revista Verde** 9 (4): 112–116.
- BARBOSA, W.F., SOUSA, E.P. 2011. **Nível tecnológico e seus determinantes na apicultura da microrregião do cariri – CE: uma aplicação de regressão qualitativa**. In: VII Encontro Economia do Ceará em Debate. 2011. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Fortaleza, Ceará. 23p. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/economia-do-ceara-em-debate/vii-encontro/artigos/NIVEL_TECNOLOGICO_E_SEUS_DETERMINANTES_NA_MICRORREGIAO_DO_CARIRI_CEARA_IPECE_2011.pdf>. Acessado em 04/07/2012.
- BORGES, M.G.B., SILVA, R.A., ARAÚJO, A.S., ANDRADE, A.B.A., CAJÁ, D.F., MARACAJÁ, P.B. 2014. Estudo sobre a sustentabilidade: aspectos socioeconômicos e ambientais em cinco associações de apicultores no Sertão da Paraíba. **Acta Apicola Brasilica**. 2(2): 01–12. Doi: <http://dx.doi.org/10.18378/aab.v2i2.3505>.
- CARVALHO, A.M.C., OLIVEIRA, P.E.A.M. 2010. Estrutura da guilda de abelhas visitantes de *Matayba guianensis* Aubl. (Sapindaceae) em vegetação do cerrado. **Oecologia Australis** 14(1): 40–66.

CONDEPE/FIDEM. (2007). **Moreilândia Perfil Municipal de 2007** – Recife.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). (2005). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento de água subterrânea. Diagnóstico do município de Moreilândia, estado de Pernambuco.** MASCARENHAS, J.C.; BELTRÃO, B.A.; SOUZA JÚNIOR, L.C.; GALVÃO, M.J.T.G., PEREIRA, S.N.; MIRANDA, J.L.F. Recife: CPMR/PRODEEM.

FAÇANHA, A.C. 2010. **Apicultura no Piauí e desenvolvimento territorial.** In: Anais XVI Encontro Nacional de Geógrafos. Crise, práxis e autonomia: espaços de resistência e de esperanças. Espaço de diálogos e práticas. Porto Alegre, RS. p.01-11. Disponível em: <www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=3302>. Acessado em 29/06/2012.

FAO. 2010 .Food and Agriculture Organization of Unated Nations. **FAOSTAT: Country rank in the world, by commodity.** FAO 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acessado em 24/06/2012.

FERREIRA, M.L.B.; ARNAUD, E.R.; LEITE, D.T.; SOUSA, L.C.F.S. & SCHMIDT FILHO, R. 2012. Social environmental and economic study of family production of the beekeepers cooperative of Catole do Rocha-PB. **Revista Verde** 7(1): 34-44.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura). (2012). **Apoio a iniciativas locais de combate à desertificação.** Available in http://www.iicabr.iica.org.br/wp-content/uploads/2014/03/Livro_CombateDesertificacao_web.pdf. Acessado em 20.01.2015.

LOPES, C.G.R., FERRAZ, E.M.N., CASTRO, C.C., LIMA, E.N., SANTOS, J.M.F.F., SANTOS, D.M., ARAÚJO, E.L. 2012. Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. **Forest Ecology and Management.** 271(2012): 115–123. doi: 10.1016/j.foreco.2012.01.043.

LOPES, H.L.; CANDEIAS, A.L.B.; ACCIOLY, J.O.L.; SOBRAL, M.C.M.; PACHECO, A.P. (2010). Parâmetros biofísicos na detecção de mudanças na cobertura e uso do solo em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 14(11): 1210-1219.

MACHADO, A.M.C., OLIVEIRA, P.E.A.M. 2010. Estrutura da guilda de abelhas visitantes de *Matayba guianensis* Aubl. (Sapindaceae) em vegetação do cerrado. **Oecologia Australis** 14(1): 40–66.

OHASHI K, YAHARA T. CHITTKA L, THOMSON JD. 2001. Behavioral responses of pollinators to variation in floral display size and their influences on the evolution of floral traits, **Cognitive ecology of pollination.** Cambridge University Press, Cambridge, UK.

SILVA, R.C.S., NASCIMENTO, I.S., SOUZA, D.N.N., SANTOS, P.S., ARAÚJO, E.L. 2011. **Fenologia reprodutiva de uma população de *Croton blanchetianus* Baill. (Euphorbiaceae) após corte raso de uma área de floresta tropical seca (caatinga).** X Congresso de Ecologia do Brasil. São Lorenção, MG.

UEZU, A., CONTRERA, F.A.L. 2000. **Número de flores abertas por inflorescência de *Serjania lethalis* (Sapindaceae) e sua relação com a frequência de visitas de *Apis mellifera*.** In: Martins, M., Mantovani, W., Metzger, J.P. (Orgs.), Livro da Disciplina Ecologia de Campo. Universidade de São Paulo, pp. 136–140.

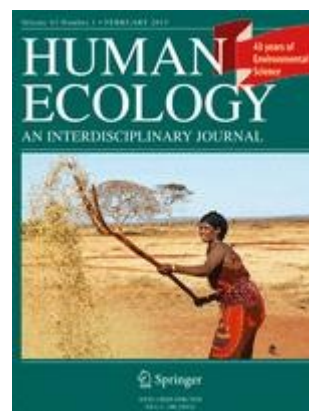
Manuscrito II

Publicado pelo periódico Human Ecology

(DOI: 10.1007/s10745-017-9909-2)

Optimal foraging theory perspectives on the

itinerant beekeepers in semiarid Northeast Brazil



strategies of

Andrêsa Suana Argemiro Alves¹; André Luiz Borba do Nascimento¹; Ulysses Paulino Albuquerque¹;

Cibele Cardoso de Castro²

¹ Rural Federal University of Pernambuco (UFRPE). Department of Biology, Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, Pernambuco, Brazil.

² Rural Federal University of Pernambuco (UFRPE). Garanhuns Academic Unit, Avenida Dr. Bom Pastor, s/n, Boa Vista, 55292-270, Garanhuns, Pernambuco, Brazil.

Abstract

Foraging theory has been widely used to understand patterns associated with obtaining resources and the optimal cost-benefit relationship between forager and resource. However, many analytical theoretical models do not consider the influence of social groups on forager strategy. We analyzed strategies for obtaining resources from two perspectives: individual and social. For the first, we tested hypotheses that addressed whether individual strategies followed the predictions of classic models of foraging theory. In the second approach, we investigated potential social influences on resource-obtaining strategies. Our results suggest that regardless of the strategy adopted by the forager (specialist or generalist), environmental factors, such as abundance, regulated success in obtaining resources. However, we observed that specialists had a greater advantage relative to generalists when resources were abundant. We also observed that forager decision-making was related to the social context of the individual forager, which influenced their strategies.

Keywords: Human behavioral ecology; Adaptive strategies; Evolutionary ethnobiology; Optimal Foraging Theory; itinerant beekeeping; Brazil

Introduction

Foraging theory and many analytical models related to optimal foraging have been applied in human behavior research since the 1980s (Begossi 1993; Soldati and Albuquerque 2012). Optimal foraging theory (OFT) takes as a basic premise that a forager's search for resources is guided by the goal of an optimal cost-benefit relationship between investment and return (Pyke 1984; Begossi 1993). Decisions made by foragers will affect their foraging aptitude, which can directly or indirectly influence the success of their offspring in both genetic and cultural contexts (Pyke 1984).

The many applications of foraging theory include the analysis of strategies of resource-dependent investment, which considers not only fitness maximization with respect to investment and return but also the risk associated with forager behavior (Winterhalder 1990), suggesting that foraging strategies address the uncertainty of resource gaining versus the investment assigned to it. In general, foragers can be classified as specialists or generalists (Smith and McKelvey 1986). Specialists invest in high-yield resources even if they require more costly strategies. In contrast, generalists prefer resources that can be exploited opportunistically. Freeman *et al.* (2014) noted that specialists often obtain the same results as generalists by investing less effort than generalists through high qualification in a specific role. Other researchers (e.g., Smith and McKelvey 1986) suggest that when resources are available, the net income (greatest benefit in relation to cost) of specialists is higher than that of generalists. However, in environments where the availability of resources undergoes intense variation, the relative advantage of specialists may fluctuate.

The application of OFT to understand human behavior has been criticized on the grounds that in many studies the models applied do not consider relationships among foragers; i.e., they focus only on the relationship between forager and resource (Pierce and Ollason 1987; Delton and Robertson 2012). Thus, strategies that can be employed in a social context, such as learning, imitation, and competition, are omitted from these models. Nevertheless, foraging theory can accommodate models that are based on the relationships among human social groups, such as those that consider social foraging (Giraldeau and Caraco 2000). Cultural evolution theory, which is not necessarily grounded

on optimization re-search, can be applied to social foraging models (Mesoudi 2011) because it aims to explain the dynamics of human relationships. Therefore, both of these theories consider that humans, because they select the resources that they need, take into account information from multiple sources, including individual experience and social information, which increases their environmental exploitation capacity and the consequent maximization of their aptitude (Webster and Laland 2012).

Our research addresses human decision-making regarding the selection and acquisition of resources by considering individual and social optimization strategies in foraging decisions. Our model is itinerant beekeeping - the breeding of honeybees (*Apis mellifera* L.) using mobile hives. By monitoring flowering in several areas, this practice provides an uninterrupted supply of food sources for the bees, thereby increasing production compared to using fixed hives (Trindade *et al.* 2004; Matsumoto and Yamazaki 2013). Thus, the movement of beehives represents a mitigating action to seasonal variation, a factor that promotes hive abandonment in tropical regions during periods of food shortage (Wiston 1992). Therefore, beekeepers, considered here as foragers, both use individual foraging strategies and are influenced by the social groups they are part of. The main decisions of beekeepers are related to production, such as the attractiveness of areas for bees, the quality and abundance of forage, the length of stay, and required levels of technical and financial investment.

This study aims to provide a basis for the development of behavioral research with humans in which individual optimization strategies are considered along with social influences within a cultural system by testing the following hypotheses: (1) itinerant beekeepers select areas for the installation of apiaries, regardless of seasonality, based on the abundance or quality of food resources available to bees; (2) the preferred areas for the installation of apiaries have the highest number of preference criteria; (3) specialist beekeepers have higher profits than generalist beekeepers; (4) specialist beekeepers who apply seasonally related criteria have higher profits than those who do not; and (5)

beekeepers tend to forage in similar areas depending on the social group to which they belong, reflecting the influence of social interaction over individual strategies.

Materials and Methods

Study area

The study was conducted in the municipality of Moreilândia (07°37'51"S and 39°33'04"W), Araripina microregion, which produces the most honey in the state of Pernambuco, Northeastern Brazil (Barbosa and Souza 2011). Moreilândia, 577 km from Recife, has an area of 637.599 km² and just over 11,000 inhabitants. It is located within the Environmental Protection Area (Área de Proteção Ambiental-APA) of Chapada do Araripe at elevations ranging between 300 and 800 m. The climate is BSw^h' (sensu Köppen), hot semi-arid, with predominant vegetation consisting of deciduous forests and hypoxerophytic caatinga (CPRM 2005). The average annual temperature is 24.7 °C (Sá et al. 2010), and the average annual rainfall is 700–900 mm (CPRM 2005). The climate regime has well-defined seasonal periods; the rainy season extends from January to May, and the dry season prevails from June to December (CPRM 2005). The municipality is situated in the Brígida River Basin, which is subject to intense human pressures such as industrial exploitation of plaster, brick pottery, dry farming, and deforestation to create open grazing areas (Lopes et al. 2010). These characteristics, among others, place the municipality on the Areas Susceptible to Desertification list (ASD) (IICA 2012).

Beekeeping dynamics in Chapada do Araripe

Beekeeping is new to the study area, beginning approximately 15 years ago, and is now widely practiced. The municipality is among the ten highest honey producers in the state and production increased by approximately 50% in the last decade (Barbosa and Souza 2011). However, most beekeepers combine this with other agricultural activities such as crop cultivation (e.g., corn,

beans, and vegetable crops), especially during the rainy season. During the dry period, beekeepers organize socially, often in family groups, and move their hives in search of summer blooming plant species to ensure financial resources for subsistence and future investments in agricultural and livestock keeping activities. We classified beekeepers into two groups: those affiliated with the Moreilândia Beekeepers Association (APIM) and those who are not.

The APIM is a cooperative body of beekeepers from the municipality, and its members are organized in activities ranging from the acquisition and management of hives to the collection and sale of bee products. APIM members also have a "house of honey", currently being certified, for the production and marketing of organic honey for export. Fifty-five beekeepers were recorded as affiliated with the Moreilândia Beekeepers Association (APIM). Among them, 33 move their hives, and only four are dedicated exclusively to beekeeping.

Although the city has many beekeepers not affiliated with the APIM, we could not estimate their number because our sampling method allowed us to involve only beekeepers who move their hives. While they do not enjoy the benefits of affiliation with the APIM, these beekeepers are organized into farmers' associations, joint bodies similar to rural communities, and social groups and/or families to coordinate their activities. However, because they do not have legal trading authorization, these beekeepers are part of a supply chain in which they do not benefit from the total profit of their activity. Regardless of the differences between APIM-affiliated and unaffiliated beekeepers, the productivity of all beekeepers is subject to the same environmental conditions.

In the study area, itinerant beekeepers use two large areas for the installation of their apiaries during the year. The first is in the Chapada do Araripe, located in a brushwood phytophysiognomy with an elevation of approximately 800 m, locally called "serra", which is used in the summer. However, it is common to find plant species characteristic of caatinga and cerrado ecosystems there also, as well as an abundance of *Serjania lethalis* A. St-Hil. (a type of liana). This plant species is of great interest to beekeepers in the region because of its lengthy and abundant flowering periods

during times of typically low flower availability, and because of the commercially valued characteristics of the honey produced from this species, such as a light color, a sweet taste, late crystallization, and a low moisture content. The beekeepers earn more during *S. lethalis* flowering because product marketing is based on kilograms and honey density and because the honey has more of the desirable qualities than honeys from other plant species in the region. The second area is located in a caatinga region, called "sertão", which is dominated by deciduous vegetation. This area has an elevation lower than that of "serra", and is used on the hive transport route during the rainy season. Several species bloom, although for short periods, in this season. Some beekeepers prefer to situate their hives on land with an abundance of *Croton blanchetianus* Baill. (quince) at this time because this species produces a large amount of nectar, resulting in a honey with a light color and a flavor with optimal sweetness, matching the tastes of the honey market.

Data Collection

We made initial contact with beekeepers during a visit to the APIM, when we explained the purpose of the study. Subsequent to identification of the first beekeeper willing to participate in the survey, we used the "snowball" method (Bailey 1978) to identify other willing participants in the municipality.¹ According to the information obtained from the interviews, participants were from eight rural communities, i.e., Alto Grande, Serra Alegre, Serra do Mandacaru, Serra Mata Grande, Serra do Mosquito, Serra do Munduri, Sítio Fortalezinha and Sítio Olho D'Água, and two districts, Moreilândia (center) and Cariri-Mirim. All 46 itinerant beekeepers nominated by their peers (five women and 41 men) were interviewed. Thirty-three were affiliated with the APIM. This identification process was conducted to establish criteria for defining the strategies used in selecting the areas for installation of apiaries.

Between March 2013 and May 2014, semi-structured interviews were held monthly (Albuquerque et al. 2014) to obtain information about the selection criteria for the installation of

¹ That is, the first participant identifies other potential participants, who in turn identify further participants until no new identifications emerge.

apiaries, the profit made by beekeepers (=46), and the social groups (=7) to which they belonged (n = 46). Thus, we sought to relate beekeeper strategies for selecting the areas to the classification of resource-obtaining strategies established in foraging theory. We categorized the beekeepers as generalist or specialist foragers depending on the strategy used in each season (dry and rainy). Based on the 12 criteria obtained through interviews (Table 1), beekeepers were classified as generalist (n = 18 in the dry season and n = 22 in the rainy season) or specialist (n = 28 in the dry season and n = 24 in the rainy season). We considered as generalists the least selective beekeepers in relation to the chosen areas; i.e., the generalist beekeeper is capable of traversing through many patches since his or her only motivation to move to a given area is to follow the flowering of plant species in general, without any stated preference for a group of species or environmental characteristics. Conversely, specialists selected areas by moving through only a few patches and, in addition to the requirement of the presence of specific flowering species, had other requirements for area selection, e.g., the absence of pesticides and the presence of sufficient available water. Thus, specialist beekeepers tend to select more profitable patches than generalist beekeepers. To measure investment, we used semi-structured interviews to collect information covering one year of activity, including the following: the maintenance of used areas; the rental, transportation, and installation of apiaries; monetary payments to third parties; and investments in production materials (e.g., the acquisition of breeding boxes, uncapping materials, centrifuges, and decanters), bee food, and honey collection and processing. To assess profit, we measured the perception of plant productivity as described by the beekeepers, the number of swarm boxes belonging to each beekeeper, the volume in kilograms of honey produced in each seasonal period, and the monetary value of the final product, calculated per kilogram sold. To obtain data on the composition of social groups, the community of which each beekeeper was a member, kinship relationships and/or cooperation among beekeepers, and analyses between the areas used by them were assessed.

