

# A importância dos habitats naturais no entorno de plantações de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) para o sucesso reprodutivo<sup>1</sup>

Lilian M. A. de Flores<sup>2</sup>, Alípio J.S. Pacheco Filho<sup>2</sup>, Christian Westerkamp<sup>3</sup> & Breno M. Freitas<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal do Ceará.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Ceará, departamento de Biologia, Bloco 906, Campus do Pici. CEP 60455-970, Fortaleza, Ceará, Brasil. liufpe@yahoo.com.br; alipiopachecofilho@hotmail.com

<sup>3</sup> Universidade Federal do Ceará, Agronomia, Campus do Cariri. CEP 63000-000 – Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil. chrisbio@ufc.br

<sup>4</sup> Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia. CEP 60021-970 – Fortaleza, Ceará, Brasil. freitas@ufc.br

Recebido em 25. III. 2012. Aceito em 13. XII. 2012.

**RESUMO** – A expansão da agricultura tem levado à alteração nos habitats naturais e redução de polinizadores. Alterações na paisagem podem estar ocasionando baixo rendimento na frutificação do cajueiro. Este trabalho objetivou discutir a importância da conservação de habitats naturais para a manutenção de polinizadores para o cajueiro cultivado. O estudo foi desenvolvido em Horizonte, Ceará, entre julho e dezembro de 2011, em dois pomares semelhantes. Foram coletados todos os visitantes florais do cajueiro em áreas com diferentes distâncias dos remanescentes de vegetação natural e observado o percentual de frutificação. O cajueiro apresentou dependência dos polinizadores para a produção de frutos, e seus principais visitantes florais foram abelhas e vespas. A distância do fragmento não afetou a produção de frutos, entretanto, a qualidade do habitat natural influenciou a riqueza e a abundância dos visitantes florais afetando o sucesso reprodutivo do cajueiro.

Palavras-chave: serviços de ecossistema, polinização, paisagem agrícola

**ABSTRACT** – **The importance of natural habitats in the surroundings of dwarf cashew (*Anacardium occidentale* L.) plantation for its reproductive success.** Agriculture expansion has led to changes in natural habitats and pollinator reduction. Changes in the landscape may be causing low cashew fruit set. Our aim was to assess the importance of natural habitat conservation to the provision of pollinators for cultivated cashew. The study was carried out in Horizonte, Ceará, Brazil, from July to December 2011, in two similar orchards. We collected all floral visitors and reported the fruit set in cashew crops near fragments of native vegetation at different distances. Our results show that cashew depends on insect visits to produce fruit, and that bees and wasps were the main visitors. Distance to the fragments did not affect fruit production, but the quality of the natural habitat influenced the richness and abundance of floral visitors affecting cashew reproductive success.

Key words: ecosystem services, pollination, agricultural landscape

## INTRODUÇÃO

A influência da ação humana na paisagem tem causado diversas alterações nos padrões e processos ecológicos no ambiente (Collinge, 2000; Cadenasso *et al.*, 2003; Harper *et al.*, 2005). Tal fato vem ocorrendo em consequência do desmatamento para atividades agrícolas e da extração de recursos minerais e de madeira, transformando assim a paisagem em todo o planeta (De Marco & Coelho, 2004).

Essas alterações podem levar à redução de diversidade (Holzschuh *et al.*, 2010) que ocorre por

dois processos distintos e atuam em tempos diferentes. O primeiro, em um curto prazo, é a perda imediata de espécies e o segundo é o isolamento de habitats (“insularização”), ocasionando várias extinções de espécies nestas ilhas (Ranta *et al.*, 1998; Fahrig, 2003). Isto acontece porque muitas populações nelas contidas não são viáveis em longo prazo (Soulé, 1987).

A conversão de florestas em áreas agrícolas, devido à perda de biodiversidade, pode causar danos aos ecossistemas, afetando também os serviços prestados por estes. Estas consequências estão dire-

tamente associadas à extinção local das espécies e são causadas principalmente por seu isolamento em pequenos fragmentos inseridos em uma matriz pouco permeável (De Marco & Coelho, 2004).

Muitos estudos vêm demonstrando uma relação entre a distância de fragmentos de vegetação nativa e a vantagem prestada à cultura pelo serviço de ecossistema, como a polinização (Klein *et al.*, 2003b, 2007; Ricketts, 2004; Carvalheiro *et al.* 2010; Garibaldi *et al.*, 2011). Tal fato ocorre devido à grande parte das espécies de polinizadores utilizarem esses remanescentes para construir seus ninhos e explorar muitos recursos, como pólen e néctar.

Neste sentido, o crescente rompimento desses habitats para aumentar a produção através da expansão da agricultura não tem alcançado êxito (Roubik, 2002; Tschardt *et al.*, 2005; Ricketts *et al.*, 2008). Isto ocorre porque os habitats naturais servem como fonte de polinizadores para as áreas agrícolas, visto que 87 das 115 principais culturas globais são polinizadas por animais, principalmente insetos (Klein *et al.*, 2007; Ricketts *et al.*, 2008).

