



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
CURSO DE MESTRADO

LILIAN MARIA ARAÚJO DE FLORES

A IMPORTÂNCIA DOS HABITATS NATURAIS NO ENTORNO DE PLANTAÇÕES
DE CAJUEIRO ANÃO PRECOCE (*Anacardium occidentale* L.) PARA O SUCESSO
REPRODUTIVO

FORTALEZA
2012

LILIAN MARIA ARAÚJO DE FLORES

A IMPORTÂNCIA DOS HABITATS NATURAIS NO ENTORNO DE PLANTAÇÕES
DE CAJUEIRO ANÃO PRECOCE (*Anacardium occidentale* L.) PARA O SUCESSO
REPRODUTIVO

Dissertação apresentada ao curso de mestrado em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais. Área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas.

Coorientador: Prof. Dr. Christian Westerkamp.

FORTALEZA
2012

LILIAN MARIA ARAÚJO DE FLORES

A IMPORTÂNCIA DOS HABITATS NATURAIS NO ENTORNO DE PLANTAÇÕES
DE CAJUEIRO ANÃO PRECOCE (*Anacardium occidentale* L.) PARA O SUCESSO
REPRODUTIVO

Dissertação apresentada ao curso de mestrado em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais. Área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovado em ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas (orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Raquel Andrea Pick
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Blandina Felipe Viana
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

A Deus.

A meus pais, Manuel e Regina.

Às irmãs, Ana Rosa e Cláudia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Dr. Breno Freitas pela orientação, dedicação e pela oportunidade de chegar até aqui.

A meus pais, Manuel e Regina, que foram sempre meus maiores incentivadores, valorizando cada pequena conquista que eu tivesse e por não medirem esforços em investir em minha formação.

A minhas irmãs Ana Rosa e Cláudia pelo amor e companheirismo durante toda minha vida. Em especial a Cláudia, por ser, acima de tudo, uma grande amiga e estar ao meu lado em todos os momentos da minha vida.

Aos amigos que ficaram em Recife: Mari Costa, Tati, Camila Adri, Lorena e tantos outros, pela força, mesmo à distância. E aos novos amigos feitos aqui.

A Valéria, por ser minha família em Fortaleza e por estar sempre presente, diminuindo a saudade de casa.

Aos amigos da ecologia: Juliana Borges, Ellen Carvalho, Cíntia Eufrásio, Romildo Lopes, Bruno Cruz, Thiago Amorim, Jonathas Pareira, pela compreensão nos momentos de tensão, pelo apoio e ajuda nos momentos de necessidade, e pelas tantas risadas em todos os momentos, até nos impróprios. Espero que nossa amizade suporte mais quatro anos de pressão!

Aos amigos e colegas de laboratório, em especial aos companheiros de campo que tornaram os dias mais curtos e o sol de meio-dia mais ameno: Patrícia, Camila, Epifânia, Natália, Roberto, Keniesd. Simplesmente, obrigada!

A Alípio Pacheco, pela ajuda de fundamental importância no desenvolvimento deste trabalho. E que, apesar de uma interação não mutualística, demonstrou muita paciência e amizade.

A Mari Rodal, a quem eu jamais poderia esquecer, por ter me iniciado nesse caminho e ter sempre acreditado em mim, me dando força e incentivo para seguir em frente.

Aos professores, que muito me acrescentaram nesta jornada e que muito contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

A CAPES e à FUNCAP pela bolsa de mestrado a mim concedida.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

A expansão da agricultura tem levado à alteração nos habitats naturais e à drástica redução de polinizadores. Uma cultura economicamente importante para o nordeste do Brasil é o cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) devido à sua produção de castanha, óleo e pseudofruto. Entretanto, as alterações na paisagem podem estar ocasionando baixo rendimento em sua frutificação. Este trabalho teve como objetivo discutir a importância da conservação de habitats naturais para o fornecimento de polinizadores ao cajueiro cultivado. Para alcançar este objetivo, experimentos foram realizados a fim de observar a importância dos habitats naturais no entorno de plantações de cajueiro para a abundância e a riqueza de visitantes florais e consequentemente para o sucesso reprodutivo do cajueiro. O estudo foi desenvolvido no município de Horizonte – CE entre julho e dezembro de 2011, em plantios de caju próximos a fragmentos de vegetação nativa. Foram coletados todos os visitantes florais do cajueiro a diferentes distâncias do habitat natural. Os principais grupos coletados foram abelhas e vespas, com frequência de visitação significativamente maior das abelhas. Foi observado o percentual de frutificação (razão fruto/flor), onde o cajueiro demonstrou dependência dos insetos polinizadores para a produção de frutos. Como resultado, a qualidade do habitat natural apresentou influência sobre o número de espécies e a densidade dos insetos visitantes do plantio, demonstrando a importância dos serviç os prestados pelo ecossistema a esses plantios de caju.