To build an information framework of the selection criteria of the areas, we collected the vernacular names of the plants preferred by beekeepers and the local names of areas used in hive movements. We related this information to the choice of areas to establish whether certain areas, in addition to the bee flora available, exerted an influence on beekeeper decision-making regarding the collection of re-sources. Specifically, we investigated potential area influences from both an ecological perspective, related to the quality or abundance of resources, and a social perspective, as evaluated by the degree of similarity between pairs in foraging areas, determined from semi-structured interviews and socioeconomic data.

Beekeepers indicated 19 sites used for the installation of apiaries (Table 3): five in brushwood phytophysiology, 11 in caatinga vegetation, and three in a transition area between the two ecosystems. Both the brushwood and caatinga areas are on farms intended for agricultural activities and/or livestock. The plants indicated by beekeepers in the free list were collected in guided tours (Albuquerque *et al.* 2014) with the help of itinerant beekeepers. After collection, the samples were processed according to typical taxonomic methods (Santos *et al.* 2014), identified by experts and/or from herbarium specimens belonging to the Professor Vasconcelos Sobrinho Herbarium (PEUFR) of the Rural Federal University of Pernambuco and the Caririense Dárdano Andrade-Lima Herbarium (HCDAL) of the Regional University of Cariri. Subsequently, the samples were incorporated into these herbarium collections.

Data analysis

To assess whether itinerant beekeepers select areas for the installation of apiaries based on the abundance or quality of food resources available to bees, we counted the number of mentions of plants that provide a greater yield and the number of mentions of plants that provide a higher quality resource by season (dry and wet) according to the stated preferences of beekeepers for the areas in which they install their apiaries. A chi-square test (χ^2) was performed to assess whether there was a significant difference in the proportions of the number of mentions for each season.

To investigate whether the most preferred areas for the installation of apiaries had more preferred criteria, data on plant preferences and foraging areas obtained from free lists were analyzed according to their salience with the aid of Anthropac software, version 4.0 (Borgatti and Natick 1996). A Spearman correlation test was used to evaluate whether the areas that had higher salience values were those that met a greater number of the selection criteria mentioned by participants.

Beekeepers sometimes changed their strategy (specialist, generalist) depending on the season. In this sense, to determine if specialist beekeepers have higher profit than generalists, two parameters were used: total profit per season and profit per hive per season. The Mann-Whitney test was used to verify the existence of significant differences between specialist and generalist beekeepers for each of the evaluated parameters.

To determine whether specialist beekeepers had higher profits than generalist beekeepers, two parameters were assessed: annual profit, earnings per season (dry and wet), and earnings per hive between seasons. The Mann-Whitney test was used to test for significant differences between specialist and generalist beekeepers for each of the parameters evaluated.

The total profit per season (dry and wet) and the earnings per hive in each season were compared between the two groups of specialist beekeepers using the Mann-Whitney test to determine whether specialist beekeepers who choose criteria for area selection related to seasonality had higher profits than those who choose based on non-seasonal factors.

We observed whether there was an overlap of social organization with individual strategies for the installation of apiaries in an area to assess whether beekeepers tended to forage in similar areas depending on the social group to which they belonged. Therefore, two similarity matrices using the Jaccard index were created. The first matrix evaluated the similarity of participants according to foraged areas, and the second matrix evaluated the similarity of participants according to their social relationships. A Mantel correlation test was conducted to compare the similarity values of the two

matrices. The analysis were performed using the package Vegan of the software R version 3.2.4 reviewed (2016).

The normality of all of the data was tested using the Shapiro-Wilk test. Statistical analyses were performed using BioEstat 5.0 software (Ayres *et al.* 2007). A significance level of $p < 0.05$ was adopted.

Results

Influence of the abundance and quality of resources on area selection

Abundance of a resource had a higher number of mentions compared with quality during both the dry season and the rainy season, with a significant difference in both seasons ($\chi^2 = 23.077$; $p = 0.0001$ and $\chi^2 = 33.832$; $p < 0.005$, respectively). These data indicate that abundance is the most important variable for itinerant beekeepers during the rainy season (Table 2).

Influence of preferred attributes on area selection

Thirty-three species of preferred plants were mentioned in the brushwood and 31 in the caatinga phytophysiology according to data from free listings, with 13 species shared between the two (Table 2). For the two hive movement routes ("serra" and "sertão"), the most salient plants were *Serjania lethalis* A. St.-Hill. (dry season) and *Croton blanchetianus* Baill. (rainy season) (Table 3) because they offer high quality resources and, therefore, more favorable elements for commercialization. However, according to the beekeepers, these species are highly abundant in the region and have flowers grouped in inflorescences, which is understood to indicate that these plants have a greater supply of resources for bees. Of the most important areas on the routes for the installation of apiaries (Table 4), beekeepers use 23 areas in brushwood and 40 in caatinga, which might explain the higher number of salient areas in brushwood (used during the dry season).

Our correlation analysis showed that the most salient areas on the two routes were those that had more preference criteria mentions (Table 4) for both the dry ($r_s=0.4720$; $p<0.05$) and rainy seasons ($r_s=0.7394$, $p<0.05$).

Foraging strategies

When we considered the influence of seasonality on the profit of specialist vs. generalist beekeepers, we found significantly different results between the dry and rainy seasons. In the dry season, there was no significant difference in financial return produced by beekeepers using either of the two strategies ($U = 130.50$, $p(\text{unilateral}) = 0.22$; Fig. 1a). However, during the rainy season, specialists' profit was higher ($U = 159.00$, $p(\text{unilateral}) < 0.05$; Fig. 1b).

In our seasonal analysis of the two strategies, we considered the possibility that honey production depends on the number of hives owned by a beekeeper, because this variable could influence the outcome of the benefits obtained. However, we found that the influence of seasonality was not significant when profit was analyzed between the two forager categories ($U = 145.50$, $p(\text{unilateral}) = 0.39$ for the dry season and $U = 221.50$, $p(\text{unilateral}) = 0.39$ for the rainy season) (Fig. 2).

Influence of preferred attributes using the specialist strategy

There was no significant difference in profit between specialist beekeepers using criteria related to seasonality and those using other criteria (Table 1) ($U = 28.50$; $p(\text{unilateral}) = 0.23$ for the dry season and $U = 143.50$, $p(\text{unilateral}) = 0.31$ for the rainy season). Similarly, we found no significant difference in profit as measured by the number of hives belonging to beekeepers between these two groups in the dry and rainy seasons ($U = 33.50$, $p(\text{unilateral}) = 0.28$ for the dry season and $U = 111.00$, $p(\text{unilateral}) = 0.07$ for the rainy season).

Influence of social groups on area selection

Analysis of the similarity matrices constructed to determine the relationship between the areas selected for foraging and the level of social proximity of the beekeepers using those areas showed a strong and significant relationship (Mantel statistic $r=0.861$; $p=0.001$). This result indicates that social relationships can be associated with individual decisions regarding area selection.

Discussion

Influence of abundance and resource quality on area selection

We observed that beekeepers preferred areas with higher plant abundance in both the dry and rainy seasons. However, during the rainy season, beekeepers tended to select areas abundant with flowering species rather than the areas of highest quality. Thus, we can infer that this choice is not made solely or primarily according to which species result in higher quality products. The preference for areas of high resource abundance reflects that these areas enable the beekeeper to maintain swarms in the hives and increase the bee population due to the greater supply of pollen (Silva 2004). This strategy is highly beneficial and can reduce the costs associated with the relocation of hives. When the bee population is able to maintain production, beekeepers can achieve high productivity when the most economically valuable species bloom.

Differences due to seasonality are often found in semiarid regions and are strongly influenced by climatic factors, particularly rainfall, which can affect plant flowering and other processes (Bowers 2007; Ragusa-Netto and Silva 2007; Richardson *et al.* 2013; Mauritz *et al.* 2014). The studied region shows a marked irregularity of rainfall, with an annual average of 700 to 800 mm (Sá *et al.* 2010). Thus, our data suggest that beekeepers traveling according to season in semiarid regions behave as expected by the OFT model. According to MacArthur and Pianka's model (1966), they do so because they only optimize production during periods in which they use areas with greater resource availability. However, the influence of abundance seems to act differently than expected by

OFT. Smith (1983) and Ladio and Lozada (2003) found that the abundance of desired characteristics drives area selection, which might result in greater specialization.

The convergence of the salience analysis results for the preferences of plants and the number of mentions of preferred plants regarding quality and abundance criteria indicate that these variables might have had an influence on the choice of areas. This influence most likely reinforces the importance of monitoring varying abundance to successful beekeeping because apiaries are preferentially installed in places with an abundance of plants, especially those that offer high-quality resources (Matsumoto and Yamazaki 2013). The salience analysis of the areas selected for the installation of apiaries revealed more important areas in brushwood than in caatinga, which highlights the importance of resource availability during dry periods with less than 23 mm of rainfall when few species bloom (Albuquerque *et al.* 2007). Despite local biodiversity and the particularities of phytophysionomies in this area, bee flora becomes less diverse during the dry period, increasing the importance of areas with an abundance of species such as *S. lethalis*, which blooms during this period. Thus, the importance of “sertão” areas may be relatively lower in the study area because beekeepers select areas with an abundance of flowering plants.

The salience analysis also showed that the preferred areas were those that fulfilled the largest number of criteria mentioned for area selection in both seasons, and that these areas hosted larger numbers of beekeepers relative to others. This occurred because beekeepers in our study included some that are organized into groups or families for activities related to the production and sale of honey. Thus, we believe that our result is evidence of the influence social status of some individuals as well as of social foraging (see Giraldeau and Caraco 2000) in the dynamics of beekeeping in semiarid regions.

Foraging strategies

Our results shows differences in seasonal profit between specialist and generalist beekeepers, contrary to our hypothesis. Specialization can provide greater knowledge and control over the environment, which can lead to foraging optimization (Smith and McKelvey 1986) and thus enables profit increase (Freeman *et al.* 2014). Consequently, foraging theory-derived models predict that, in environments with resource availability, specialist foragers have greater opportunities than do generalists to maximize their fitness. A study of specialist and generalist fishermen reported the individual production of each group varied according to the risk factors of both their own strategies and those adopted by other fishermen (Smith and McKelvey 1986). In the context of their own strategies, specialists invest more in technology and knowledge to control environmental variables in the expectation of long-term returns. Generalists accept risky situations; if expected return is not achieved in the short term, both or either the choice of resource and the harvesting technology can be easily replaced. In the context of the strategies of other fishermen, Smith and McKelvey believed that these strategies might influence, among other factors, the abundance of fish species. Additionally, they suggested that environmental factors and the market might play roles in the success of chosen strategies.

In recent years, the region of our study area has undergone environmental changes resulting from periods of great drought, which, according to participants, has delayed the flowering period of some species and reduced the overall length of flowering periods (see Bowers 2007; Richardson *et al.* 2013). Therefore, our finding of a lack of significant profit differences between specialists and generalists in dry season might be narrowly related to these regional environmental changes. Once special-ists have higher costs than generalists, instability in the supply of resources, i.e., difficulty in controlling the environment, might contribute to low productivity for specialists (Freeman *et al.* 2014).

In this context, the hypothesis that specialist beekeepers are able to make higher profits than generalists depending on the season (dry and rainy). Thus, the criteria adopted by specialist

beekeepers likely have little influence on production during the dry season, when the shortage of resources in the semiarid region is high (Smith and McKelvey 1986). However, during the rainy season, the technology, local ecological knowledge, and monitoring of flowering in different areas (e.g., areas with water availability, without pesticides, and little competition among foragers) by specialist beekeepers are advantageous for honey production (Smith and McKelvey 1986). Thus, as predicted by the model developed by MacArthur and Pianka (1966), our results showed that specialized beekeepers who select areas with greater resource availability achieve greater success, i.e., higher profit.

The analysis of the profits made per hive between seasons revealed similar results between specialists and generalists, which we speculate is due to difficulties in obtaining institutional support and limitations in availability of production materials (e.g., old boxes, too few boxes, or lack of vehicles for moving hives), which also impact specialists. These challenges can cause delays in moving hives, swarm divisions, and queen changes, leading to decreased production (Silva and Freitas 2004; EMBRAPA 2009). Consequently, the number of swarms each beekeeper owns is not the decisive factor affecting honey production level.

Our data suggest that in environments with abundant resources, a specialized strategy is advantageous because it increases production potential. However, in dry periods, generalists have greater adaptability because they do not invest heavily in obtaining the resource (Hutchinson *et al.* 2008; Wilke *et al.* 2009). If we assume that specialists invest according to their expectation of long-term return, then their strategy may be disadvantageous because of seasonal variation in availability of resources and potential shortages of materials needed to maximize production. The fluctuation in specialists' profit may also be a seasonally dependent, stochastic factor. Such factors are typically neglected in OFT models, including those that incorporate risk reduction (cf. Winterhalder (1990), however, suggests that low resource density leads to a negative return rate for the forager, and since

low resource density is common in semiarid areas during the dry season, the generalist strategy toward adverse environmental conditions might reduce the risk of productive failure.

The absence of significant differences in profit between specialist and generalist beekeepers in dry periods may indicate that seasonal factors are secondary to production for specialists in this situation. In the study area, the environmental conditions, such as temperature, soil type, rainfall, and vegetation type, where apiaries are installed are similar among the locations due their general proximity. Therefore, we believe that the most significant strategy for specialists is the monitoring of blossoms. Beekeepers aim to utilize areas where natural resources for bee grazing are abundant, and this accounts for the movement of their hives (Trindade *et al.* 2004; Matsumoto and Yamazaki 2013). This conclusion corroborates the views of the beekeepers surveyed in our study.

Influence of social groups on area selection

Our analysis shows that beekeepers who shared the same social group (populations in which beekeepers are family and/or members of other social groups) foraged in similar areas.

Social groups can display behaviors ranging from obtaining resources to estimating the quality of these resources through social learning (Giraldeau *et al.* 2002) that benefit members because socially acquired information is less costly, faster and more reliable than relying on individual innovation (Boyd and Richerson 2005; Mesoudi *et al.* 2006). In addition, social foraging can provide a “safety net” that can be advantageous even to an individual who is highly productive alone because he/she can rely on the assistance other group members (Delton and Robertson 2012). Since factors such as illness and injury can prevent a forager from obtaining resources for long periods, the sharing of resources within the group is generally beneficial. For beekeepers, this strategy allows for greater efficiency in the processing of bee products (honey, propolis, etc.) and the management of *A. mellifera*.

The data we present here suggest that decision-making processes among itinerant beekeepers are related not only to individual strategies for financial gain but also, although perhaps not significantly, to cultural dynamic processes (Heinrich and Gal-White 2001; Giraldeau *et al.* 2002). However, we did not observe aptitude maximization among the participants because the profits were proportional to all of them (see Richerson and Boyd 2005).

Rendell *et al.* (2009) propose that within a population, apprentices, i.e., those who imitate others rather than learn individually, do not suffer an energy cost. However, apprentices incur the risk that the information obtained socially will become obsolete or inadequate in a changing environment. In contrast, benefits that are available for group foragers are numerous. We observed the ease of logistics and management of hives, financial cost sharing, and cooperation in commercial transactions among participants in our study. These results reflect those of other current research because most of the itinerant beekeepers in the study area are new to beekeeping and openly copy the strategies of those within their group who are recognized for their high degree of social status or prestige.

Prestige is accorded to those beekeepers more experienced, are successful producers, or who have the most desirable logistical conditions for itinerant beekeeping, such as owning large cars or areas suitable for bee grazing. Prestige plays an important role within a social group and may influence knowledge transmission processes (Heinrich and Gal-White 2001; Soldati *et al.* 2015).

Based on these considerations, we conclude that the strategies adopted by migratory beekeepers in this study were insufficient to maximize their aptitude. Thus, in light of the new environmental conditions in the region, including long dry periods and lower-than-expected annual rainfall, it is likely that the model used by beekeepers to select areas for obtaining resources, wherein individuals reproduce the strategies adopted by the beekeepers that most strongly influence the social groups, is outdated. Since it is likely the number of apprentices exceed the number of innovative

people, an intervention may be necessary to launch innovative strategies compatible with the new environmental reality of the area.

Conclusion

In behavioral ecology, cost-benefit relationships are presented as one model of biological evolution. The relationships we found in this study suggest that the strategies used by itinerant beekeepers in a semiarid environment in Northeast Brazil can be partly understood from the perspective of OFT. One of the analytical theoretical models provides that, in environments with an abundance of resources, a forager can select the most profitable resources to maximize his or her aptitude. However, in environments with low resource availability, this behavior is not necessarily advantageous. In addition, we observed that areas selected for foraging were influenced by the social group to which the individual belongs, suggesting that collectively accepted status is a factor to be considered when analyzing the decision-making processes of humans for obtaining resources.