Dentre essas culturas, encontra-se o cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), nativo da vegetação costeira do Brasil e importante economicamente para a região Nordeste por sua produção de castanha, óleo e pseudofruto (Freitas *et al.*, 2002). Os cajueirais, no entanto, têm apresentado baixo rendimento em sua produtividade, chegando a 200 kg de castanhas/ha, quando o esperado seria de 1.300 kg/ha (Oliveira & Costa, 2005).

O cajueiro possui inflorescência em forma de panícula, com flores brancas na antese tornando-se gradualmente vermelhas, durante os cinco dias subsequentes, até murcharem (Freitas & Paxton, 1998). É uma planta andromonóica, com flores masculinas e hermafroditas na mesma panícula. A flor masculina possui um estame funcional e cinco a dez estaminóides, enquanto a flor hermafrodita apresenta um carpelo com um único óvulo (Freitas *et al.*, 2002). A maioria das flores tem antese no período da manhã, porém, as flores masculinas geralmente abrem primeiro que as hermafroditas (Freitas & Paxton, 1998; Bhattacharya, 2004).

Trabalhos anteriores sugerem que o cajueiro pode ser polinado por vários grupos de insetos, como formigas, borboletas, abelhas e vespas (Northwood, 1966) e até pelo vento (Damodaran *et al.*, 1966). De fato, Freitas *et al.* (2002) e Bhattacharya (2004) mostraram que, apesar de ocorrer a visitação floral por vários outros insetos, apenas algumas espécies

de abelhas são polinizadores efetivos, como *Apis mellifera* e *Centris tarsata*.

No entanto, essas abelhas podem diminuir a frequência de visitação às flores à medida que os cajueiros se tornam mais distantes dos fragmentos, pois estes são os locais onde as abelhas constroem seus ninhos (Klein *et al.*, 2007; Ricketts *et al.*, 2008). Portanto, espera-se que a presença de habitats naturais próximos a esses plantios favoreça o aumento da produção de frutos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a importância da conservação dos fragmentos de vegetação nativa na manutenção de polinizadores para o cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.), testando a hipótese que quanto mais distante for a plantação de cajueiros de fragmentos de vegetação nativa, menor será a quantidade de frutos produzidos. Espera-se que áreas de cajucultura, sob mesmas condições ambientais, mais próximas a áreas de vegetação nativa e a fragmentos de melhor qualidade tenham maior diversidade e abundância de visitantes florais e, conseqüentemente, maior produção de frutos que áreas mais distantes.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

O trabalho foi realizado no município de Horizonte, Ceará, situado na microregião de Pacajus, de julho a dezembro de 2011. O município está localizado a 40,1 km de Fortaleza, Ceará, e apresenta temperatura média anual que varia de 19°C a 29°C, com índice pluviométrico anual de 780 mm (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1998; Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2011).

As formas de relevo são planas, integradas na faixa dos tabuleiros pré-litorâneos, com altitude não superior a 100 metros acima do nível do mar. Apresentam solos do tipo neossolos quartzarênicos e planossolo háplico, sobre os quais se encontra estabelecida a vegetação típica dos tabuleiros, mesclando espécies próprias, de matas serranas e da caatinga (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1998; Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2011).

### Seleção e Demarcação da Área de Estudo

Foram selecionados dois plantios de caju do tipo anão precoce (CP76) ao lado de áreas de vegetação nativa. A primeira área (A1 – 4° 6'15,36"S e 38°23'23,19"O) localizada ao lado de um fragmento

de melhor qualidade e mais distante da área urbana, e a segunda (A2 - 4° 5'40,00"S e 38°24'52,50"O) sob maior influência da ação humana. A melhor qualidade do habitat foi determinada em função da maior diversidade de espécies e da menor ação humana sobre o fragmento.

Dentro de cada plantio, foram traçados, perpendicularmente ao fragmento, dois transectos paralelos e distantes 150 metros entre si. Posteriormente, em cada transecto, foi selecionado e marcado um cajueiro a diferentes distâncias da borda do fragmento (5, 50, 100, 200 e 300 m). Essas distâncias foram escolhidas devido à maioria das propriedades no Ceará possuir menos de 50 ha, apresentando ambos os plantios cerca de 11 ha.

### Polinização e Sucesso Reprodutivo

Para verificar se os cajueiros dependem da polinização biótica e se a presença de visitantes florais aumenta o sucesso reprodutivo, foram marcadas, em cada indivíduo selecionado, duas panículas de forma aleatória com botões florais em pré-antese. Uma delas foi envolvida com saco de organza para impedir o contato dos possíveis polinizadores com as flores, mas possibilitando a entrada de grãos de pólen levados pelo vento, e a outra permaneceu livre para os visitantes florais. Nas panículas marcadas, foram realizadas contagens do número de flores masculinas e hermafroditas, e posteriormente do número de frutos formados. O sucesso reprodutivo foi estimado comparando-se o percentual de frutificação (razão fruto/flor).