Palavras-chave: Serviç os de ecossistema. Polinização. Paisagem agrícola.

ABSTRACT

The expansion of the agriculture has led to the changes in the natural habitat and the reduction of pollinators. The cashew (*Anacardium occidentale* L.) is an economically important cultivated crop in Northeastern Brazil due to its nut, oil and cashew apple production. However, changes in the landscape may have been causing low fruit set. Our aim was to assess the importance of natural habitats conservation to the provision of pollinators to cultivated cashew orchards. To do so, we observed the importance of the natural areas on the abundance and richness of the floral visitors and the effect of these interactions on the cashew's reproductive success. We carried out the study in the municipality of Horizonte, Ceará, from July to December 2011. We collected all floral visitors and reported the fruiting rate (fruit/flower ratio) in cashew crops near fragments of native vegetation at different distances. Our results show that the cashew relies on visiting insects for fruit set. Bees and wasps were the main visitors, with the former being the most frequent. Also, the quality of the natural habitat has great influence on the number of species and density of the visitors in the orchard. Our findings show the importance of ecosystem services to these cultivated cashew orchards.

Keywords: Ecosystem services. Pollination. Agricultural landscape.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Flores de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.).....	17
Figura 2	– Vegetação nativa encontrada nos fragmentos próximos aos plantios de caju no município de Horizonte – CE, 2011.....	20
Figura 3	– Imagem geral das duas áreas de estudo: A1, próxima a 200 ha de fragmento (a), e A2 próxima a 100 ha (b), no município de Horizonte, 2011.....	21
Figura 4	Distribuição espacial dos cajueiros selecionados para o estudo em cada área. Cada estrela representa um cajueiro.....	22
Figura 5	– Panícula isolada com saco de organza (a) e livre para a visitação floral (b) em plantios de cajueiro no município de Horizonte – CE, 2011.....	23
Figura 6	– Panículas livres para a visitação floral com formação de frutos em plantios de cajueiro no município de Horizonte – CE, 2011.....	23
Figura 7	– Abundância de abelhas e vespas visitantes florais do cajueiro por classe de distância nas áreas A1 (a) e A2 (b), em Horizonte – CE, 2011.....	26
Figura 8	– Abundância total de abelhas visitantes florais (a), somente de <i>Apis mellifera</i> (b) e somente das outras espécies de abelhas (c) em função da distância nas áreas A1 e A2.....	28
Figura 9	– Variação do sucesso reprodutivo entre as duas áreas estudadas, A1 e A2, no município de Horizonte – CE, 2011.....	29
Figura 10	– Variação geral da abundância de visitantes florais do cajueiro em função de área mais distância, para as duas áreas simultaneamente, Horizonte – CE, 2011.....	30
Figura 11	– Variação geral da riqueza de visitantes florais de cajueiro em função de área mais distância, para as duas áreas simultaneamente, Horizonte – CE, 2011.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Abundância das espécies visitantes florais do cajueiro de duas áreas de cultivo de caju, A1 (próxima a 200ha de fragmento) e A2 (100ha), e comparação de riqueza, abundância total e diversidade entre as duas áreas, Horizonte – CE, 2011.....	27
Tabela 2	– Análises <i>GLM</i> da variação de frutificação e de riqueza e abundância dos visitantes florais do cajueiro, considerando as duas áreas simultaneamente, Horizonte - CE, 2011.....	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	Geral.....	12
2.2	Específicos.....	12
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1	Serviços de ecossistema	13
3.2	Biologia floral e sistema de polinização do cajueiro	16
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1	Área de estudo.....	20
4.2	Coleta e tratamento de dados.....	21
4.3	Análise de dados	24
5	RESULTADOS	26
6	DISCUSSÃO	31
7	CONCLUSÕES	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A paisagem é definida como um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, compostas por “ecossistemas” ou por unidades de “cobertura” ou de “uso e ocupação” (METZGER, 2001). Neste sentido, Pickett e Cadenasso (1995) consideraram que o funcionamento da paisagem depende das interações entre as unidades que a compõe.