Thus, for human foragers in semiarid environments, the use of both specialist and generalist strategies is advantageous because the factors influencing area selection and resource gains are the availability of resources, which determines the profit margin obtained, and, to a lesser degree, the beekeeper's social group. Future studies should test hypotheses considering the role of social groups in the strategies exhibited by foragers to obtain a better understanding of human behavior in the development of cost-effective strategies, which can involve individual and/or social processes.

Acknowledgments

The authors thank the Rural Federal University of Pernambuco and the Graduate Program in Ethnobiology and Nature Conservation for the institutional support for the development of this research; the funding institution Foundation for Science and Technology of the State of Pernambuco (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco – FACEPE) for the scholarship assigned to the first author; the Laboratory of Ecology and Evolution of Social-ecological Systems (LEA) and Reproductive Ecology Laboratory Flowering Plants (LERA), both based in the UFRPE, for their support at all stages of the study; ICMBio for the necessary authorization for this study in the Environmental Protection Area of Araripe (Araripe-EPA); and the itinerant beekeepers from the communities studied and managers of the Moreilândia Association of Beekeepers (APIM) for the logistical support, responsiveness and shared knowledge.

Compliance with Ethical and Legal standards

For our initial research, authorization was requested from the Research Ethics Committee (REC) of the Federal University of Pernambuco (UFPE) in accordance with Resolution no. 466/2012 of the National Health Council. With this authorization, to meet the requirements of the resolution, the research objectives were explained to the beekeepers involved in the study before they signed an Informed Consent (IC) to authorize the use of forms and allow interviews. Because the study region is within an Environmental Protection Area (Araripe-EPA), authorization for the survey was obtained from the ICMBio through the Authorization and Information on Biodiversity System (SISBIO) under no. 38021-1.

Conflicts of Interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

References

- Albuquerque, F.J.A.; Pimentel Neto, J.G.; Galvêncio, J.D. (2007). Análise da cobertura da terra em função da precipitação mensal (janeiro e outubro de 2006) utilizando imagens CBERS para o município de Ouricuri – PE. *Revista de Geografia* 24(1): 6-18.
- Albuquerque, U.P.; Ramos, M.A.; Lucena, R.F.R.; Alencar, N.L. (2014). Methods and techniques used to collect ethnobiological data. In: Albuquerque, U.P.; Cunha, L.V.F.C.; Lucena, R.F.P.; Alves, R.N.N. (Orgs.). 2014. *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*. Humana Press, New York, pp. 15-37.
- Almeida Filho, J.P.; Machado, A.V.; Alves, F.M.S.; Queiroga, K.H.; Cândido, A.F.M. (2011). Estudo físico-químico e de qualidade do mel de abelha comercializado no município de Pombal – PB. *Revista Verde* 6(3): 83-90.
- Ayres, M.; Ayres JR., M.; Ayres, D.L., Santos, A.S. (2007). *BioEstat 5.0: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas*. Sociedade Civil de Mamirauá, Belém, Brasil. p. 380.
- Bailey, K.D. (1978). *Methods of Social Research*. The Free Press, New York.
- Begossi, A. (1993). Ecologia humana: um enfoque das relações homem-ambiente. *Interciência* 18(3): 121-132.
- Begossi, A.; Clauzet, M.; Hanazaki, N.; Lopes, P.F.M.; Ramires, M.; Silvano, R.A.M. (2009). Fishers' decision making, optimal foraging and management. In: *Proceedings of III Seminário de Gestão Socioambiental para o desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca no Brasil*. Seminar organised by Vieira, R.C.; Coutinho, R.; Valle, R.; Vinha, V. Arraial do Cabo: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Abril 1-3.
- Boyd, R.; Richerson, P.J. (2005a). *The origins of evolution of human culture*. Oxford. Oxford University Press.
- Borgatti, S.P.; Natick, M.A. (1996). *Anthropac 4.0: Analytic Technologies*. Natick, Massachusetts.

- Bowers, J.E. (2007). Has climatic warming altered spring flowering date of Sonoran Desert shrubs? *Southwestern Naturalist* 52(3): 347-355.
- CONDEPE/FIDEM. (2007). Moreilândia Perfil Municipal de 2007 – Recife.
- CPRM (Serviço Geológico do Brasil). (2005). Projeto cadastro de fontes de abastecimento de água subterrânea. Diagnóstico do município de Moreilândia, estado de Pernambuco. Mascarenhas, J.C.; Beltrão, B.A.; Souza Júnior, L.C.; Galvão, M.J.T.G., Pereira, S.N.; Miranda, J.L.F. Recife: CPMR/PRODEEM.
- Delton, A.W.; Robertson, T.E. (2012). The social cognition of social foraging: partner selection by underlying valuation. *Evolution and Human Behavior* 33: 715-725.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Agropecuária). (2009). Multiplicação de colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*). Projeto “Consolidação da apicultura como estratégia para a geração de renda em assentamentos rurais de Corumbá”. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Corumbá, Minas Gerais. Novembro de 2009.
- Enquist, M. Eriksson, K.; Ghirlanda, S. (2007). Critical social learning: a solution to Rogers’ paradox of nonadaptive culture. *American Anthropologist* 109(4): 727-734.
- Freeman, J.; Anderies, J.M.; Torvinen, A.; Nelson, B.A. (2014). Crop Specialization, Exchange and Robustness in a Semi-arid Environment. *Human ecology* 42(2): 297-310.
- Heinrich, J.; Gal-White, F.J. (2001). The evolution of prestige Freely conferred deference as mechanism for enhancing the benefits of cultural transmission. *Evolution and Human Behavior* 22(2001): 165-196.
- Hutchinson, J.M.C.; Wilke, A.; Todd, P.M. (2008). Patch leaving in humans: can a generalist adapt its rules to dispersal of items across patches? *Animal Behaviour* 75: 1331-1349.

- Gangestad, S.W.; Simpson, J.A. (2007). *The Evolution of Mind: fundamental questions and controversies*. The Guilford Press. New York. 464p.
- Giraldeau, L.; Caraco, T. (2000). *Social Foraging Theory*. Princeton University Press. Princeton. 376p.
- Giraldeau, L.; Valone, T.J.; Templeton, J.J. (2002). Potential disadvantages of using socially acquired information. *Philosophical Transactions of the Royal Society. B* 357: 1559-1566.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura). (2012). Apoio a iniciativas locais de combate à desertificação. Available in http://www.iicabr.iica.org.br/wp-content/uploads/2014/03/Livro_CombateDesertificacao_web.pdf. Acessado em 20.01.2015.
- Kovach, W.L. (1999). MSVP – A multivariate statistical package for Windows, version 3.1. Kovach Computing Services, Wales, U.K.
- Ladio, A., Lozada, M. (2003). Comparison of wild edible plant diversity and foraging strategies in two aboriginal communities of northwestern Patagonia. *Biodiversity and Conservation* 12: 937–951.
- Laland, K.N.; Williams, K. (1998). Social transmission of maladaptive information in the guppy. *Behavioral Ecology* 9(5): 493-499.
- Lopes, H.L.; Candeias, A.L.B.; Accioly, J.O.L.; Sobral, M.C.M.; Pacheco, A.P. (2010). Parâmetros biofísicos na detecção de mudanças na cobertura e uso do solo em bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 14(11): 1210-1219.
- MacArthur, R.H.; Pianka, E.R. (1966). On optimal use of a patch environment. *The American Naturalist* 100(916): 603-609.
- Matsumoto, T.; Yamazaki, K. (2013). Distance of migratory honey bee apiary effects on the community of insects visiting flowers of pumpkin. *Bulletim of Insectology* 66(1): 103-108.

- Mauritz, M.; Cleland, E.; Merkley, M.; Lipson, D.A. (2014). The influence of altered rainfall regimes on early season N partitioning among early phenology annual plants, a late phenology shrub, and microbes in a semi-arid ecosystem. *Ecosystems* 17: 1354-1370.
- Mesoudi, A. (2011). *Cultural Evolution: how Darwinian theory can explain human culture and synthesize the social sciences*. The University of Chicago Press, Chicago, 186 p.
- Mesoudi, A. Whiten, A.; Laland, K. (2006). Towards a unified science of cultural evolution. *Behavioral and Brain Sciences* 29: 329-383.
- Novais, J.S.; Lima, L.C.L.; Santos, F.A.R. (2010). Bee pollen loads and their use in indicating flowering in the Caatinga region of Brazil. *Journal of Arid Environments* 74: 1355-1358.
- Pierce, G.L.; Ollason, J.G. (1987). Eight reasons why optimal foraging theory is a complete waste of time. *Oikos* 49:111-118.
- Pyke, G.H. (1984). Optimal foraging theory: a critical review. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15: 523-575.
- Ragusa-Netto, J.; Silva, R.R. (2007). Canopy phenology of a dry forest in western Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 67(3): 569-575.
- Rendell, L.; Fogarty, L.; Laland, K.N. (2009). Rogers' paradox recast and resolved: population structure and the evolution of social learning strategies. *Evolution* 64(2): 534-548. doi:10.1111/j.1558-5646.2009.00817.x.
- Reyes-García, V.; Molina, J.L.; Broesch, J.; Calvet, L.; Huanca, T.; Saus, J.; Tanner, S.; Leonard, W.R.; McDade, T.W.; TAPS Bolivian Study Group. (2008). Do the aged knowledgeable men enjoy more prestige? A test of predictions from the prestige-bias model of cultural transmission. *Evolution and Human Behavior* 29(2008): 275-281.

- Richardson, A.D.; Keenan, T.F.; Migliavacca, M.; Ryu, Y.; Sonnentag, O.; Toomey, M. (2013). Climate change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system. *Agricultural and Forest Meteorology* 169(2013): 156-173.
- Richerson, P.J.; Boyd R. (2005). Culture is Maladaptive. In: Richerson, P.J.; Boyd R. (Orgs.). (2005). *Not by genes alone: how culture transformed human evolution*. The University of Chicago Press, Chicago and London, pp. 148-190.
- Rogers, A.R. (1988). Does biology constrain culture? *American Anthropologist* 90: 819-831.
- Sá, I.I.S.; Galvíncio, J.D.; Moura, M.S.B.; Sá, I.B. (2010). Cobertura vegetal e uso da terra na região Araripe pernambucana. *Mercator* 9(19): 143-163.
- Santos, L.L.; Vieira, F.J.; Nascimento, L.G.S.; Silva, A.C.O.; Santos, L.L.; Souza, G.M. (2014). Techniques for collecting and processing plant material and their application in ethnobotany research. In: Albuquerque, U.P.; Cunha, L.V.F.C.; Lucena, R.F.P.; Alves, R.N.N. (Orgs.). 2014. *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*. Humana Press, New York, pp. 161-174.
- Smith, E.A. (1983). Anthropological applications of optimal foraging theory: a critical review. *Current Anthropology* 24(5): 625-651.
- Smith, C.L.; McKelvey, R. (1986). Specialist and generalist: roles for coping with variability. *North American Journal of Fisheries Management* 6:88-99.
- Silva, N.A. (2004). Aspectos do perfil do conhecimento de apicultores sobre manejo e sanidade da abelha africanizada em regiões de apicultura de Santa Catarina. (Dissertação de Mestrado). Pós-Graduação em Agrossistemas. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina. Pp. 128.

- Silva, R.H.D.; Freitas, B.M. (2004). Produção e desenvolvimento de colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) a partir de diferentes áreas e idades de cria. *Ciência Rural*, Santa Maria 34(2): 545-594.
- Soldati, G.T.; Albuquerque, U.P. (2012). A new application for the optimal foraging theory: the extraction of medicinal plants. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2012: 364564.
- Soldati, G.T.; Hanazaki, N.; Crivos, M.; Albuquerque, U.P. (2015). Does environmental instability favor the production and horizontal transmission of knowledge regarding medicinal plants? A study in Southeast Brazil. *PlosOne*. DOI:10.1371/journal.pone.0126389.
- Trindade, M.S.A.; Sousa, A.H.; Vasconcelos, W.E.; Freitas, R.S.; Silva, A.M.A.; Pereira, D.S.; Maracajá, P.B. (2004). Avaliação da polinização e estudo comportamental de *Apis mellifera* L. na cultura do meloeiro em Mossoró, RN. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 4(1): 01-10.
- Webster, M.M.; Laland, K.N. (2012). Social information, conformity and opportunity costs paid by foraging fish. *Behav Ecol Sociobiol*. DOI 10.1007/s00265-012-1328-1.
- Wilke, A.; Hutchinson, J.M.C.; Todd, P.M.; Czienkowski, U. (2009). Fishing for the right words: decision rules for human foraging behavior in internal search tasks. *Cognitive Sciences* 33(2009): 497-529.
- Winterhalder, Bruce. (1990). Open field, common pot: Harvest variability and risk avoidance in agricultural and foraging societies. In: Cashdan, E. 1990. Risk and uncertainty in tribal and peasant economies, pp. 67-87.
- Wiston, M.L. (1992). The biology and management of Africanized Honey Bees. *Annual Review of Entomology* 37:173-193.

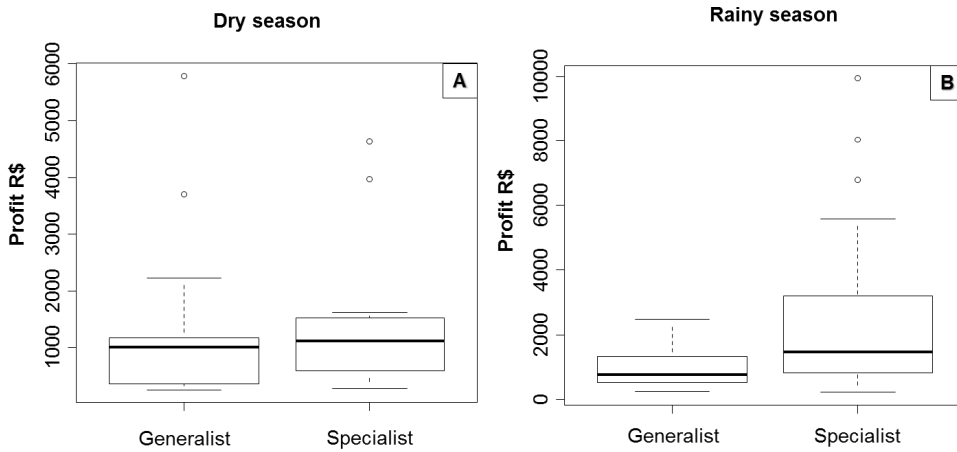


Figure I: Box Plot graphs showing the empirical distribution of the total profit in R\$ obtained by beekeepers who had general and specialist strategies in the dry (A) and wet (B) season.

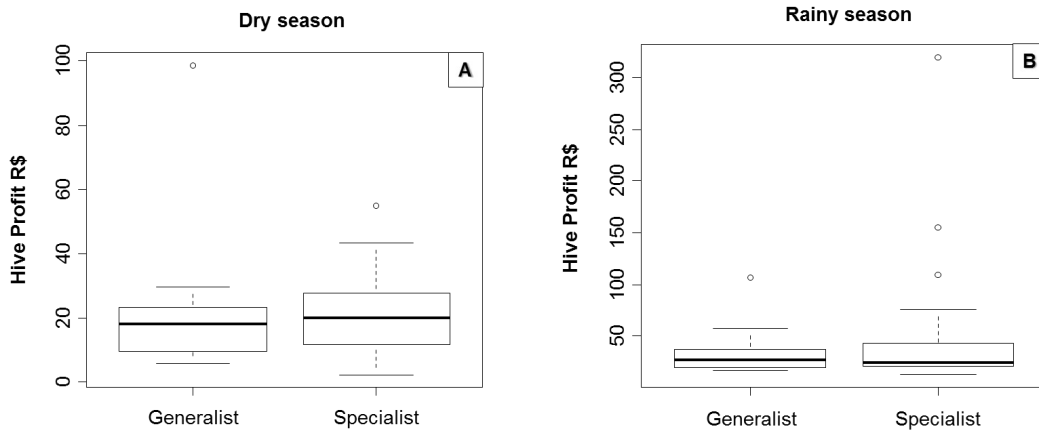


Figure II: Box Plot graphs showing the empirical distribution of the total profit in R\$ obtained per hive by beekeepers who had general and specialist strategies in the dry (A) and wet (B) season.

Table 1. Criteria mentioned by specialist beekeepers for selecting areas for the installation of apiaries according to itinerant beekeepers in the municipality of Moreilândia, Pernambuco, Brazil.