### Visitantes Florais

Para analisar a diversidade e a abundância de visitantes florais, foram coletados, com rede entomológica, todos os visitantes florais durante o período de floração dos cajueiros nestas áreas. A observação ocorreu durante 10 minutos, com intervalos de uma hora, em cada um dos 10 cajueiros selecionados (dois indivíduos por distância) para cada área. A coleta foi feita no período de maior visitação floral, entre 7:00 e 12:00 horas, durante dois dias consecutivos a cada 15 dias, com um total de 110 horas de observa o. Para que não houvesse influência do horário ou do esforço amostral, a observa o de cada linha e das diferentes distâncias foi alternada de forma que todas as distâncias fossem observadas em todos os horários de observa o. Os indivíduos coletados foram identificados pela Dra. Fav zia Oliveira da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

### Análise de Dados

Para a análise dos dados foi empregado o Modelo Linear Generalizado (GLM – Generalized Linear Model), com o auxílio do software Statistica 7 (StatSoft, Inc., 2005). O GLM foi empregado devido   natureza dos dados, que não atendiam as premissas de normalidade. Em um primeiro exame, a variável resposta foi a propor o fruto/flor, e as variáveis explanatórias foram a distância do fragmento (5, 50, 100, 200 e 300m), frequência de visita o, riqueza de espécies de visitantes florais e área de estudo (A1 ou A2). Posteriormente foram realizadas outras análises em que as variáveis respostas foram a abundância e a riqueza de visitantes florais e as explanatórias foram a área e a distância do fragmento.

Para verificar diferenças no sucesso reprodutivo do cajueiro com a exclusão de polinizadores e a produ o de frutos entre as duas áreas, empregou-se o teste Mann-Whitney. O teste Kruskal-Wallis foi utilizado para analisar o percentual de frutifica o por distância e para abundância e riqueza de visitantes florais, entre as duas áreas e as diferentes distâncias. Ambos os testes foram realizados através do Statistica 7 (StatSoft, Inc., 2005).

Para complementar, o  ndice de diversidade de Simpson (1-D) e o de equitabilidade de Pielou (J) foram calculados para cada área e entre distâncias dentro de uma dada área, através do software BIO-DAP (Thomas & Clay, 2000).

## RESULTADOS

Nas duas áreas, as panículas apresentaram, em média, 90 flores com uma propor o de 8% para flores hermafroditas e 92% para masculinas. As panículas livres para a visita o floral apresentaram uma produ o de frutos significativamente maior para a A2 (A1  $U=4178$ ,  $p=9,99 \times 10^{-18}$  e A2  $U=3131$ ,  $p=0,02$ ) que as panículas ensacadas (Tab. 1).

**Tabela 1.** Porcentagem de número de frutos formados por número de flores hermafroditas por distância, em duas áreas, Horizonte, Ceará. A =  rea.

Fruto/Flor %	Pan�culas ensacadas		Pan�culas livres	
	A1	A2	A1	A2
Dist�ncia				
5 m	2,9	8,3	38,9	9,5
50 m	0	16,6	25	18,1
100 m	0	0	57,1	29,6
200 m	0	0	30	0
300 m	0	0	50	0
Total	0,6	3,7	42,5	13,8

Foram coletadas 11 espécies visitando as flores de cajueiro nas duas áreas, sendo cinco espécies de abelhas (Apidae), quatro espécies de vespas (Vespidae), uma de mosca (Syrphidae) e uma borboleta (Hesperiidae) (Tab. 2). A abelha *Apis mellifera* (Lepeletier, 1836) foi a mais abundante, seguida da abelha *Trigona spinipes* (Fabricius, 1973) e da vespa *Brachygastra lecheguana* (Latreille, 1824), nas duas áreas (Tab. 2).

Dentre as espécies coletadas, as abelhas sociais *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* e as solitárias *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *cearensis* (Ducke, 1910), *Xylocopa* sp. e *Centris* sp. visitaram as flores brancas (flores jovens), coletando néctar e tocando o estigma

da flor, porém foram registradas poucas visitas por essas espécies solitárias. Quanto às vespas, apenas *Brachygastra lecheguana* teve contato com o estigma, no entanto, esta espécie assim como as demais, não fez distinção quanto às flores, visitando tanto as brancas quanto as vermelhas (flores mais velhas e não receptivas).

A riqueza e a abundância de visitantes florais variaram entre as duas áreas. Na área A1 foram coletadas dez espécies do total, enquanto na A2 foram coletadas apenas cinco (Tab. 2). Entretanto, as duas áreas apresentaram baixa equitabilidade com dominância de uma única espécie, a *Apis mellifera* (Tab. 2).

**Tabela 2.** Abundância das espécies visitantes florais do cajueiro de duas áreas de cultivo de caju, A1 (fragmento mais conservado) e A2 (fragmento mais perturbado), e comparação de riqueza, abundância total e diversidade entre as duas áreas, Horizonte, Ceará.

Espécies	A1		A2	
Apidae		(%)		(%)
<i>Apis mellifera scutellata</i> Lepeletier	431	86,7	293	91,3
<i>Trigona spinipes</i> Fabricius	16	3,2	13	4,1
<i>Xylocopa</i> ( <i>Neoxylocopa</i> ) <i>cearensis</i> Ducke	4	0,8	0	0
<i>Centris</i> sp.	3	0,6	0	0
<i>Xylocopa</i> sp.	4	0,8	0	0
Vespidae				
<i>Brachygastra lecheguana</i> Latreille	17	3,4	9	2,8
<i>Polistes</i> sp.	17	3,4	4	1,2
<i>Vespidae</i> sp. 1	2	0,4	0	0
<i>Vespidae</i> sp. 2	0	0	2	0,6
Outros				
Hesperiidae	1	0,2	0	0
Syrphidae	2	0,4	0	0
Abundância total	497		321	
Riqueza	10		5	
Diversidade (Simpson 1-D)	0,229		0,1642	
Equitabilidade (J)	0,2529		0,2483	

Na A1 houve uma diminuição da abundância de abelhas (excluindo *A. mellifera*) com o aumento da distância a partir dos 200 m ( $H=9,33$ ,  $p=0,02$ ), enquanto a abundância de vespas permaneceu estável em todas as distâncias. Na A2, dentre as abelhas, somente as espécies *A. mellifera* e *T. spinipes* foram coletadas, e apenas *A. mellifera* foi observada após os 50 m.