Criteria for area selection	Definition of the criteria
Seasonal criteria	
Flowering season	Abundance of flowering plants in the chosen area
Swarm captures	An empty core box occupied by a feral swarm captured by the beekeeper through baits inserted inside the box
Strengthening of bees	Choice of a certain area in a period in which no very productive or commercially interesting plants are flowering, with the sole purpose of keeping the swarm and the bees productive
Water availability	Prevalence of water in a given area due to its importance for the proper performance of the bees
Absence of <i>Hyptis</i> sp.	Preference for a given area known for a lack of flowering <i>Hyptis</i> sp., a plant perceived by beekeepers to be toxic to bees
Prevention of swarm migration	Choice of a certain area capable of maintaining the swarms through visits to less profitable floral resources when floral resources of a more economically interesting area are not available
Non-seasonal criteria	
Absence of pesticides	Choice of a particular area due to the absence of pesticides that may cause a reduction in the population of colonies due to toxicity
Competition	Preference for a given area due to fewer numbers of installed apiaries for a better use of resources by rationally raised bees
Accessibility	Choice of a certain area depending on the quality of access to the apiary, which reduces travel costs and facilitates management activities and migratory events
Housing distance	Selection of a particular area at a distance from local human influence
Area control	Choice of a certain area to allow the beekeeper to control use and management without interference
Ownership of the land	When the beekeeper owns the area, the resources applied in rentals can be assigned to other elements related to honey production or other agricultural activities

Table 2: Number of beekeepers' citations about the reasons why apiaries were installed in the dry and rainy seasons.

Number of citations of the reasons that drive the plant selection		
Season	Abundancy	Quality
Dry	108	48
Rainy	110	39

Table 3. Saliency of preferred plants for the production of honey among itinerant beekeepers in the municipality of Moreilândia, Pernambuco, Brazil. The saliency values are in descending order.

Preferred plants in the brushwood phytophysiology		
Vernacular name	Scientific name	Saliency
"cipó-uva"	<i>Serjania lethalis</i> A.St.-Hill.	0.885
carrasco-preto	<i>Croton</i> sp.	0.239
vassourinha	<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey.	0.147

mangueira-braba	<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	0.099
jiquiri	<i>Senegalia langsdorffii</i> (Benth.) Seigler &	0.082
Ebinger		
marmeleiro (quince)	<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	0.073
angico	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan.	0.066
canelinha	--	0.059
velame	<i>Croton campestris</i> A.St.-Hill.	0.046
algaroba	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	0.044
corredeira	<i>Borreria capitata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	0.041
podóia	<i>Copaifera lagsdorffii</i> Desf.	0.035
visgueiro	<i>Parkia platycephalla</i> Benth.	0.031
maçaranduba	<i>Manilkara</i> sp.	0.024
mal-me-quer	Asteraceae	0.024
jatobá	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Hayne	0.023
cajueiro (cashew tree)	<i>Anacardium occidentale</i> L.	0.022
cambuí	<i>Myrciaria</i> sp.	0.022
juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	0.022
aroeira (peppertree)	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	0.021
maracujá-do-mato	<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.	0.021
macaúba	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	0.018
chupador	--	0.017
bredo	<i>Portulaca oleracea</i> L.	0.016
mundubi	<i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene	0.016
jitirana	<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urb.	0.012
murici	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	0.012
camará	<i>Lantana camara</i> L.	0.01
amendoim (peanut)	Fabaceae	0.008
jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Wild.) Poir.	0.008
Sabiá	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth.	0.005
ameixa (plum)	<i>Ximenia americana</i> L.	0.003
tamburil	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.)	0.003

Morong

Preferred plants in the caatinga phytophysiology

Vernacular name	Scientific name	Saliency
marmeleiro (quince)	<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	0.876
angico	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan.	0.196
bamburrá	<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.	0.193
algaroba	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	0.115
jitirana	<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urb.	0.105
aroeira (peppertree)	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	0.089
velame	<i>Croton campestris</i> A.St.-Hill.	0.075
juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	0.067
catingueira	<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P. Queiroz	0.052
jurema branca	Fabaceae	0.05
camará	<i>Lantana camara</i> L.	0.041
cipó-uva	<i>Serjania lethalis</i> A.St.-Hill.	0.04
alecrim (rosemary)	--	0.02

malícia	<i>Mimosa</i> sp.	0.017
cajueiro (cashew tree)	<i>Anacardium occidentale</i> L.	0.016
umbuzeiro	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	0.016
capelinha	--	0.014
espinheiro	--	0.014
pau-piranha	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	0.013
cidreira-brava	<i>Hyptis</i> sp.	0.012
vassourinha	<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey.	0.012
maria-preta	--	0.011
quebra-faca	--	0.011
perpétua	<i>Centratherum punctatum</i> Cass.	0.01
breço	<i>Portulaca oleracea</i> L.	0.009
corredeira	<i>Borreria capitata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	0.008
jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Wild.) Poir.	0.008
jiquiri	<i>Senegalia langsdorffii</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	0.006
cipó-preto	--	0.005
rama-de-bode	--	0.004
malva-mel	<i>Waltheria indicata</i> L.	0.003

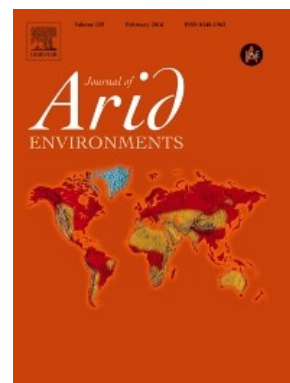
Table 4. Saliency of areas known to itinerant beekeepers for the installation of apiaries in the municipality of Moreilândia, Pernambuco, Brazil. The saliency values are in descending order.

Dry season (brushwood)					
Local	Saliency	Local	Saliency	Local	Saliency
Serra do Munduri	0.508	Catolé	0.073	Sítio Buriti	0.022
Serra Mata Grande	0.398	Sítio Santo Antônio	0.061	Sítio Serraria	0.022
Serra dos Coxos	0.375	Jatobá	0.052	Beira da Serra	0.019
Serra do Alegre	0.324	Serra Mata Nova	0.05	Sítio Granja	0.019
Serra do Mosquito	0.324	Alto Grande	0.043	Tamburil	0.011
Serra do Mandacaru	0.209	Baixa da Cotia	0.043	Serra das Baixas	0.006
Sítio Olho D'Água	0.109	Serra dos Guedes	0.042	Sierra do Venha Ver	0.003
Sítio Tataira	0.079	Ingazeira	0.035		
Rainy season (caatinga)					
Local	Saliency	Local	Saliency	Local	Saliency
Sítio Fortalezinha	0.331	Sítio Lagoa Nova	0.079	Sítio Laranjal	0.019
Ferreira Vicente	0.294	Sítio de Cima	0.073	Fazenda Canaã	0.016
Sítio Serraria	0.273	Sítio Misciano	0.068	Tamburil	0.015
Sítio Braz	0.24	Sítio Barreiro	0.066	Baixa da Cotia	0.014
Sítio Neco	0.215	Lajinha	0.059	Sítio Lagoa Grande	0.014
Riacho dos Cavalos	0.201	Sítio de Baixo	0.058	Moreilândia	0.012
Sítio Olho D'Água	0.192	Sítio Escondido	0.052	Sítio Canta Galo	0.009
Sítio Juazeirinho	0.185	Cariri Mirim	0.046	Sítio João Bento	0.009
Estrada Grande	0.154	Alto Grande	0.045	Sítio Pedrinhas	0.005
Barra da Forquilha	0.126	Sítio Coresma	0.043	Ingazeira	0.004
Serrote dos Cavalos	0.125	Baixio	0.042	Sítio Lagoa Seca	0.02

Sítio Bica	0.104	Imburana	0.028	Sítio Tataíra	0.002
Queimada Grande	0.096	Fazenda Macaco	0.022		
Sítio Zé Gomes	0.08	Lagoa dos	0.022		
		Queiroz			

Manuscrito III

Submetido ao periódico Journal of Arid Environments



A apicultura migratória influencia o sucesso reprodutivo de espécies de plantas nativas? Um caso de estudo na região semiárido brasileira

Andrêsa Suana Argemiro Alves ^a, Ulysses Paulino de Albuquerque ^b, Cibele Cardoso de Castro ^{c*}

^a Programa de Pós-graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza, Universidade Federal Rural de Pernambuco. R. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife/PE, Brazil.

^b Laboratório de Ecologia Evolução de Sistemas Socioecológicos, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco. R. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife/PE, Brazil.

^c Unidade Acadêmica de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Av. Dr. Bom Pastor, s/n, Boa Vista, 55292-270, Garanhuns, Pernambuco, Brazil.

* *Autor para correspondência*. Tel: + 55 87 37645565

E-mail: andresaflores@gmail.com (A.S.A. Alves), upa677@hotmail.com (U.P. Albuquerque), cibelecastro@hotmail.com (C.C. Castro).

Resumo

A apicultura migratória difere da apicultura fixa porque os apiários são periodicamente deslocados para locais que apresentam maior disponibilidade de recursos florais para o pastejo de *Apis mellifera*. Embora a apicultura seja considerada uma atividade sustentável, não há informações sobre a influência da apicultura migratória sobre o sucesso reprodutivo de plantas nativas. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da apicultura migratória sobre o sucesso reprodutivo pré-emergente (PERS) de plantas nativas, usando como modelo quatro espécies de plantas com síndrome de polinização generalista do semiárido brasileiro. Os dados de produção de flores e frutos, assim como os cálculos do PERS, foram comparados entre áreas de tratamento (com apiários) e controle (sem apiários instalados nas proximidades) em dois ecossistemas de grande variação sazonal (*carrasco* e *caatinga*) do NE do Brasil. Nossos resultados sugerem que as espécies de plantas respondem diferentemente à presença de abelhas provenientes da apicultura migratória quando se considera o contexto socioambiental aqui investigado. Algumas espécies exibiram aumento de PERS e outras não sofreram nenhuma influência. Os dados também indicaram que atributos ecológicos apresentados pelas espécies, principalmente variáveis como abundância e estratégias na oferta de recursos, associados à indução realizada pelos apicultores, parecem constituir elementos que podem elevar o sucesso reprodutivo pré-emergente de plantas nativas no contexto avaliado. Concluímos, portanto, que, no contexto avaliado – plantas componentes da flora apícola com síndrome de polinização generalista – a apicultura migratória foi capaz de incrementar o *fitness* reprodutivo das espécies vegetais sob sua influência.

Keywords: *Apis mellifera*, dry forest, ethnobiology, plant reproductive biology

Introdução

A apicultura migratória consiste no transporte periódico de apiários de *Apis mellifera* L. para locais onde as plantas utilizadas pelas abelhas estão florescendo, buscando a disponibilidade

ininterrupta de recursos florais e/ou o crescimento das colmeias (Matsumoto e Yamazaki, 2013). Basicamente, esta mobilidade entre apiários temporários é o que difere a apicultura migradora da modalidade fixa, em que as colmeias estão sempre no mesmo lugar. Embora os custos de manutenção do primeiro tipo sejam mais elevados (Marinkovic e Nedic, 2010), essa modalidade é economicamente mais compensatória (Sharma et al., 2013), porque as migrações evitam a influência negativa das oscilações sazonais da disponibilidade de recursos florais, reduzindo a mortalidade das abelhas e aumentando a produtividade apícola (Brodschneider et al., 2010).

Em geral, a apicultura é considerada uma atividade altamente sustentável que favorece ambientes naturais e cultivados (Alemu et al., 2015), resultando na redução da exploração predatória de áreas nativas e na melhoria da geração de renda para as comunidades humanas locais (Allsopp et al., 2008, Alemu et al., 2015). Além da produção de mel e outros produtos apícolas, a apicultura migratória também é utilizada em áreas cultivadas (Matsumoto e Yamazaki, 2013), aumentando a produção de frutos em mais de 30% ou 40%, em alguns casos, (Corbet et al., 1992; Zhou et al. 2010), e, dependendo da espécie cultivada, o retorno para o produtor que inclui esse tipo de serviço de polinização para incremento da produção em suas culturas, pode chegar aos 700% (Kevan, 1997). Portanto, a apicultura migratória pode desempenhar um papel importante na manutenção da sociobiodiversidade, especialmente em comunidades rurais, onde pode representar um elo entre sistemas naturais e agricultáveis (Smith, 2015). Esse elo deve-se, principalmente, à conservação dos ecossistemas a partir da manutenção de áreas com vegetação nativa, à diminuição de agrotóxicos, ao possível potencial para regeneração de áreas florestais, devido ao aumento da produção de frutos e à possibilidade de geração de renda às famílias (Borges et al., 2014; Smith, 2015), bem como o fomento ao fortalecimento do conhecimento ecológico tradicional.

A alta produtividade de *A. mellifera* em diferentes ambientes pode ser devido à sua alta capacidade de explorar recursos florais quando comparado com outros polinizadores, pois é um visitante floral generalizado e, conseqüentemente, um competidor interespecífico eficiente (Novais et al., 2010; Aizen et al., 2014). Devido a essas características, os campos de cultivo que estão sob a influência da apicultura migratória experimentam uma alta incidência de flores polinizadas (Sharma et al., 2015). Entretanto, desses estudos que tratam sobre a eficiência de *A. mellifera* na polinização de culturas, há aqueles que trazem evidências de que polinizadores exóticos como *A. mellifera* podem influenciar negativamente as relações interespecíficas entre animais e espécies de plantas nativas. Tais estudos sugerem que polinizadores exóticos podem reduzir as populações de polinizadores nativos e o sucesso reprodutivo de espécies de plantas nativas (Aizen et al., 2014), bem como favorecer a produção de espécies exóticas de plantas (Aizen et al., 2014).

Considerando a eficiência de *A. mellifera* como polinizador generalista, este estudo tem como objetivo testar a hipótese de que o sucesso reprodutivo pré-emergente de espécies de plantas nativas é afetado positivamente pela influência da apicultura migratória, utilizando quatro espécies de plantas nativas que apresentam síndrome de polinização generalista no NE do Brasil como modelo.

Material and Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado na cidade de Moreilândia (07° 37' 51" S e 39° 33' 04" W localizado na microrregião de Araripina, cuja produção de mel é a maior do Estado de Pernambuco (Figura 1). Moreilândia tem menos de 11.000 habitantes, fica a 577 km da capital do estado e inclui uma área de 637.599 km² no âmbito da Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe (APA-Araripe) que atinge entre 300 e 800 m de altura. A maior parte da vegetação é classificada como caducifólia e caatinga hipoxerófila (CPRM, 2005). O clima predominante é o semiárido quente (BSwh' *sensu* Köppen), com temperatura média anual de 24,7° C (CONDEPE/FIDEM, 2007) e precipitação anual entre 700 e 900 mm (CPRM, 2005). O regime sazonal obedece duas estações climáticas: a estação chuvosa, que ocorre de janeiro a maio e a estação seca entre junho e dezembro (CPRM, 2005).

A coleta de dados foi realizada nas comunidades rurais da Serra da Mata Grande (vegetação de carrasco (um tipo de vegetação xerófila arbustiva densa alta, presente em áreas com altitude acima de 700 m no semiárido do nordeste brasileiro (*sensu* Araújo et al., (1999)) e no Sítio Serraria (vegetação de caatinga). As áreas foram selecionadas com base nas entrevistas semiestruturadas com apicultores locais que forneceram informações sobre os critérios de seleção das áreas que utilizam para instalar os apiários (em Alves et al., 2017). Após a escolha dos locais, foram realizadas turnês guiadas junto à presença dos apicultores locais para que fossem selecionadas seis áreas para realização do experimento. Com o método de turnês guiadas, um ou mais membros da comunidade local são convidados a fim de auxiliar os pesquisadores na fundamentação e validação de nomes de plantas e/ou animais (Albuquerque et al. 2014). No caso desta pesquisa, os apicultores foram convidados para auxiliar na busca por áreas que apresentassem similaridade florística para a montagem do experimento. Três dessas áreas estavam localizados na zona de vegetação do carrasco e são localmente conhecidos como “*serra*”, onde os apicultores instalam os apiários durante a estação seca; as outras três foram localizadas na vegetação de caatinga, localmente conhecida como “*sertão*”, que são utilizados pelos apicultores durante a estação chuvosa. Para cada zona (*serra* e *sertão*) foram selecionadas duas áreas com apiários (tratamento) e uma área sem apiários (controle) (compondo seis áreas no total). Devido à alta densidade de apiários na região, não foi possível selecionar mais áreas de controle. As zonas são descritas abaixo.

Serra – Esta zona está localizada em áreas planas da Chapada do Araripe com cerca de 750 m de altura, que incluem as formações floresta subperenifólia tropical pluvial, floresta subcaducifólia tropical xeromorfa, savana tropical (cerrado) e carrasco (sendo o último o tipo vegetacional mais representativo). A paisagem inclui vegetação nativa, áreas com apiários e áreas desmatadas, que são utilizados para a agricultura de subsistência (como plantações de feijão, milho etc.) e para criação de bovinos e caprinos.

Sertão – Esta zona está localizada na vegetação de caatinga (aproximadamente 500 m de altura), domínio fitogeográfico em que grande quantidade de espécies vegetais apresenta caducifólia. A região em que o estudo foi realizado é conhecida como caatinga hipoxerófila. As plantas mais frequentemente encontradas nessa área são a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Engl., Anacardiaceae), o juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart., Rhamnaceae), a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* [Wild.] Poir., Fabaceae), umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda, Anacardiaceae) e (*Croton blanchetianus* Baill., Euphorbiaceae), esta última forma grandes populações na região. De forma semelhante ao que foi descrito para a serra, esta zona experimenta fortes pressões antropogênicas, principalmente em termos de agricultura e pecuária.

Espécies estudadas

Da mesma forma que foi descrito para a escolha das áreas a serem monitoradas, a seleção das espécies foi baseada nas entrevistas semiestruturadas (em Alves et al., 2017). O objetivo foi selecionar espécies de plantas produtivas e preferidas pelos apicultores, portanto, neste estudo, as espécies vegetais incluídas nas análises apresentam síndrome de polinização generalista, característica comum à grande parte dos componentes de floras apícolas. A fenologia de floração (floração concomitante) e os visitantes florais (semelhantes e incluindo *A. mellifera*) também foram considerados. As plantas que se encaixam nestes parâmetros são descritas abaixo:

Espécies da serra

- 1) *Serjania lethalis* A. St.-Hil. (Sapindaceae, zona da *serra*): Conhecida localmente como “cipó-uva”, “croapé”, “chiador”, cipó-chiador” e “cipó-três-quinas”, esta liana é andromonóica e, juntamente com algumas espécies congêneres, considerado pelos apicultores como um recurso floral muito importante para a apicultura no nordeste brasileiro (Alves et al., 2014). De acordo com as representações¹ ambientais dos apicultores das áreas estudadas, *Serjania lethalis* é uma espécie que apresenta alta densidade populacional, uma vez que tem preferência por áreas perturbadas, tais como bordas florestais, áreas de cultivo abandonadas, margens de estrada etc., cenário bastante comum nas áreas em que o estudo foi desenvolvido.

¹ Este trabalho adota o termo representação em substituição à percepção, pois este último, está fortemente relacionado à compreensão sensorial, portanto, não aborda diversos filtros, tais como fisiológicos, culturais, psicológicos etc., que podem influenciar no processo de compreensão ambiental.

Os apicultores itinerantes da região ainda indicam que a fenofase de floração da espécie dura por todo o período da estação seca na região estudada, e é excepcionalmente duradoura, podendo estender-se entre os meses de agosto até dezembro. Alves (2013), reforça o discurso dos apicultores da região e também confere à *S. lethalis* floração bastante abundante, capaz de permitir o fornecimento de pólen e néctar, em grandes quantidades e por um período de tempo significativamente duradouro. Além disso, para os apicultores da região, o mel produzido a partir das plantas dessa espécie apresenta características que são consideradas ideais para comercialização, tais como clareza, densidade, gosto, etc.

- 2) *Matayba guianensis* Aubl. (Sapindaceae, zona da *serra*): Conhecida localmente como “mangueira-braba” e “pitomba-braba”; esta espécie arbórea apresenta indivíduos que possuem apenas um dos seguintes tipos florais: um tipo pistilado (com androceu não funcional) e dois tipos estaminais que diferem no tamanho do pistilo não funcional. Assim como *S. lethalis*, essa espécie floresce durante a estação seca compondo, de acordo com os apicultores da região estudada, parte significativa dos recursos disponíveis para as abelhas no período de estio, principalmente em se tratando da oferta de pólen. Para Machado et al. (2010), *M. guianensis* destaca-se entre os recursos utilizados pelo grupo Apidade quando se trata da flora apícola do cerrado, por apresentar flores generalistas e bastante atrativas. Essa informação é compartilhada pelos apicultores da região que apontam *M. guianensis* como um importante recurso apícola, uma vez que floresce abundantemente fornecendo néctar e, principalmente, grande quantidade de pólen para *A. mellifera* e demais polinizadores.

Espécies do sertão

- 1) *Croton blanchetianus* Baill. (Euphorbiaceae, zona do *sertão*): o “marmeleiro”, é um arbusto monóico que forma grandes populações por todo o semiárido do NE brasileiro (Lopes et al., 2012), incluindo a área de estudo. É considerado pelos apicultores locais como uma espécie de grande importância para o desenvolvimento das populações de *A. mellifera* e também para a produção de mel (Alves et al., 2017), uma vez que produz uma grande quantidade de flores. Sendo assim, *C. blanchetianus*, é citada como uma das mais importantes espécies para a apicultura no NE do Brasil (Borges et al., 2014). A baixa produção de néctar por cada flor Alves et al. (2005) parece ser compensada pela grande quantidade de flores, tornando esta espécie um importante recurso floral para *A. mellifera*, bem como para toda uma guilda de visitantes florais na região, sendo sempre uma das espécies que apresenta maiores frequências de visitas. Para Alves et al. (2017), na região estudada, as áreas com abundância de *C. blanchetianus* são preferidas pelos apicultores para a instalação dos apiários, pois o

grande quantitativo de flores, garante néctar em abundância para produção de mel de qualidade para o mercado.

- 2) *Croton campestris* A. St.-Hil. (Euphorbiaceae, zona do sertão): Este arbusto monóico conhecido localmente como “velame” é abundante na área e altamente atraente para *A. mellifera* (Vidal et al., 2008). Assim como *C. blanchetianus*, é considerada pelos apicultores da região um importante recurso para *A. mellifera*, bem como para outros polinizadores (Alves et al., 2017). Para esses apicultores, além da abundância, a capacidade de florescer durante qualquer período anual, desde que ocorram eventos de precipitação suficientes para a alocação de recursos para reprodução, é mais um fator que eleva a importância apícola de *C. campestris*. Essa afirmação é endossada por Vidal et al. (2008) que aponta que a espécie reproduz durante todo o ano.

Influência da apicultura migratória sobre a reprodução vegetal

Um transecto de 1000m × 3m foi estabelecido nas áreas de tratamento (direção norte), tomando o apiário como ponto de partida. Um total de 10 indivíduos em floração de cada espécie foram marcados após os primeiros 150 m neste transecto. Esta distância de 150 m do apiário foi utilizada para evitar acidentes com as abelhas (ataques). O mesmo método foi utilizado para selecionar plantas em áreas de controle, portanto, investigamos quatro espécies e 30 indivíduos por espécie a cada ano de realização do estudo experimental. Utilizou-se uma distância mínima de 5m entre indivíduos co-específicos para selecionar plantas, a fim de evitar a seleção de perfilhos.

Posteriormente, 10 flores abertas foram marcadas em 10 inflorescências distintas por indivíduo e tiveram contados o número de frutos formados e a quantidade de sementes produzida por frutos (n=300 flores por espécie a cada ano). A formação de frutos e o número de sementes por fruto foram registrados 15 e 30 dias após a contagem das flores, para estabelecimento deste período dos intervalos de dias para contagem de tempo, usamos informações fornecidas pelos apicultores sobre o tempo de maturidade dos frutos. Usando esses dados, calculamos as relações fruto:flor (Fr:Fl) e semente:óvulo (S:O), bem como o sucesso reprodutivo pré-emergente [PERS = (Fl/Fr) × (S/O), Wiens et al., 1987] para todas as espécies. Todos os dados foram coletados entre 2013 e 2015.

Análise de dados

Um teste de Mann-Whitney (para dados não-paramétricos) foi utilizado para comparar as médias de Fr, Fl, S, O de cada espécie entre as áreas de tratamento e controle. A normalidade dos dados foi testada com o teste de Liliefors (Zar, 1996). Os valores de Fr:Fl, S:O e PERS foram comparados entre as áreas (sob tratamento e controle) utilizando o teste de Mann-Whitney. Todas as

comparações foram realizadas, simultaneamente, para os dois anos de realização do experimento para cada espécie. Todas as análises foram executadas com o programa BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2007), utilizando-se um nível de significância $p < 0,05$.

Resultados

Espécies da Serra

A análise conjunta dos dois anos de experimento para *S. lethalis* mostrou que não houve diferença na produção de flores e óvulos entre as áreas de controle e tratamento [$Z(U)=1,5147$ e $1,5362$, respectivamente] (Tabela 1). No entanto, a espécie produziu mais frutos e sementes [$Z(U)=1,7785$ e $1,8422$, respectivamente], maiores razões Fr:Fl e S:O e teve maior PERS nas áreas tratamento (Tabela 2).

Matayba guianensis não apresentou diferenças significativas nas médias de nenhum dos parâmetros avaliados entre áreas de controle e tratamento durante os dois anos em que o experimento foi conduzido, sendo, [valores $Z(U)$ para flores: $0,6996$; frutos: $0,8515$; óvulos: $0,4344$; sementes: $1,0496$, tabela 1]. Nenhuma diferença nas razões Fr:Fl e S:O e no PERS foi encontrada (Tabela 2).

Espécies do Sertão

A análise conjunta dos dois anos de experimento para *C. blanchetianus* evidencia que a espécie produziu quantidades similares de flores e óvulos nas áreas tratamento e controle [$Z(U)=1,1515$ e $1,2065$, respectivamente], entretanto, produziu mais frutos e sementes [$Z(U)=3,3857$ e $3,6719$, respectivamente] (Tabela 1), teve maiores razões Fr:Fl e S:O e maior PERS nas áreas tratamento (Tabela 2).

Para *C. campestris*, pudemos observar que a espécie apresentou maior média de produção para todos os parâmetros nas áreas tratamento em detrimento do controle [valores de $Z(U)$ para flores: $4,8112$; frutos: $4,154$; óvulos: $4,6067$; sementes: $4,1695$, tabela 1], contudo, não foram observadas diferença nas razões Fr:Fl e S:O e no PERS (Tabela 2).

4. Discussão

Espécies da Serra

De acordo com os resultados obtidos nesta investigação, a presença maciça de populações de *A. mellifera* se mostrou como uma influência positiva na produção de frutos e sementes, bem como na taxa de PERS de *S. lethalis*. No período de estio no semiárido brasileiro, os apicultores da região estudada, conduzem grandes quantidades de *A. mellifera* para localidades com grande abundância de *S. lethalis* (Alves et al., 2017). Tal atividade visa a produção do mel de cipó-uva, produto que

apresenta características ideais para comercialização e é o princípio motivador para a escolha de áreas nessa região da Chapada do Araripe para a atividade da apicultura migratória (Alves et al., 2017). Nessas áreas, há grandes adensados de populações de *S. lethalis*, espécie que floresce abundantemente em áreas degradadas neste período do ano (Alves, 2013). De acordo com Alves et al. (2017) para os apicultores migratórios da região, *S. lethalis* constitui o principal recurso apícola da *serra* durante o estio, uma vez que fornece néctar e pólen no período de escassez de recursos. Estudos sobre biologia reprodutiva de plantas desenvolvidos em regiões com variações marcantes de sazonalidade, como os de Mantovani e Martins (1988) e Machado et al. (1997), sugerem que a floração de uma espécie em período de estio, pode representar uma estratégia de atração para polinizadores, uma vez que suas flores ficam mais evidentes e os recursos são mais escassos.

Assumindo a floração na estação seca como uma estratégia de *S. lethalis*, é possível compreender a atratividade que a espécie exerce junto aos polinizadores da região. De acordo com Alves (2013), as inflorescências de *S. lethalis* duram cerca de 35 dias e apresentam dezenas a centenas de flores com longevidade média de 72hs. Desta forma, a estratégia de *S. lethalis* na oferta de recursos faz da espécie um dos recursos mais vantajosos em disponibilidade no raio de forrageamento das abelhas (Uezu e Contrera, 2000; Alves, 2013).

Borges et al. (2014) afirmam que os apicultores observam as abelhas no intuito de compreender seus comportamentos e para identificar as plantas que recebem maior frequência de visitas, empregando essas informações para incrementar suas produções. Na área de estudo, os atributos de atratividade apresentados por *S. lethalis* são percebidos pelos apicultores que direcionam suas colmeias às áreas com grandes populações dessa espécie (Alves et al., 2017). Essas áreas apresentam histórico de degradação, sendo, portanto, essencialmente abertas (Alves, 2013), o que confere condições ideais para o forrageamento de *A. mellifera* (Brown, 2006).

Portanto, a atividade da apicultura migratória em áreas com predominância de *S. lethalis* é capaz de influenciar diretamente na produção de frutos e sementes e no PERS da espécie, o que pode ser visto como reflexo dos atributos biológicos da espécie associado ao direcionamento do forrageamento das abelhas nos locais em que as colmeias são depositadas.

Por sua vez, *Matayba guianensis* apresentou semelhança nos parâmetros de frutos e sementes, razões Fr:Fl e S:O e PERS em todas as áreas (tratamento e controle), o que indica claramente que o sucesso reprodutivo da espécie não é influenciado pela presença das abelhas oriundas da apicultura migratória. No entanto, é importante salientar que *M. guianensis* é considerada uma bastante importante na oferta de recursos para polinizadores do cerrado, uma vez que fornece néctar e pólen para atração de polinizadores, além de outros requisitos de atratividade, como odor, coloração das flores e abertura das flores compatível com o pico de forrageamento de *A.*

mellifera (Carvalho e Oliveira, 2010). Associado a esses requisitos, *M. guianensis*, apresenta síndrome de polinização generalista sendo visitada, preferencialmente, por *A. mellifera* (Carvalho e Oliveira, 2010), o que poderia ser refletido em altas taxas de visitação e possível favorecimento de seu fitness. No entanto, o resultado encontrado em nossa investigação não coincide com tais indícios, no entanto, existem evidências de que, na área de estudo, as flores pistiladas de *M. guianensis* receberem menor frequência de visitantes florais (incluindo *A. mellifera*) em relação às flores estaminadas, tanto em áreas transformadas em apiários migratórios quanto em locais que não são usados para esse fim (Alves et al., dados não publicados). A menor frequência de visitas para indivíduos com flores pistiladas deve ter relação com a oferta de recursos disponível para cada tipo morfofuncional, uma vez que, todos os tipos florais de *M. guianensis* (pistiladas e estaminadas) possuem baixa produção de néctar e de açúcares (Martins et al., 2002). Portanto, as flores estaminadas tornam-se mais atrativas em relação às pistiladas, por compensarem a baixa produção de néctar com a oferta de pólen, o que as garante maior quantidade de recursos (pólen e néctar), que se reflete em maior frequência de visitas (Martins et al., 2002).

Assim, devido ao fato de *M. guianensis* ter período de floração semelhante ao de *S. lethalis*, pôde-se observar que, nas áreas estudadas que, muito provavelmente, há uma preferência, refletida no número de frequência de visitas, entre os indivíduos de *A. mellifera* pelos recursos oferecidos por *S. lethalis* (Alves et al., dados não publicados). Desta forma, é possível inferir que *S. lethalis* apresente maior *fitness* diferencial, uma vez que, possui melhores recompensas florais (como néctar e pólen em todos os tipos florais apresentados), atraindo, dessa forma, maior frequência de visitação floral, o que reflete, conseqüentemente, no incremento seu sucesso reprodutivo. Isso acontece porque *A. mellifera* usa seu potencial de forrageamento generalista e oportunista para selecionar recursos mais proveitosos (Lorenzon et al., 2003).

Espécies do Sertão

O estabelecimento das colmeias nas áreas de ocorrência de *C. blanchetianus* pareceu favorecer o sucesso reprodutivo da espécie na região. Tal espécie apresenta características biológicas atrativas para *A. mellifera* tais como abundância de indivíduos e de floração, inflorescências com grande número de flores, oferta de néctar e pólen, além de padrão de fenologia sincrônico.

Croton blanchetianus compõe um dos recursos florestais mais abundantes em regiões semiáridas do Brasil, figurando entre as espécies com maior densidade absoluta e relativa em áreas de caatinga (Barbosa et al., 2012). Associado à alta abundância, esta espécie apresenta padrão de distribuição agregado, chegando a formar aglomerados mono-específicos (Lopes et al., 2012). Para Albuquerque (2014), *C. blanchetianus* é uma espécie pioneira, e suas populações ocorrem em áreas

abertas e com maior intensidade de luz sendo, principalmente, antropizadas. É sabido que áreas abertas ou de borda são preferidas por *A. mellifera* devido, principalmente, pela estratégia fortemente generalista de forrageamento dessas abelhas que permite a obtenção de pólen e néctar das mais variadas espécies vegetais (Brown, 2006). É importante também ressaltar que informações sobre os comportamentos e preferências de *A. mellifera*, bem como sobre a biologia das espécies vegetais que vegetam na região consiste em conhecimento bastante difundido entre os apicultores da região (Alves et al., 2017). Desta forma, apicultores migratórios da região procuram o recurso mais vantajoso nessas áreas, com base na observação do comportamento de predileção das abelhas, assim como acontece com *S. lethalis* na serra, e depositam suas colmeias.

Para os apicultores da região, *C. blanchetianus* é uma planta importante para a produção, pois floresce em abundância, sendo o principal recurso responsável pela manutenção e renovação da população de *A. mellifera* durante o período chuvoso (Alves et al., 2017). No trabalho supracitado, há informações referentes à relevância dessa espécie na apicultura migratória no semiárido brasileiro, evidenciando que *C. blanchetianus* trata-se de uma espécie-chave na dinâmica desta atividade. Esses autores informam que além da possibilidade de produção de grandes quantidades de mel bastante valorizado no mercado apícola, *C. blanchetianus* ainda desempenha papel importante para ambas as temporadas de produção de mel, uma vez que é a principal fonte alimentar para as abelhas no sertão tornando possível o desenvolvimento adequado das populações de abelha melífera para que estas estejam aptas à produção do mel do cipó-uva (*S. lethalis*) na estação seca, considerado pelos apicultores como o mais economicamente interessante.