Não houve diferença significativa na frutificação em relação às classes de distância (A1  $H=3,765$ ,  $p=0,44$ ; A2  $H=4,137$ ,  $p=0,39$ ), entretanto, a produção de frutos foi significativamente maior na A1 ( $U=2913$ ,  $p<0,001$ ) (Fig. 1).

Considerando todo o experimento, a abundância (GLM,  $p=0,019$ ;  $R^2=0,85$ ) e a riqueza (GLM,  $p=0,007$ ;  $R^2=0,90$ ) de visitantes florais variaram

em função da interação entre área e distância. Foi observada uma diminuição na abundância à medida que a distância do fragmento aumentava (Fig. 2), com 5m e 100m mais abundantes que 300 m (GLM,  $p < 0,01$ ). O mesmo ocorreu com a riqueza (Fig. 3), onde 5 m e 50 m apresentaram mais espécies que 200 m e 300 m (GLM,  $p < 0,02$ ).

O sucesso reprodutivo do cajueiro, razão fruto/flor, variou em função do habitat (GLM,  $p = 0,008$ ;  $R^2 = 0,55$ ) e das interações entre área e abundância de visitantes florais (GLM,  $p = 0,037$ ;  $R^2 = 0,36$ ) e área e riqueza de espécies de visitantes (GLM,  $p = 0,032$ ;  $R^2 = 0,39$ ) (Tab. 3). Onde A1 apresentou maior frutificação que A2 (A1 = 586 frutos/5 árvores; A2 = 111 frutos/5 árvores).

### DISCUSSÃO

A produção de frutos do cajueiro demonstrou dependência da polinização biótica, muito embora Damodaran *et al.* (1966) tenham sugerido a polinização pelo vento. Esta dependência foi corroborada pela ínfima produção de frutos nas flores isoladas, as quais não tiveram contato com os visitantes florais. A não formação de frutos por polinização abiótica também foi encontrada por Akinwale (1992), Wunnachit *et al.* (1992), Freitas & Paxton (1996) e Freitas *et al.* (2002). Isso era esperado devido à grande quantidade de flores e à produção de néctar que funcionam como um atrativo para espécies visitantes capazes de efetuar

a polinização, tanto em cajueiros nativos quanto cultivados (Collevatti *et al.*, 2000; Freitas *et al.* 2002).

Os grupos de insetos observados visitando as flores de cajueiro neste estudo, Hymenoptera, Lepidoptera e Diptera, também foram encontrados por Free & Williams (1976) e Bhattacharya (2004). Dentre estes grupos, 11 espécies foram encontradas, entretanto, sabe-se que nem todo visitante floral é um polinizador efetivo. Mas, levando-se em consideração a morfologia floral e as espécies encontradas visitando as flores, não deve ser excluída da comunidade dos possíveis polinizadores nenhuma espécie capaz de tocar as partes reprodutivas da flor, pois poderão transportar alguns grãos de pólen (Bhattacharya, 2004; De Marco & Coelho, 2004).

Das espécies coletadas, *Apis mellifera* foi a mais dominante, seguida de *Trigona spinipes*. Segundo Nogueira-Neto (1997), De Marco & Coelho (2004) e Seeley (2006), estas são espécies bastante comuns que exploram uma enorme diversidade de recursos florais. *Apis mellifera* são os visitantes florais mais abundantes em todo o mundo para várias culturas (Klein *et al.*, 2003b; De Marco & Coelho, 2004; Carvalheiro *et al.*, 2011). Estas abelhas têm grande capacidade de invasão, de colonizar e persistir em vários tipos de habitat, de nidificar em diferentes condições e de forragear em uma grande diversidade de flores nativas e exóticas (Villanueva & Roubik 2004; Chacoff & Aizen, 2006).