A despeito da capacidade produtiva dos indivíduos de *C. blanchetianus*, Alves et al. (2005), esclarece que a espécie apresenta baixa produtividade de néctar. Sendo assim, é possível que, além da intervenção dos apicultores, outros requisitos ecofisiológicos, confirmam à espécie características de atratividade. Dentre as estratégias desenvolvidas pela espécie capazes de revelar atributos de atração para polinizadores estão a dominância e abundância de indivíduos (Carvalho et al., 2001; Santana, 2009), principalmente em áreas abertas da caatinga. *Croton blanchetianus* ainda apresenta alta sincronia no período de floração (Silva et al., 2011) e grande quantidade de flores por inflorescência (Borges et al., 2014). Grandes quantidades de indivíduos florescendo sincronicamente é capaz de atrair visitantes florais em abundância e riqueza consideráveis (Augspurger (1981), especialmente, quando as flores estão agregadas em grandes inflorescências, pois estas tendem a ser mais interessantes aos polinizadores (Ohashi e Yahara, 2001), refletindo uma relação positiva com a produção de frutos (Rosas et al., 2005) e, conseqüentemente, com sucesso reprodutivo dessas plantas (Augspurger, 1981). Associadas à tais atributos, *C. blanchetianus* apresenta excelente adaptabilidade às condições edafoclimáticas e aos aspectos competitivos com as demais espécies ocorrentes na

caatinga (Barbosa et al., 2012). Desta forma, a convergência desses aspectos garante o status de um dos mais importantes recursos para coleta de pólen e néctar do semiárido brasileiro à essa espécie.

Sendo assim, é provável que com tais propriedades, a intervenção dos apicultores ao direcionarem a instalação de apiários migratórios nas áreas com abundância de *C. blanchetianus* contribua positivamente para a elevação do PERS da espécie, corroborando assim com nossa hipótese de que a apicultura migratória aumenta o PERS de espécies nativas de plantas com síndrome de polinização especialista no semiárido do Brasil.

A semelhança do PERS encontrado em *C. campestris* entre as áreas de controle e tratamento indica uma tendência similar à encontrada em *M. guianensis*, isto é, não foi observada influência positiva da apicultura migratória sobre o PERS dessas espécies. Além disso, este fato pode estar relacionado com a possível preferência das abelhas por *C. blanchetianus*.

Para os apicultores da região, *C. blanchetianus* é preferida pelas abelhas no período chuvoso (Alves et al., 2017). É possível que essa preferência esteja relacionada às recompensas que essa espécie oferece a partir dos atributos de atratividade que apresenta (ver discussão sobre *C. blanchetianus*). Além da abundância e dominância de *C. blanchetianus* ser maior em regiões de caatinga (Barbosa et al., 2012), *C. campestris* parece não apresentar o alto padrão de sincronia de floração observado no marmeleiro. Estudos como os de Silva et al. (2008) e Vidal et al. (2008) indicam que *C. campestris* floresce e frutifica durante o ano inteiro desde que hajam eventos de precipitação, sugerindo que a estratégia reprodutiva da espécie consiste em fornecer recursos ininterruptos durante o ano. Essa estratégia pode garantir à *C. campestris* mais chances de deixar diásporos viáveis no solo, uma vez que em áreas de caatinga há grande competição no período das chuvas, quando é comum que haja floração maciça de diversas espécies vegetais. Além disso, a assincronia pode ser vista como um atributo vantajoso para aptidão e determinadas espécies, uma vez que obriga os polinizadores a dispender maior esforço para se deslocarem entre os indivíduos floridos (Rathke e Lacey, 1985). Sendo assim, a possível assincronia na floração de *C. campestris* pode representar um artifício para garantir a diversidade dentro da população.

É possível que *C. campestris* apresente, de fato, este tipo de estratégia, visto que, observamos neste estudo, que as médias de produção de todos os parâmetros avaliados (flores, frutos, sementes e óvulos) foram estatisticamente superiores para os indivíduos das áreas sobre influência da apicultura migratória. Silva et al. (2008) afirmam que *C. campestris* figura como um importante recurso para a apicultura em regiões semiáridas, devido, entre outras características, à sua floração ininterrupta, o que a torna bastante atrativa aos polinizadores principalmente nos períodos em que há escassez de recursos. Portanto, no contexto avaliado, essa tendência pode atuar no aumento da produção de

elementos reprodutivos dos indivíduos das áreas tratadas e estimular o aumento na produção de sementes mesmo sem a constatação do aumento do PERS para estes indivíduos.

Desta forma, existe a possibilidade de que o PERS de *C. campestris* não tenha sido aumentado pela influência da apicultura migratória, devido às peculiaridades de seus aspectos reprodutivos associadas à influência competitiva de outras espécies vegetais (e.g., *C. blanchetianus*), capazes de suplantarem a atratividade de *C. campestris*, durante o período de chuvas no semiárido brasileiro.

5. Conclusão e recomendações

Os resultados obtidos neste estudo indicam que espécies de plantas nativas podem responder diferentemente à presença de abelhas provenientes de apicultura migratória. Plantas com síndrome de polinização especialista podem, assim, não sofrer nenhuma influência aparente no PERS (como *M. guianensis* da serra e *C. campestris* do sertão) ou podem ter um PERS maior quando sob influência de tais abelhas (*S. lethalis* na serra e *C. blanchetianus* no sertão), e, nesta situação, as abelhas melíferas podem ser capazes de aumentar o *fitness* das espécies de plantas sob sua influência. Outros fatores ecológicos, tais como duração dos estágios de fenofase e estratégias reprodutivas de cada espécie interferem fortemente na possível influência que as populações de *A. mellifera* inseridas por apicultores migratórios podem exercer sobre o sucesso reprodutivo de plantas nativas. É importante notar, também, que não foi observada influência negativa sobre o PERS das espécies. Esse resultado pode reforçar a ideia de que a apicultura migratória pode ser considerada como uma alternativa para a conservação da biodiversidade. Assim, maior produção de sementes aumenta a possibilidade de gerar descendência (Bonan, 2008), além de responsável por grande parte do processo de regeneração de áreas florestais de regiões semiáridas quando germinadas (Souza et al., 2014). No entanto, para que se reforce tal ideia é necessário o desenvolvimento de estudos que investiguem a influência da apicultutura migratória sobre espécies de plantas com síndrome de polinização especializada, pois é sabido que *A. mellifera* pode atuar como pilhadora nas plantas que não apresentam flores generalistas. Isso poderia acarretar, entre outros fatores, a diminuição das populações desse grupo vegetal e, como consequência, impactar negativamente a dinâmica das comunidades. Considerando essa possibilidade, deve-se também avaliar a atuação de *A. mellifera* sobre as espécies de polinizadores nativos nas áreas em que a apicultura migratória tem sido plenamente praticada, uma vez que o comportamento generalista e agressivo enquanto forte competidora que essa espécie exibe, pode ser capaz de esgotar os recursos disponíveis para os demais visitantes florais (Aizen e Feinsinger, 1994). Sendo assim, é possível que, nesses casos, haja

ruptura das interações ecológicas entre plantas e polinizadores nativos (Boiça Jr. et al., 2004), especialmente para os grupos que apresentam síndrome de polinização específica.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza pelo apoio institucional durante o desenvolvimento desta pesquisa. A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de estudos cedida à primeira autora; ao Laboratório de Etnobiologia Aplicada e Teórica (LEA) e Laboratório de Ecologia Reprodutiva de Angiospermas (LERA), ambos sediados na UFRPE, pelo apoio institucional, bem como pelos recursos humanos que auxiliaram em todas as etapas de realização do estudo. Ao ICMBio pela autorização necessária para realização deste estudo em Área de Proteção Ambiental do Araripe (APA-Araripe). Aos apicultores itinerantes das comunidades estudadas e gestores da Associação dos Apicultores de Moreilândia (APIM), pelo apoio logístico, receptividade, confiança e compartilhamento do conhecimento conosco.

Referências

- Aizen, M. A., Feinsinger, P. 1994. Habitat fragmentation, native insect pollinators, and feralhoney bees in Argentine “Chaco Serrano”. *Ecol. Appl.* 4(2), 378–392.
- Aizen, M.A., Morales, C.L., Vázquez, D.P., Garibaldi, L.A., Sáez, A., Harder, L.D. 2014. When mutualism goes bad: density-dependent impacts of introduced bees on plant reproduction. *New Phytol.* 204, 322–328. doi: 10.1111/nph.12924.
- Albuquerque, C.S. 2014. 2014. Densidade de madeira das espécies arbustivas-arbóreas em diferentes cotas altitudinais da Serra do Bodocongó, semiárido brasileiro. Monografia de Licenciatura em Ciências Biológicas. Campina Grande, PB. 48p.
- Albuquerque, U.P., Ramos, M.A., Lucena, R.F.R.; Alencar, N.L. 2014. Methods and techniques used to collect ethnobiological data, in: Albuquerque, U.P.; Cunha, L.V.F.C.; Lucena, R.F.P.; Alves, R.N.N. (Orgs.), *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*. Humana Press, New York, pp. 15–37.
- Alemu, T., Seifu, E., Bezabih, A. 2015. Postharvest handling, opportunities and constraints to honey production in northern Ethiopia. *Livest. Res. Rural. Dev.* 27(15). <http://www.lrrd.org/lrrd27/5/tewo27091.html>. (accessed in 07.07.15).

- Allsopp, M.H., Lange, W.J., Veldtman, R. 2008. Valuing Insect Pollination Services with Cost of Replacement. *PlosOne* 3 (9), 1–8. DOI: 10.1371/journal.pone.0003128.
- Alves, A.S.A., Nascimento, A.L.B., Albuquerque, U., Castro, C.C. 2017. Optimal Foraging Theory Perspectives on the Strategies of Itinerant Beekeepers in Semiarid Northeast Brazil. *Human Ecology*, DOI 10.1007/s10745-017-9909-2.
- Alves, C.M., Lucena, C.M., Santos, S.S., Lucena, R.F.P., Trovão, D.M.B.M. 2014. Ethnobotanical study of useful vegetal species in two rural communities in the semi-arid region of Paraíba state (Northeastern Brazil). *Bol. Mus. Biol. Mello Leitão* 34, 75–96.
- Alves, J.E., Guimarães, A.N.C., Fernandes, J.A.B., Santos, T.R., Freitas, B.M. 2005. Biologia floral do marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell.: Euphorbiaceae) e comportamento de seus visitantes florais. *Anais da 57 Reunião anual da SBPC*, Fortaleza, 1–2 (abstract).
- Alves, T.T.L. 2013. Potencial do cipó-uva (*Serjania lethalis*) como fonte de néctar para exploração apícola na Chapada do Araripe. Doutorado Integrado em Zootecnia (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 197p.
- Alves, T.T.L., Mascena, V.M., Silva, J.N., Freitas, B.M. 2014. Diversidade de insetos e frequência de abelhas visitantes florais de *Serjania lethalis* na Chapada do Araripe. *Revista Verde* 9 (4), 112–116.
- Araújo, F.S., Martins, F.R., Shepherd, G. J. Variações estruturais e florísticas do carrasco no Planalto da Ibiapaba, estado do Ceará. *Rev. Bras. Biol.* 59(4), 663–678.
- Augsburger, C.K. 1981. Reproductive synchrony of tropical plant: experimental effects of pollinators and seed predators on *Hybanthus prunifolius* (Violaceae). *Ecology* 62, 775–788.
- Ayres, M., Ayres, J.R.M., Ayres, D.L., Santos, A.S. 2007. *BioEstat 5.0: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas*. Sociedade Civil de Mamirauá, Belém, Brasil. p. 380.
- Barbosa, M.D., Marangon, L.C., Feliciano, A.L.P., Freire, F.J., Duarte, G.M.T. 2012. Florística e fitossociologia de espécies arbóreas e arbustivas em uma área de caatinga em Arcoverde, PE, Brasil. *Revista Verde*. 36(5), 851–858.
- Boiça Jr, A.L., Santos, M.T., Passilongo, J. 2004. *Trigona spinipes* (Fabr.) (Hymenoptera: Apidae) em espécies de maracujazeiro: flutuação populacional, horário de visitação e danos às flores. *Neotrop. Entomol.* 33(2), 135–139.

- Bonan, G. 2008. Ecological Climatology: concepts and applications. Cambridge University Press. p.500.
- Borges, R.L.B., Jesus, M.C., Camargo, R.C.R., Santos, F.A.R. 2014. Pollen content of marmeleiro (*Croton* spp., Euphorbiaceae) honey from Piauí State, Brazil. *Palynology* 38 (2), 179–194.
- Borges, M.G.B., Silva, R.A., Araújo, A.S., Andrade, A.B.A., Cajá, D.F., Maracajá, P.B. 2014. Estudo sobre a sustentabilidade: aspectos socioeconômicos e ambientais em cinco associações de apicultores no Sertão da Paraíba. *Acta Apicola Brasilica*. 2(2), 01–12. Doi: <http://dx.doi.org/10.18378/aab.v2i2.3505>.
- Brodtschneider, R., Moobeckhofer, R., Crailsheim, K. 2010. Surveys as a tool to record winter losses of honey bee colonies: a two year case study in Austria and South Tyrol. *J. Apicul. Res.* 49, 23–30.
- Brown, J.C. 2006. Productive conservation and its representation: the case of beekeeping in the Brazilian Amazon, in: Zimmerer, K.S. (ed.), *Globalization and new geographies of conservation*. University of Chicago Press. Chicago, USA, pp. 92–115.
- Carvalho, A.M.C., Oliveira, P.E.A.M. 2010. Estrutura da guilda de abelhas visitantes de *Matayba guianensis* Aubl. (Sapindaceae) em vegetação do cerrado. *Oecologia Australis* 14(1), 40–66.
- CONDEPE/FIDEM. 2007. Moreilândia Perfil Municipal de 2007, Recife.
- Corbet, S.A., Williams, I.H., Osborne, J.L. 1992. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. *Apiacta* 4, 1–2.
- CPRM (Serviço Geológico do Brasil). 2005. Projeto cadastro de fontes de abastecimento de água subterrânea. Diagnóstico do município de Moreilândia, estado de Pernambuco. Mascarenhas, J.C.; Beltrão, B.A.; Souza Júnior, L.C.; Galvão, M.J.T.G., Pereira, S.N.; Miranda, J.L.F. Recife: CPMR/PRODEEM.
- Cruden, R.W. 1977. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution* 31, 32–46.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Sistema de produção. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mel/SPMel/instalacao.htm>. (accessed 03.12.16).

- Kevan, P. G. 1997. Honeybees for better apples and much higher yields: study shows pollination services pay dividends. *Canadian Fruitgrower* (May 1997): 14, 16.
- Lopes, C.G.R., Ferraz, E.M.N., Castro, C.C., Lima, E.N., Santos, J.M.F.F., Santos, D.M., Araújo, E.L. 2012. Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. *Forest Ecol. Manag.* 271(2012), 115–123. doi: 10.1016/j.foreco.2012.01.043.
- Lorenzon, M.C.A., Matrangolo, C.A.R., Schoereder, J.H. 2003. Flora visitada pelas abelhas eussociais (Hymenoptera, Apidae) na serra da Capivara, em caatinga no sul do Piauí. *Neotrop. Entomol.* 32 (1), 027–036.
- Machado, I.C.S., Barros, L.M., Sampaio, E.V.S.B. 1997. Phenology of caatinga species at Serra Talhada, Northeastern Brazil. *Biothopica* 29(1), 57–68.
- Machado, A.M.C., Oliveira, P.E.A.M. 2010. Estrutura da guilda de abelhas visitantes de *Matayba guianensis* Aubl. (Sapindaceae) em vegetação do cerrado. *Oecologia Australis* 14(1), 40–66.
- Mantovani, W., Martins, F.R., 1988. Variações fenológicas das espécies do cerrado da Reserva Biológica de Moji Guaçu, Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Bot.* 11, 101–112.
- Marinković, S., Nedić, N. (2010): Analysis of Production and Competitiveness on Small Beekeeping Farms in Selected Districts of Serbia. *APSTRACT* 4(3-4), 65–69.
- Martins, E.O. 2002. Biologia floral de *Matayba guianensis* Aubl. (Sapindaceae) no cerrado de Uberlândia-MG. Monografia de Bacharelado. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG, Brasil. 92p.
- Matsumoto, T., Yamazaki, K. 2013. Distance of migratory honey bee apiary effects on the community of insects visiting flowers of pumpkin. *B. Insectol.* 66 (1), 103–108.
- Novais, J.S., Lima e Lima, L.C., Santos, F.A.R. 2010. Bee pollen loads and their use in indicating flowering in the Caatinga region of Brazil. *J. Arid Environ.* 74, 1355–1358.
- Ohashi K, Yahara T, Chittka L, Thomson JD. 2001. Behavioral responses of pollinators to variation in floral display size and their influences on the evolution of floral traits, *Cognitive ecology of pollination*, ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Rathke B, Lacey EP. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 16, 179–214.

- Rosas, L.F., Pérez-Alquicira, J., Domínguez, C.A. 2005. Environmentally induced variation in fecundity compensation in the morph-biased male-sterile distylous shrub *Erythroxylum havanense* (Erythroxylaceae). *Am. J. Bot.* 92(1), 116–122. doi: 10.3732/ajb.92.1.116.
- Santana, J.A.S. 2009. Padrão de distribuição e estrutura diamétrica de *Croton sonderianus* Muell. Arg. (Marmeleiro) na caatinga da estação Ecológica do Seridó. *Revista Verde* 4, 85–90.
- Sharma, D., Abrol, D.P., Ahmad, H., Srivastva, K., Vir, V. 2013. Migratory beekeeping in Jammu and Kahmir, India. *J. Apicul. Res.* 91 (1), 41–45.
- Silva, R.A., Evangelista-Rodrigues, A., Aquino, I.S., Félix, L.P., Mata, M.F., Peronico, A.S. 2008. Caracterização da flora apícola do semi-árido da Paraíba. *Arch. Zootec.* 57(220), 427–438.
- Silva, R.C.S., Nascimento, I.S., Souza, D.N.N., Santos, P.S., Araújo, E.L. 2011. Fenologia reprodutiva de uma população de *Croton blanchetianus* Baill. (Euphorbiaceae) após corte raso de uma área de floresta tropical seca (caatinga). X Congresso de Ecologia do Brasil. São Lorenção, MG.
- Smith, F.G. 2015. Beekeeping as a forest industry. *E. Afr. Agr. Forestry J.* 31(3)1966, 349–355.
- Souza, J.T.; Ferraz, E.M.; Albuquerque, U.P.; Araújo, E.L. 2014. Does proximity to a mature forest contribute to the seed rain and recovery of an abandoned agriculture area in a semiarid climate? *Plant Biol.* 16 (4), 748–756.
- Uezu, A., Contrera, F.A.L. 2000. Número de flores abertas por inflorescência de *Serjania lethalis* (Sapindaceae) e sua relação com a frequência de visitas de *Apis mellifera*, in: Martins, M., Mantovani, W., Metzger, J.P. (Orgs.), Livro da Disciplina Ecologia de Campo. Universidade de São Paulo, pp. 136–140.
- Vidal, M.G., Santana, N.S., Vidal, D. 2008. Flora apícola e manejo de apiários na região do Recôncavo da Bahia. *Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.* 6(4), 503–509.
- Wiens, D., Calvin, C.L., Wilson, C.A., Davern, C.I., Frank, D., Seavey, S.R. 1987. Reproductive success, spontaneous embryo abortion, and genetic load in flowering plants. *Oecologia* 71, 501–509.
- Zar, J.H. 1996. *Bioestatistical analysis*, Prentice-Hall, New Jersey.
- Zhou, D.Y., Jian, S.F., Liu, Y.Q., Huang, Y.Q., Gu, Z.T., Kuang, H.O., Wu., S.J. 2010. Primary study on the effects of pollination by honeybees on oilseed rape (*Brassica campestris* L.). *Journal of Bee* 1, 3–5.



Figura 1. Localização geográfica do município de Moreilândia, Pernambuco, nordeste do Brasil.

Tabela 1. Estatística descritiva (média \pm desvio padrão) dos elementos reprodutivos de quatro espécies de plantas durante 2013 e 2015 em áreas com (tratamento) e sem (controle) a influência da apicultura migratória no NE do Brasil. TRAT: tratamento; CONTROL: controle; *S.*: *Serjania*; *M.*: *Matayba*; *C.*: *Croton*.

ESPÉCIES	FLORES		FRUTOS		OVULOS		SEMENTES	
	TRAT	CONTROL	TRAT	CONTROL	TRAT	CONTROL	TRAT	CONTROL
<i>S. lethalis</i>	15.7 \pm 11.93	17.29 \pm 13.01	6.85 \pm 6.27	6.25 \pm 6.48	46.9 \pm 35.55	51.87 \pm 39.05	19.87 \pm 17.94	17.96 \pm 18.45
<i>M. guianenses</i>	58.16 \pm 17.97	59.75 \pm 18.73	1.44 \pm 1.71	1.34 \pm 1.69	174.59 \pm 54.70	178.67 \pm 56.03	3.96 \pm 4.71	3.55 \pm 4.52
<i>C. blanchetianus</i>	5.25 \pm 2.52	5.09 \pm 2.73	3.41 \pm 2.23	2.82 \pm 2.16	15.70 \pm 7.57	15.18 \pm 8.16	10.09 \pm 6.59	8.12 \pm 6.17
<i>C. campestris</i>	8.08 \pm 4.04	6.62 \pm 4.22	5.49 \pm 3.57	4.37 \pm 3.72	24.16 \pm 12.20	19.92 \pm 12.67	16.08 \pm 10.45	12.67 \pm 10.53

Tabela 2. Média \pm desvio padrão do sucesso reprodutivo pré-emergente (PERS), fruto:flor (Fr:Fl) e semente:óvulo (S:O) em quatro espécies de plantas em 2013 e 2015 em áreas com (tratamento) e sem (controle) a influência da apicultura migratória no NE do Brasil. TRAT: tratamento; CONTROL: controle; S.: *Serjania*; M.: *Matayba*; C.: *Croton*. Diferentes letras entre os valores de controle e de tratamento no mesmo parâmetro indicam valores estatísticos distintos do Mann-Whitney ($p < 0,05$).

ESPECIES	PERS			Fr:Fl			S:O		
	TRAT	CONTROL	U	TRAT	CONTROL	U; p	TRAT	CONTROL	U; p
<i>S. lethalis</i>	0.20 \pm 0.19 ^a	0.14 \pm 0.16 ^b	30884	0.39 \pm 0.23 ^a	0.31 \pm 0.21 ^b	31060.5;<0.001	0.38 \pm 0.23 ^a	0.30 \pm 0.21 ^b	30793; <0.001
<i>M. guianenses</i>	0.0008 \pm 0.00 ^a	0.0007 \pm 0.00 ^a	37652	0.21 \pm 0.02 ^a	0.19 \pm 0.02 ^a	37910;0.15	0.019 \pm 0.02 ^a	0.02 \pm 0.02 ^a	37409; 0.01
<i>C. blanchetianus</i>	0.46 \pm 0.32 ^a	0.39 \pm 0.33 ^b	33959.5	0.62 \pm 0.29 ^a	0.54 \pm 0.31 ^b	34215.5;0.00	0.61 \pm 0.29 ^a	0.53 \pm 0.31 ^b	33850; 0.00
<i>C. campestris</i>	0.49 \pm 0.30 ^a	0.49 \pm 0.38 ^a	39112	0.650 \pm 0.27 ^a	0.63 \pm 0.33 ^a	39815;0.47	0.64 \pm 0.27 ^a	0.61 \pm 0.35 ^a	38626; 0.25

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos aspectos que permeiam a atividade da apicultura migratória ou itinerante, os resultados deste estudo nos permitem sugerir alguns pontos relacionados às estratégias adaptativas as quais a espécie humana recorre no tocante à obtenção de recursos. Nossos achados também buscaram relacionar a influência dessas estratégias na dinâmica existente no complexo planta-polinizador. Além de procurar traçar esses pontos, ainda pretendemos, nesse tópico, indicar as limitações encontradas ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa e também sugerir pontos em que futuras investigações nesses campos de pesquisa possam contribuir para o avanço das linhas de pesquisa relacionadas a esse estudo.

As observações desse estudo indicam que a apicultura migratória é uma atividade de grande importância para as populações rurais na área em que esse estudo foi realizado, uma vez que representa uma alternativa para a geração de renda, entre seus adeptos, frente às mudanças climáticas sofridas na região do semiárido brasileiro nas últimas décadas. Além disso, a apicultura migratória representa um elemento fortificador da agricultura familiar, pois membros relacionados socialmente (geralmente relações familiares) se unem para o manejo das abelhas e produção de méis e outros derivados apícolas.

Verificamos que as estratégias adotadas pelos apicultores migratórios para seleção de áreas para obtenção de recursos apícolas são fortemente dependentes das condições ambientais vivenciadas, uma vez que, no contexto avaliado, há grande severidade climática e forte variação sazonal. Isto é, tanto os apicultores especialistas quanto os generalistas podem experimentar, uma relação positiva quanto ao custo-benefício da produção. No entanto, para os primeiros, essa relação surge apenas quando se observa abundante disponibilidade de recursos (neste caso, plantas em floração). Em um contexto em que a disponibilidade de recursos é baixa, ou limitada em determinados períodos, como acontece no semiárido brasileiro, os apicultores generalistas conseguem ter maior relação de custo-benefício, pois o investimento destes para a produção é menor que o realizado pelos apicultores especialistas. Isso evidencia que, para que haja maximização do *fitness* do forrageador em ambientes sazonais, a adoção de uma ou outra estratégia pode ser não ser o bastante dependendo da disponibilidade dos recursos. É necessário que o forrageador tenha acurada compreensão dos fatores ambientais que regulam a disponibilidade de recursos nessas áreas a fim de maximizar sua produção.

Ainda no tocante às estratégias adaptativas, este estudo aponta que as estratégias tomadas pelos apicultores são também influenciadas por processos de aprendizagem, os quais são passados por indivíduos de grande prestígio dentro de um grupo social. Desta forma, é

possível que alguns apicultores não consigam elevar seu *fitness* por estarem copiando informações desatualizadas sobre o ambiente, uma vez que a área estudada tem passado por estios prolongados além do esperado para a região, sendo assim, podemos retomar a primeira consideração, a qual evidencia que o forrageador deve desenvolver a capacidade de interpretar as variáveis ambientais que melhor podem contribuir para um maior aproveitamento da produção.

Por fim, na avaliação sobre a influência do comportamento humano sobre a interação planta-polinizador, percebemos que, a inserção de grandes quantidades de colmeias de *A. mellifera* em áreas de vegetação nativa representa, para algumas espécies uma influência no sucesso reprodutivo pré-emergente. Vale salientar que o aumento na produção de elementos reprodutivos observado nessa pesquisa é relativo à espécies de plantas nativas com síndrome de polinização generalista, fator bastante comum entre vegetais componentes da flora apícola. Ainda assim, este estudo mostrou que, para que essa influência positiva seja alcançada, faz-se necessário, além do aumento intencional das populações de *A. mellifera*, gerado pelos apicultores, que as espécies vegetais apresentem atributos interessantes para o forrageamento dessas abelhas, tais como abundância, dominância, e obviamente, quantidade e qualidade de recompensa. Desta forma, *A. mellifera* utiliza seu perfil de eficaz forrageadora para escolher os recursos disponíveis que apresentam maior rentabilidade. Vale salientar que, nas espécies vegetais que não tiveram a produção aumentada, *A. mellifera* não causou nenhum efeito negativo no sucesso reprodutivo das mesmas. Sendo assim, a apicultura migratória pode ser considerada como um fator importante na e, talvez até pressionador, da comunidade vegetal nas regiões em que ocorre, uma vez que pode estar modelando as estruturas dessas populações e, conseqüentemente a dinâmica das comunidades.

Nosso estudo apresenta algumas limitações, expressas em conjuntos de dados que não estão aqui representados. Destacamos entre as limitações encontradas, a ausência de dados sobre a modalidade da apicultura migratória, que apesar de bastante utilizada, apresenta poucas informações disponíveis, principalmente quanto a sua dinâmica e influência nos ecossistemas. Quanto ao delineamento experimental utilizado nessa investigação, tivemos dificuldades em estabelecer a mesma quantidade de áreas para monitoramento das amostras de controle do experimento ecológico (áreas que não estavam sob influência direta dos apiários). Essa dificuldade deve-se ao fato de que, na região, a atividade é largamente desenvolvida, pois, como já dito anteriormente, representa uma fonte alternativa de geração de renda ao agricultor familiar. Sendo assim, verificamos grande quantidade de apiários na região e a realização do

experimento de controle em locais com distância menor de 5 km do apiário mais próximo, poderia comprometer os resultados devido ao alcance do raio de forrageamento das abelhas.

Recomendamos que futuros estudos sobre os temas aqui abordados busquem investigar com maior intensidade: 1) os efeitos do forrageamento social nos critérios utilizados pelos forrageadores na escolha das áreas para obtenção de recursos. Tal sugestão está baseada na observação que tivemos sobre a influência do prestígio que determinados indivíduos apresentam dentro da comunidade e à forma como a dinâmica de escolha das áreas pelos demais membros da comunidade segue um padrão pré-definido por tais atores. Percebemos que entre os critérios utilizados pelos apicultores houve alto grau de imitação e pouca inovação, o que pode responder ao sucesso ou insucesso de uma determinada estratégia frente ao cenário de mudanças nos padrões de precipitação em algumas áreas do semiárido brasileiro. 2) dados pluviométricos podem auxiliar a interpretação quanto ao sucesso reprodutivo de plantas nativas nas regiões semiáridas. Sabe-se que a precipitação é um dos fatores que contribuem mais fortemente nas respostas fenológicas das plantas do semiárido, desta forma, sugerimos que dados dessa magnitude sejam acrescentados às investigações que buscam compreender a influência de polinizadores nativos e/ou exóticos no sucesso reprodutivo das plantas nativas no semiárido. 3) influência da apicultura migratória em plantas nativas que apresentem síndrome de polinização especializada. Investigações dessa natureza seriam capazes de elucidar diversas lacunas ao ter dados cruzados como estudos como o que foi desenvolvido nesta tese, pois evidenciariam a real influência apicultura migratória na comunidade, uma vez que se teriam dados sobre aspectos reprodutivos de espécies componentes da flora apícola de outras que não compõem esse tipo de recurso. 4) influência da apicultura migratória sobre a guilda de polinizadores nativos. Resultados de uma pesquisa nesse âmbito, assim como os demais citados, ajudariam a compor os impactos que a apicultura itinerante pode provocar na comunidade e esclarecendo questões sobre o complexo planta-polinizador, bem como seriam capazes de subsidiar esclarecimento acerca de estudos sobre o sucesso reprodutivos das plantas nativas do semiárido sob influência dessa atividade agrícola. Esse conjunto de dados pode auxiliar na compreensão das estratégias evolutivas desenvolvidas pela espécie humana para obtenção de recursos e consequente influências dessas atividades na dinâmica entre planta e polinizador. Informações sobre essas relações podem subsidiar estratégias para a conservação dos serviços de polinização, que estão sob forte ameaça e representam extrema importância para a economia, saúde e alimentação humana, bem como para manutenção dos ecossistemas naturais.

ANEXOS

ANEXO I

Human Ecology (Normas para publicação)

An Interdisciplinary Journal

Editor: Daniel G. **Bates**

ISSN: 0300-7839 (print version)

ISSN: 1572-9915 (electronic version)

Journal no. 10745

Instructions for Authors

Human Ecology

Manuscript Submission

Manuscripts are to be submitted online via Human Ecology's Editorial Manager Website at <http://huec.edmgr.com>

Please visit this site for more details on how to register with Editorial Manager and how to upload and electronically submit your manuscript.

For additional instructions, please go to this site:

<http://www.hunter.cuny.edu/humaneco/human-ecology-an-interdisciplinary-journal>

Springer is pleased to offer Human Ecology authors the opportunity to have their submissions reviewed by an independent language editing service prior to submission. The following four contractors have been selected specifically for their English as a second language (ESL) capabilities and their years of experience with scientific manuscripts. Interested authors should contact any of the following contractors for manuscript assistance; authors are directly responsible for all payments to these contractors:

American Journal Experts

www.JournalExperts.com

Diacritech Language Editing Services

<http://www.languageedit.com/>

Write Science Right

<http://www.writescienceright.com/>

Genedits

<http://www.genedits.com/>

International Science Editing

<http://www.internationalscienceediting.com>

- <http://www.hunter.cuny.edu/humaneco/human-ecology-an-interdisciplinary-journal> **Copyright**

Submission is a representation that the manuscript has not been published previously and is not currently under consideration for publication elsewhere. A statement transferring copyright from the authors (or their employers, if they hold the copyright) to Springer will be required before the manuscript can be accepted for publication. The Editor will supply the necessary forms for this transfer. Such a written transfer of copyright, which previously was assumed to be implicit in the act of submitting a manuscript, is necessary under the U.S. Copyright Law in order for the publisher to carry through the dissemination of research results and reviews as widely and effectively as possible.

General

A more detailed instruction guide is available, upon request, from the Editor. In general, Human Ecology: An Interdisciplinary Journal follows the recommendations of Style Manual for Biological Journals, published by the American Institute of Biological Sciences, and it is suggested that contributors refer to this publication.