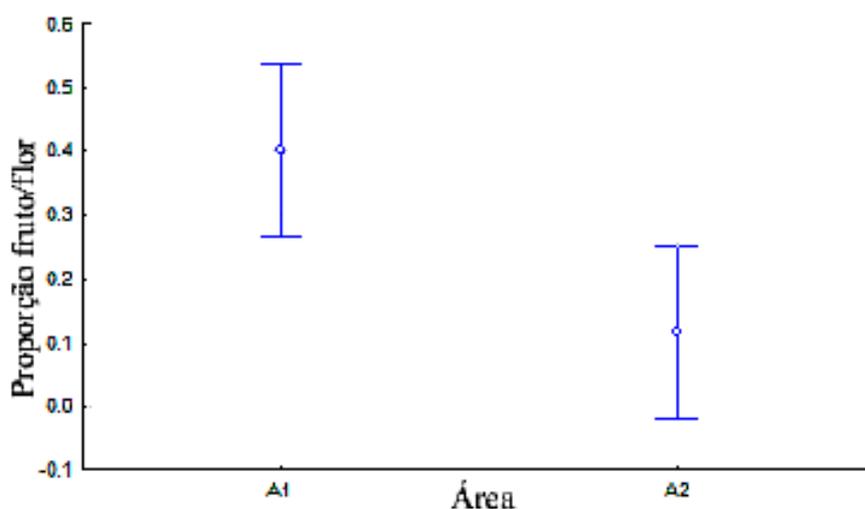


Fig. 1. Variação do sucesso reprodutivo entre as duas áreas estudadas, A1 e A2; Barras verticais denotam 0,95 de intervalo de confiança (LS Means,  $p < 0,01$ ).

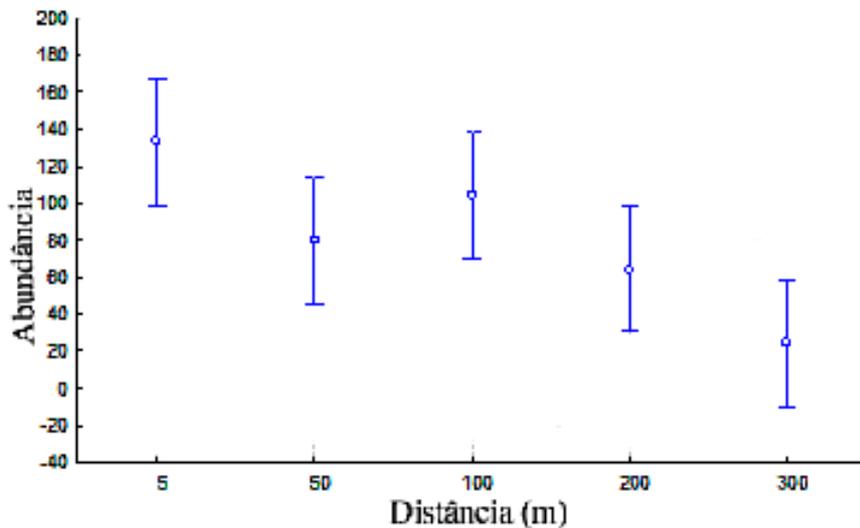


Fig. 2. Variação geral da abundância de visitantes florais do cajueiro em função da distância do fragmento de mata, para as duas áreas simultaneamente; Barras verticais denotam 0,95 de intervalo de confiança (LS Means,  $p < 0,01$ ).

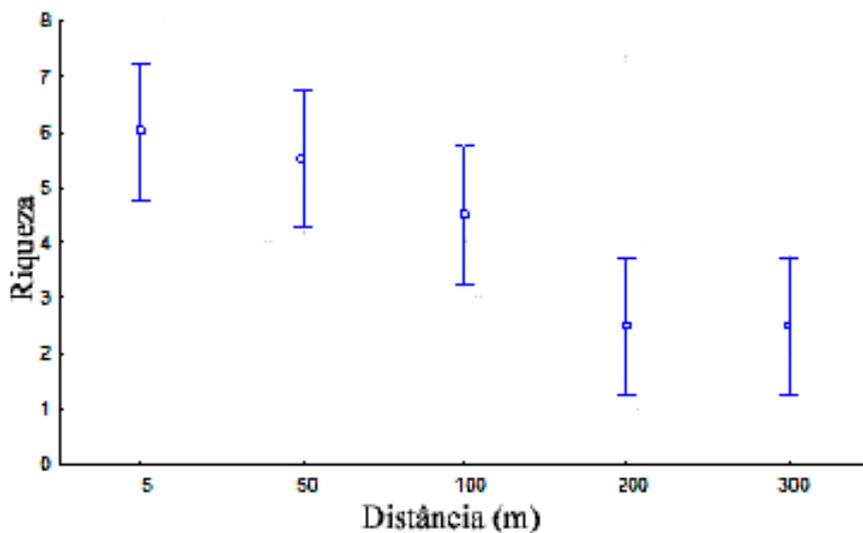


Fig. 3. Variação geral da riqueza de visitantes florais de cajueiro em função de área mais distância, para as duas áreas simultaneamente. Horizonte, Ceará. Barras verticais denotam 0,95 de intervalo de confiança (LS Means,  $p < 0,01$ ).

Em alguns estudos, abelhas solitárias apareceram como potenciais polinizadores do cajueiro (Freitas & Paxton, 1996; Bhattacharya, 2004). Segundo Freitas & Paxton (1998) e Freitas *et al.* (2002) a espécie *Centris tarsata* foi um polinizador eficiente de cajueiro silvestre em uma área de habitat natural no litoral cearense, porém, em sistemas agrícolas, *C. tarsata* é relativamente escassa. De fato, neste estudo não foi possível observar esta espécie no cultivo, sendo encontrada outra espécie do gênero, *Centris* sp., todavia com poucos indivíduos. Isto

pode ter ocorrido devido à inexistência de espécies vegetais fornecedoras de óleos necessários a essas abelhas para nidificação e alimentação de suas crias, impedindo o estabelecimento de populações estáveis desse polinizador (Freitas & Pereira, 2004). Deste modo, a conservação de habitats naturais, contendo plantas de óleo, próximos à cultura poderia favorecer a presença de populações dessas abelhas.

As espécies de abelhas solitárias *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *cearensis*, *Xylocopa* sp. e *Centris* sp. foram observadas apenas no plantio próximo

ao fragmento mais conservado. Além da maior conservação deste fragmento, de acordo com Carvalho *et al.* (2011), a presença dessas abelhas nos plantios também pode ser devido à presença de ervas daninhas com flores na cultura, que servem como atrativo para essas espécies. De fato, essas abelhas visitavam as flores das plantas daninhas e ao final do período de floração destas, visitavam as flores do cajueiro.

Diferente das abelhas, pouco se sabe sobre distâncias de forrageamento de vespas (Steffan-Dewenter, 2003). A abundância das vespas (terceiro visitante mais frequente) na cultura foi maior a partir dos 100m da borda do fragmento, distância esta onde ocorreu a diminuição na riqueza de abelhas. Entretanto não ficou claro se isso ocorreu devido à diminuição da riqueza e da abundância das abelhas ou apenas porque essas espécies apresentam um raio de voo maior, intensificando sua atividade após os 100 metros. Segundo Holzschuh *et al.* (2010), isto ocorre porque as vespas se alimentam de larvas, como por exemplo das pragas, que estão distribuídas em toda a cultura, e porque são capazes de nidificar dentro da cultura.

Logo, as abelhas parecem ser mais afetadas pela fragmentação de habitats do que outros grupos de insetos. Os recursos alimentares de vespas são menos restritos, e esta pode ser a razão para uma menor dependência do fragmento (Steffan-Dewenter 2003).

Tanto o aumento na riqueza quanto na abundância de visitantes florais levou à maior produção de frutos. No entanto, com a dominância de uma única espécie, *A. mellifera*, a abundância demonstrou maior efeito no sucesso reprodutivo do cajueiro que a riqueza. Alguns estudos em diferentes culturas também observaram que esta espécie dominou o ambiente, alcançando 90% das visitas e contribuindo com um aumento de até 40% no sucesso reprodutivo após a visitação floral por essas espécies (Malerbo-Souza *et al.*, 2003; Klein *et al.*, 2003a; Chacoff & Aizen, 2006; Klein *et al.*, 2007).

No presente estudo, não houve diferença significativa na produção de frutos entre as cinco classes de distâncias em cada área, embora esse efeito já tenha sido demonstrado em diferentes culturas (Kremen *et al.*, 2002; Klein *et al.*, 2003a; De Marco & Coelho, 2004; Ricketts, 2004; Blanche *et al.*, 2006). Isso pode ter ocorrido devido às distâncias escolhidas para o estudo terem sido insuficientes para afetar o sucesso reprodutivo, já que *A. mellifera*, principal visitante floral nas áreas

estudadas, possui um raio de voo maior que 1 km (Schneider & Hall 1997; Beekman & Ratnieks, 2000). De fato, Ricketts *et al.* (2008) demonstraram uma diminuição significativa na riqueza e na abundância dos polinizadores nas culturas somente após 300 m do habitat natural. Este resultado, no entanto, não invalida a relação entre o sucesso reprodutivo e a distância do fragmento. Os resultados demonstraram uma diminuição da riqueza e da abundância de visitantes florais (incluindo *A. mellifera*) em função da interação entre área e distância que tiveram efeito sobre a frutificação aparentemente ainda não afetando a produtividade do cajueiro.

Segundo Ricketts *et al.* (2008), os efeitos da paisagem sobre os serviços de polinização podem variar substancialmente e de forma ainda pouco compreendida. Por exemplo, Kremen *et al.* (2002) encontraram uma forte correlação positiva entre a proximidade do habitat natural e a atividade dos polinizadores, na Califórnia, enquanto Winfree *et al.* (2007), utilizando métodos semelhantes na mesma cultura no nordeste dos EUA, não encontraram nenhum efeito.

Como demonstrado, a área de cultivo próxima ao fragmento mais conservado apresentou maior número de espécies e maior abundância de visitantes florais que a área próxima ao fragmento mais perturbado, refletindo no sucesso reprodutivo do cajueiro. Isso sugere que a conservação de áreas de vegetação nativa de alta qualidade é importante para o fornecimento de visitantes florais, pois uma área mais conservada parece fornecer maior riqueza e abundância de visitantes florais para a cultura.

Áreas naturais dentro de paisagens agrícolas, muitas vezes fornecem o habitat para espécies de polinizadores selvagens, que forrageiam nas flores da cultura e de plantas daninhas em áreas agrícolas (Kremen *et al.*, 2007; Ricketts *et al.*, 2008; Carvalho *et al.*, 2011). Embora as flores das culturas forneçam recursos importantes para muitas espécies de polinizadores, áreas agrícolas não são habitats adequados de nidificação para a maioria dos polinizadores, podendo comprometer o sucesso reprodutivo destas culturas, devido à redução da diversidade e abundância de polinizadores (Chacoff & Aizen, 2006; Garibaldi *et al.* 2011).

Neste sentido, a estrutura da paisagem depende de vários fatores associados às características de cada ecossistema e ao desenvolvimento da agricultura, permitindo diferentes respostas quanto à distância percorrida pelos visitantes florais na paisagem e

seus serviços de polinização na produção de diversas culturas (De Marco & Coelho, 2004).