- <http://huec.edmgr.com>

Manuscript Style

- Type double–spaced, and upload to the Editorial Manager site (including, where possible, copies of all illustrations and tables).
- 4. An abstract is to be provided, preferably no longer than 150 words.
- A list of 4–5 key words is to be provided directly below the abstract. Key words should express the precise content of the manuscript, as they are used for indexing purposes, both internal and external.
- List references alphabetically at the end of the paper and refer to them in the text by name and year in parentheses. Where there are three or more authors, only the first author's name is given in the text, followed by et al. References should include titles of papers.

Illustration Style

- Illustrations (photographs, drawings, diagrams, and charts) are to be numbered in one consecutive series of Arabic numerals. The captions for illustrations should be typed on a separate sheet of paper. Electronic artwork submitted on disk should be in the TIFF or EPS format (1200 dpi for line and 300 dpi for half–tones and gray–scale art). Color art should be in the CMYK color space.
- Tables should be numbered and referred to by number in the text. Each table should be typed on a separate sheet of paper.

Page Charges

The journal makes no page charges. Reprints are available to authors, and order forms with the current price schedule are sent with proofs.

Springer Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer now provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription–based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink. To publish via Springer Open Choice, upon acceptance please visit the link below to complete the relevant order form and provide the required payment information. Payment must be received in full before publication or articles will publish as regular subscription–model articles. We regret that Springer Open Choice cannot be ordered for published articles.

- www.springeronline.com/openchoice

DOES SPRINGER PROVIDE ENGLISH LANGUAGE SUPPORT?

Manuscripts that are accepted for publication will be checked by our copyeditors for spelling and formal style. This may not be sufficient if English is not your native language and substantial editing would be required. In that case, you may want to have your manuscript edited by a native speaker prior to submission. A clear and concise language will help editors and reviewers concentrate on the scientific content of your paper and thus smooth the peer review process.

The following editing service provides language editing for scientific articles in all areas Springer publishes in:

- [Edanz English editing for scientists](#)

Use of an editing service is neither a requirement nor a guarantee of acceptance for publication. Please contact the editing service directly to make arrangements for editing and payment.

For Authors from China

文章在投稿前进行专业的语言润色将对作者的投稿进程有所帮助。作者可自愿选择使用 Springer 推荐的编辑服务，使用与否并不作为判断文章是否被录用的依据。提高文章的语言质量将有助于审稿人理解文章的内容，通过对学术内容的判断来决定文章的取舍，而不会因为语言问题导致直接退稿。作者需自行联系 Springer 推荐的编辑服务公司，协商编辑事宜。

- 理文编辑

For Authors from Japan

ジャーナルに論文を投稿する前に、ネイティブ・スピーカーによる英文校閲を希望されている方には、Edanz社をご紹介します。サービス内容、料金および申込方法など、日本語による詳しい説明はエダンズグループジャパン株式会社の下記サイトをご覧ください。

- エダンズグループジャパン

For Authors from Korea

영어 논문 투고에 앞서 원어민에게 영문 교정을 받고자 하시는 분들께 Edanz 회사를 소개해 드립니다. 서비스 내용, 가격 및

신청 방법 등에 대한 자세한 사항은 저희 Edanz Editing Global 웹사이트를 참조해 주시면 감사하겠습니다.

- Edanz Editing Global

Additional Information

For further instruction, please visit :

- <http://www.hunter.cuny.edu/humaneco/instructions-for-contributors>

ETHICAL RESPONSIBILITIES OF AUTHORS

This journal is committed to upholding the integrity of the scientific record. As a member of the Committee on Publication Ethics (COPE) the journal will follow the COPE guidelines on how to deal with potential acts of misconduct.

Authors should refrain from misrepresenting research results which could damage the trust in the journal, the professionalism of scientific authorship, and ultimately the entire scientific endeavour. Maintaining integrity of the research and its presentation can be achieved by following the rules of good scientific practice, which include:

- The manuscript has not been submitted to more than one journal for simultaneous consideration.
- The manuscript has not been published previously (partly or in full), unless the new work concerns an expansion of previous work (please provide transparency on the re-use of material to avoid the hint of text-recycling (“self-plagiarism”).
- A single study is not split up into several parts to increase the quantity of submissions and submitted to various journals or to one journal over time (e.g. “salami-publishing”).
- No data have been fabricated or manipulated (including images) to support your conclusions
- No data, text, or theories by others are presented as if they were the author’s own (“plagiarism”). Proper acknowledgements to other works must be given (this includes material that is closely copied (near verbatim), summarized and/or paraphrased), quotation marks are used for verbatim copying of material, and permissions are secured for material that is copyrighted.
- **Important note:** the journal may use software to screen for plagiarism.
- Consent to submit has been received explicitly from all co-authors, as well as from the responsible authorities - tacitly or explicitly - at the institute/organization where the work has been carried out, **before** the work is submitted.
- Authors whose names appear on the submission have contributed sufficiently to the scientific work and therefore share collective responsibility and accountability for the results.

In addition:

- Changes of authorship or in the order of authors are not accepted **after** acceptance of a manuscript.
- Requesting to add or delete authors at revision stage, proof stage, or after publication is a serious matter and may be considered when justifiably warranted. Justification for

changes in authorship must be compelling and may be considered only after receipt of written approval from all authors and a convincing, detailed explanation about the role/deletion of the new/deleted author. In case of changes at revision stage, a letter must accompany the revised manuscript. In case of changes after acceptance or publication, the request and documentation must be sent via the Publisher to the Editor-in-Chief. In all cases, further documentation may be required to support your request. The decision on accepting the change rests with the Editor-in-Chief of the journal and may be turned down. Therefore authors are strongly advised to ensure the correct author group, corresponding author, and order of authors at submission.

- Upon request authors should be prepared to send relevant documentation or data in order to verify the validity of the results. This could be in the form of raw data, samples, records, etc.

If there is a suspicion of misconduct, the journal will carry out an investigation following the COPE guidelines. If, after investigation, the allegation seems to raise valid concerns, the accused author will be contacted and given an opportunity to address the issue. If misconduct has been established beyond reasonable doubt, this may result in the Editor-in-Chief's implementation of the following measures, including, but not limited to:

- If the article is still under consideration, it may be rejected and returned to the author.
- If the article has already been published online, depending on the nature and severity of the infraction, either an erratum will be placed with the article or in severe cases complete retraction of the article will occur. The reason must be given in the published erratum or retraction note.
- The author's institution may be informed.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

To ensure objectivity and transparency in research and to ensure that accepted principles of ethical and professional conduct have been followed, authors should include information regarding sources of funding, potential conflicts of interest (financial or non-financial), informed consent if the research involved human participants, and a statement on welfare of animals if the research involved animals. Authors should include the following statements (if applicable) in a separate section entitled "Compliance with Ethical Standards" when submitting a paper:

- Disclosure of potential conflicts of interest
- Research involving Human Participants and/or Animals
- Informed consent

Please note that standards could vary slightly per journal dependent on their peer review policies (i.e. single or double blind peer review) as well as per journal subject discipline. Before submitting your article check the instructions following this section carefully.

The corresponding author should be prepared to collect documentation of compliance with ethical standards and send if requested during peer review or after publication.

The Editors reserve the right to reject manuscripts that do not comply with the above-mentioned guidelines. The author will be held responsible for false statements or failure to fulfill the above-mentioned guidelines.

DISCLOSURE OF POTENTIAL CONFLICTS OF INTEREST

Authors must disclose all relationships or interests that could have direct or potential influence or impart bias on the work. Although an author may not feel there is any conflict, disclosure of relationships and interests provides a more complete and transparent process, leading to an accurate and objective assessment of the work. Awareness of a real or perceived conflicts of interest is a perspective to which the readers are entitled. This is not meant to imply that a financial relationship with an organization that sponsored the research or compensation received for consultancy work is inappropriate. Examples of potential conflicts of interests **that are directly or indirectly related to the research** may include but are not limited to the following:

- Research grants from funding agencies (please give the research funder and the grant number)
- Honoraria for speaking at symposia
- Financial support for attending symposia
- Financial support for educational programs
- Employment or consultation
- Support from a project sponsor
- Position on advisory board or board of directors or other type of management relationships
- Multiple affiliations
- Financial relationships, for example equity ownership or investment interest
- Intellectual property rights (e.g. patents, copyrights and royalties from such rights)
- Holdings of spouse and/or children that may have financial interest in the work

In addition, interests that go beyond financial interests and compensation (non-financial interests) that may be important to readers should be disclosed. These may include but are not limited to personal relationships or competing interests directly or indirectly tied to this research, or professional interests or personal beliefs that may influence your research.

The corresponding author collects the conflict of interest disclosure forms from all authors. In author collaborations where formal agreements for representation allow it, it is sufficient for the corresponding author to sign the disclosure form on behalf of all authors. Examples of forms can be found

- [here](#):

The corresponding author will include a summary statement in the text of the manuscript in a separate section before the reference list, that reflects what is recorded in the potential conflict of interest disclosure form(s).

See below examples of disclosures:

Funding: This study was funded by X (grant number X).

Conflict of Interest: Author A has received research grants from Company A. Author B has received a speaker honorarium from Company X and owns stock in Company Y. Author C is a member of committee Z.

If no conflict exists, the authors should state:

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

ANEXO II

JOURNAL OF ARID ENVIRONMENTS (Normas para publicação)

GUIDE FOR AUTHORS

Your Paper Your Way

We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to

submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process.

Only when

your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a 'correct format'

for acceptance and provide the items required for the publication of your article.

To find out more, please visit the Preparation section below.

INTRODUCTION

Aims and Scope

The Journal of Arid Environments is an international journal publishing original scientific and

technical research articles on physical, biological and cultural aspects of arid, semi-arid, and desert

environments. As a forum of multi-disciplinary and interdisciplinary dialogue it addresses research on

all aspects of arid environments and their past, present and future use.

Research Areas include: Paleoclimate and Paleoenvironments Climate and Climate Change

Hydrological processes and systems Geomorphological processes and systems Soils

(physical

and biological aspects) Ecology (Plant and Animal Sciences) Anthropology and human ecology (archaeology, sociology, ethnobotany, human adaptations, etc. Agriculture Land use grazing, mining, tourism, etc) Land use (agronomy, grazing, mining, tourism, etc) Conservation (theory, policy, sustainability, economics, heritage) Land degradation (desertification) and rehabilitation Environmental monitoring and management

Types of paper

Research Articles: reporting original and previously unpublished work. Research papers have a

reference limit of 50 cites

Short Communications: These are concise, but complete descriptions of a limited investigation, which will not be included in a later paper. Examples include descriptive research on seed-germination

conditions, plant responses to salinity, animal feeding habits, etc. Short communications have a

reference limit of 20 cites

Short communications should not exceed 2400 words (six printed pages), excluding references

and legends. Submissions should include a short abstract not exceeding 10% of the length of the

communication and which summarizes briefly the main findings of the work to be reported. The

bulk of the text should be in a continuous form that does not require numbered sections such as

Introduction, Materials and methods, Results and Discussion. However, a Cover page, Abstract and

a list of Keywords are required at the beginning of the communication and

Acknowledgements and

References at the end. These components are to be prepared in the same format as used for full-length

research papers. Occasionally authors may use sub-titles of their own choice to highlight sections

of the text. The overall number of tables and figures should be limited to a maximum of three (i.e.

two figures and one table).

Review Articles: Critical evaluation of existing data, defined topics or emerging fields of investigation,

critical issues of public concern, sometimes including the historical development of topics. Those

wishing to prepare a review should first consult the Editors or Associate Editors concerning acceptability of topic and length.

Think Notes: Short, one page notes describing new developments, new ideas, comments on a

controversial subject, or comments on recent conferences will also be considered for publication.

Letter to the Editor: A written discussion of papers published in the journal. Letters are accepted on

the basis of new insights on the particular topic, relevance to the published paper and timeliness.

Contact details for submission

Authors may send queries concerning the submission process, manuscript status, or journal

procedures to the Editorial Office at jae@elsevier.com.

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Human and animal rights

If the work involves the use of human subjects, the author should ensure that the work described has been carried out in accordance with The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans, <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>; Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals, <http://www.icmje.org>. Authors should include a statement in the manuscript that informed consent was obtained for experimentation with human subjects. The privacy rights of human subjects must always be observed. All animal experiments should be carried out in accordance with the U.K. Animals (Scientific Procedures) Act, 1986 and associated guidelines, [EU Directive 2010/63/EU for animal experiments](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32010L0063), or the National Institutes of Health guide for the care and use of Laboratory animals (NIH Publications No. 8023, revised 1978) and the authors should clearly indicate in the manuscript that such guidelines have been followed. **All animal studies need to ensure they comply with the ARRIVE guidelines.** More information can be found at <http://www.nc3rs.org.uk/page.asp?id=1357>.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: http://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/supporthub/publishing.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/sharingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality

detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>).

Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. For more information see <http://www.elsevier.com/copyright>.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some authors may also be reimbursed for associated publication fees. To learn more about existing agreements please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Open access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An open access publication fee is payable by authors or on their behalf e.g. by their research funder or institution

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our universal access programs (<http://www.elsevier.com/access>).
- No open access publication fee payable by authors.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CC BY)

Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article,

and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The open access publication fee for this journal is **USD 2500**, excluding taxes. Learn more about

Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Green open access

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our green open access page for further

information (<http://elsevier.com/greenopenaccess>). Authors can also self-archive their manuscripts

immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This

is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated

changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo

period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver

value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public.

This is the

embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and

fully citable form.

This journal has an embargo period of 24 months.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/languageediting/>) or visit our customer support site

(<http://support.elsevier.com>) for more information.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article

details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in

the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for

final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for

revision, is sent by e-mail.

Referees

Please submit, with the manuscript, the names, addresses and e-mail addresses of 5 potential referees. It is required that potential referees not be from the same institution as the authors. Suggested reviewers must have agreed to review the manuscript, if required. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

PREPARATION

NEW SUBMISSIONS

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process. As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or layout that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

References

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions. If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes. Divide the article into clearly defined sections. *Figures and tables embedded in text* Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file.

REVISED SUBMISSIONS

Use of word processing software

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

• **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid

abbreviations and formulae where possible.

• **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s)

of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation

addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase

superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address.

Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the

e-mail address of each author.

• **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing

and publication, also post-publication. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**

• **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples. Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: [Illustration Service](#).

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Plant names

Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or

convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings,

halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi

is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.

- Supply files that are too low in resolution.

- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Non-electronic artwork

Provide all illustrations as high-quality printouts, suitable for reproduction (which may include

reduction) without retouching. Number illustrations consecutively in the order in which they are

referred to in the text. They should accompany the manuscript, but should not be included within the

text. Clearly mark all illustrations on the back (or - in case of line drawings - on the lower front side)

with the figure number and the author's name and, in cases of ambiguity, the correct orientation.

Mark the appropriate position of a figure in the article.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or

MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit

usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear

in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations

are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive**

information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please

indicate your preference for color: in print or online only. For further information on the preparation

of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure

itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but

explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the

relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Regular research papers have a reference limit of 50 cites and short communications should not exceed 20 cites.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

AUTHOR INFORMATION PACK 29 Nov 2015 www.elsevier.com/locate/jaridenv 10

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles (<http://citationstyles.org>), such as Mendeley (<http://www.mendeley.com/features/reference-manager>) and Zotero (<https://www.zotero.org/>), as

well as EndNote (<http://endnote.com/downloads/styles>). Using the word processor plugins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style.

If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide.

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/journal-of-arid-environments>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plugins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style

or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book

title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination

must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be

applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted

at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should

be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;

2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;

3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first

alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al.

(2010) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if

necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by

the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci.*

Commun. 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), Introduction to the Electronic Age. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Please note that journal names and references should be provided in full.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Supplementary material

Supplementary material can support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Please note that such items are published online exactly

as they are submitted; there is no typesetting involved (supplementary data supplied as an Excel file or as a PowerPoint slide will appear as such online). Please submit the material together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. If you wish to make any changes to supplementary data during any stage of the process, then please make sure to provide an updated file, and do not annotate any corrections on a previous version. Please also make sure to switch off the 'Track Changes' option in any Microsoft Office files as these will appear in the published supplementary file(s). For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Database linking

Elsevier encourages authors to connect articles with external databases, giving readers access to relevant databases that help to build a better understanding of the described research. Please refer to relevant database identifiers using the following format in your article: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN). See <http://www.elsevier.com/databaselinking> for more information and a full list of supported databases.

Google Maps and KML files

KML (Keyhole Markup Language) files (optional): You can enrich your online articles by providing KML or KMZ files which will be visualized using Google maps. The KML or KMZ files can be uploaded in our online submission system. KML is an XML schema for expressing geographic annotation and visualization within Internet-based Earth browsers. Elsevier will generate Google Maps from the submitted KML files and include these in the article when published online. Submitted KML files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. For more information see <http://www.elsevier.com/googlemaps>.

Interactive plots

This journal enables you to show an Interactive Plot with your article by simply submitting a data file. For instructions please go to <http://www.elsevier.com/interactiveplots>.

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'