Deste modo, para uma maior produção de frutos nessas áreas devido aos serviços prestados pelo ecossistema, recomenda-se que os cajueiros devem estar localizados próximos a áreas de vegetação nativa de boa qualidade. Esses habitats devem apresentar espécies de plantas que sejam atrativas para os polinizadores silvestres. Logo, o efeito da proximidade de fragmentos a estas culturas pode contribuir com a economia do agricultor, além de contribuir para um desenvolvimento sustentável e para a conservação da biodiversidade.

## CONCLUSÃO

O cajueiro, *Anacardium occidentale* L., depende da polinização biótica para a produção de frutos, no qual a riqueza e a abundância de visitantes florais contribuem com o seu sucesso reprodutivo. Neste estudo, a distância do fragmento não teve efeito direto sobre a produção de frutos da cultura. Entretanto, a presença de habitats naturais mais conservados apresentou efeito sobre a riqueza e a abundância dos visitantes florais, demonstrando uma relação positiva com a produção de frutos do cajueiro. Deste modo, a conservação de remanescentes de habitats naturais próximos a áreas de plantio é de grande importância na manutenção de polinizadores para diversas culturas. Contudo, ainda é necessária compreensão da relação entre a agricultura e os serviços advindos do ecossistema para a conservação de habitats naturais e maior produção das culturas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Dra. Favizia Oliveira da Universidade Federal da Bahia pela identificação dos insetos, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado de L.M.A. de Flores e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Produtividade em Pesquisa (Proc. nº 305062/2007-7). de B.M. Freitas.

## REFERÊNCIAS

- Akinwale, S.A. 1992. Implications of pollen characters to systematic delimitation of cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Plant Cell Incompatibility Newsletter*, 24:1-6.
- Beekman, M. & Ratnieks, F.L.W. 2000. Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera* L. *Functional Ecology*, 14:490-496.
- Bhattacharya, A. 2004. Flower visitors and fruitset of *Anacardium occidentale*. *Annales Botanici Fennici*, 41:385-392.
- Blanche, K.R., Ludwig J.A. & Cunningham, S.A. 2006. Proximity to rainforest enhances pollination and fruit set in orchards. *Journal of Applied Ecology*, 43: 1182-1187.
- Cadenasso, M.L., Pickett, S.T.A., Weathers, K.C. & Jones, C.G. 2003. Framework for a theory of ecological boundaries. *BioScience*, 53:550-558.
- Carvalho, L.G. Veldtman, R., Shenkute, A.G., Tesfay, G.B., Pirk, C.W., Donaldson, J.S. & Nicolson, S.W. 2011. Natural and within-farmland biodiversity enhances crop productivity. *Ecology Letters*, 14:251-259.
- Chacoff, N.P. & Aizen, M.A. 2006. Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. *Journal of Applied Ecology*, 43:18-27.
- Collevatti, R.G., Schoederer, J.H. & Campos, L.A. 2000. Foraging behavior of bee pollinators on the tropical weed *Triumphetta semitriloba*: Flight distance and directionality. *Revista Brasileira de Biologia*, 60:29-37.
- Collinge, S.K. 2000. Effects of grassland fragmentation on insect species loss, colonization, and movement patterns. *Ecology*, 81:2211-2226.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. 1998. Diagnóstico do município de Horizonte. Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará. Ministério de Minas e Energia, Fortaleza. 14 p.
- Damodaran, V.K., Abraham, J. & Alexander, K.M. 1966. The morphology and biology of the cashew flower. II: anthesis, dehiscence, receptivity of stigma, pollination, fruit-set and fruit-development. *Agricultural Research Journal of Kerala*, 4:78-84.
- De Marco, P. & Coelho, F.M. 2004. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodiversity and Conservation*, 13:1245-1255.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Review of Ecology Evolution and Systematic*, 34:487-515.
- Free, J.B. & Williams, I.H. 1976. Insect pollination of *Anacardium occidentale* L., *Mangifera indica* L., *Blighia sapida* Koenig and *Persea americana* Mill. *Tropical Agriculture*, 53:125-136.
- Freitas, B.M., Paxton, R.J. & Holanda-Neto, J.P. 2002. Identifying pollinators among an array of flower visitors, and the case of inadequate cashew pollination in NE Brazil. *In* Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature (P. Kevan, V.L. Imperatriz-Fonseca, eds). Ministry of Environment, Brasília, p. 229-244.
- Freitas, B.M. & Paxton, R.J. 1998. A comparison of two pollinators: the introduced honey bee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of NE Brazil. *Journal of Applied Ecology*, 35:109-121.
- Freitas, B.M. & Paxton, R.J. 1996. The role of wind and insects in cashew (*Anacardium occidentale*) pollination in NE Brazil. *Journal of Agricultural Science*, 126:319-326.
- Freitas, B.M. & Pereira, J.O.P. 2004. Crop consortium to improve pollination: can West Indian Cherry (*Malpighia emarginata*) attract *Centris* bees to pollinate Cashew (*Anacardium occidentale*)? *In*: Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination (B. M. Freitas,

- J.O.B. Portela, eds.). Imprensa Universitária UFC, Fortaleza, p. 193-201.
- Garibaldi, L.A., Steffan-Dewenter, I., Kremen, C., Morales, J.M., Bommarco, R., Cunningham, S.A., Carvalheiro, L.G., Chacoff, N.P., Dudenhöffer, J.H., Greenleaf, S.S., Holzschuh, A., Isaacs, R., Krewenka, K., Mandelik, Y., Mayfield, M.M., Morandin, L.A., Potts, S.G., Ricketts, T.H., Szentgyörgyi, H., Viana, B.F., Westphal, C., Winfree, R. & Klein, A.M. 2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters*, 14: 1062-1072.
- Guanziroli, C.E., Souza, H.M., Valente Jr., A. & Basco, C.A. 2009. Entraves ao desenvolvimento da cajucultura no Nordeste: margens de comercialização ou aumento de produtividade e de escala? *Revista Extensão Rural*, 16:96-122.
- Harper, K. A., Macdonald, S.E., Burton, P.J., Chen, J., Brosfoske, K.D., Saunders, S.C., Euskirchen, E.S., Roberts, D., Jaitch, M.S. & Esseen, P.A. 2005. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology*, 19:768-782.
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I. & Tschamtker, T. 2010. How do landscape composition and configuration, organic farming and fallow strips affect the diversity of bees, wasps and their parasitoids? *Journal of Animal Ecology*, 79:491-500.
- Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). 2011. Perfil Básico Regional 2011 – Região Metropolitana de Fortaleza. Governo do Estado do Ceará, Fortaleza. 16 p.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I. & Tschamtker, T. 2003a. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, 270:955-961.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I. & Tschamtker, T. 2003b. Bee pollination and fruitset of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). *American Journal of Botany*, 90:153-157.
- Klein, A.M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. & Tschamtker, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences*, 274:303-313.
- Kremen, C., Williams, N.M., Aizen, M.A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S.G., Roulston, T., Steffan-Dewenter, I., Vázquez, D.P., Winfree, R., Adams, L., Crone, E.E., Greenleaf, S.S., Keitt, T.H., Klein, A.M., Regetz, J., & Ricketts, T.H. 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use changes. *Ecology Letters*, 10:299-314.
- Kremen, C., Williams, N.M. & Thorp, R.W. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99:16812-16816.
- Malerbo-Souza, D.T., Nogueira-Couto, R.H., Couto, L.A. & Souza, J.C. 2003. Atrativo para as abelhas *Apis mellifera* e polinização em café (*Coffea arabica* L.). *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 40:272-278.
- Nogueira-Neto, P. 1997. Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão. Nogueirapis, São Paulo. 445 p.
- Northwood, P.J. 1966. Some observations on flowering and fruit setting in the cashew *Anacardium occidentale* L. *Tropical Agriculture*, 43:35-42.
- Oliveira, V.H. & Costa, V.S.O. 2005. Manual de produção integrada do caju. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Agroindústria Tropical, Fortaleza. 355 p.
- Ranta, P., Blom, T., Niemelä, J., Joensuu, E. & Siitonen, M. 1998. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. *Biodiversity and Conservation*, 7:385-403.
- Ricketts, T.H., Regetz, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Bogdanski, A., Gemmill-Herren, B., Greenleaf, S.S., Klein, A.M., Mayfield, M.M., Morandin, L.A., Ochieng, A. & Viana, B.F. 2008. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters*, 11:1-17.
- Ricketts, T. H. 2004. Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. *Conservation Biology*, 18:1262-1271.
- Roubik, D.W. 2002. Tropical agriculture: The value of bees to the coffee harvest. *Nature*, 417:708.
- Schneider, S.S. & Hall, H.G. 1997. Diet selection and foraging distances of African and European-African honey bee colonies in Costa Rica. *Insectes Sociaux*, 44:171-187.
- Seeley, T.D. 2006. Ecologia da abelha: um estudo de adaptação na vida social. Paixão, Porto Alegre. 256 p.
- Soulé, M.E. 1987. Viable populations for conservation. Cambridge University Press, Cambridge. 204 p.
- Statsoft, INC. Statistica (Data Analysis Software System), Version 7.1. 2005.
- Steffan-Dewenter, I. 2003. Importance of Habitat Area and Landscape Context for Species Richness of Bees and Wasps in Fragmented Orchard Meadows. *Conservation Biology*, 17:1036-1044.
- Thomas, G. & Clay, D. 2000. BIODAP- ecological diversity and its measurement. Resource Conservation. New Brunswick: Canada. Fundy National Park. Disponível em: <http://nhsbig.inhs.uiuc.edu/populations/bio-dap.zip>. Acesso em 05.01.2012.
- Tschamtker, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I. & Thies, C. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8:857-874.
- Villanueva, G.,R. & Roubik, D.W. 2004. Why are African honeybees and not European bees invasive? Pollen diet diversity in community experiments. *Apidologie*, 35:481-491.
- Winfree, R., Williams, N.M., Dushoff, J. & Kremen, C. 2007. Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. *Ecology Letters*, 10:1105-1113.
- Wunnachit, W., Pattison, S.J., Giles, L., Millington, A.J. & Sedgley, M. 1992. Pollen tube growth and genotype compatibility in cashew in relation to yield. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 67:67-75.