A influência da ação humana na paisagem, em consequência do desmatamento para atividades agrícolas e da extração de recursos minerais e de madeira, tem causado diversas alterações nos padrões e processos ecológicos no ambiente (COLLINGE, 1996, 2000; CADENASSO *et al.*, 2003; HARPER *et al.*, 2005), transformando assim a paisagem em todo o planeta (FERREIRA, 2008).

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 (MURCIA, 1995; RANTA *et al.*, 1998; FAHRIG, 2003). Isto ocorre porque muitas populações nelas contidas não são viáveis em longo prazo (SOULÉ, 1987).

A conversão de florestas pode causar danos aos serviços do ecossistema, em consequência da perda de biodiversidade. Estas consequências estão diretamente associadas à extinção local das espécies e são causadas principalmente por seu isolamento em pequenos fragmentos inseridos em uma matriz pouco permeável (FERREIRA, 2008).

Devido à redução das fontes de alimento e locais de nidificação, causados pela alteração de habitats, as populações de muitos insetos têm sido reduzidas drasticamente, colocando em risco todo o bioma em que vivem (BAWA, 1990; PAGLIA *et al.*, 2006). Dessa forma, a preservação da vegetação nativa é dependente também da preservação dessas espécies que atuam como polinizadores.

As alterações nas comunidades de polinizadores podem comprometer a frutificação de muitas plantas nativas e cultivadas. Pois, de maneira geral, a polinização de plantas cultivadas depende do manejo da cultura e da qualidade dos habitats adjacentes (Klein *et al.*, 2003b).

Um dos motivos para que ocorra a conversão de habitats naturais é a expansão da agricultura, que cresce continuamente a fim de aumentar a produtividade agrícola. No entanto, com estas alterações nos habitats naturais e a perda de espécies polinizadoras, a produtividade agrícola tem diminuído em diversas culturas (KEARNS *et al.*, 1998; ROUBIK, 2002; TSCHARNTKE *et al.*, 2005; RICKETTS *et al.*, 2008; CARVALHEIRO *et al.* 2011). Isto ocorre porque estes ambientes servem como fonte de polinizadores para as áreas agrícolas, visto que 87 das 115 principais culturais globais são polinizadas por animais, principalmente insetos (KLEIN *et al.*, 2007; RICKETTS *et al.*, 2008).

Dentre essas espécies, encontra-se o cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), espécie nativa da vegetação costeira do Brasil e importante economicamente para a região Nordeste por sua produção de castanha, óleo e pseudofruto (FREITAS *et al.*, 2002). Porém, atualmente, os cajueirais têm apresentado baixo rendimento em sua produção de frutos (OLIVEIRA; COSTA, 2005).

Alguns estudos mostraram que a flor do cajueiro é polinizada por abelhas (FREITAS; PAXTON, 1998; FREITAS *et al.*, 2002). 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.

A teoria da heterogeneidade ambiental assume que a complexidade estrutural de habitats pode fornecer um maior número de nichos e maior diversidade de recursos disponíveis no ambiente e, conseqüentemente, aumento da diversidade em espécies (MacARTHUR; MacARTHUR, 1961). Nesta perspectiva, fragmentos mais heterogêneos apresentariam maior diversidade de espécies de insetos, fornecendo maior diversidade de visitantes florais e possíveis polinizadores para as áreas de cultivo de cajueiro próximas aos fragmentos.

Assim, a hipótese deste trabalho é 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 tenham maior diversidade e abundância de visitantes florais e, conseqüentemente, maior produção de frutos que áreas mais distantes.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a importância da conservação dos fragmentos de vegetação nativa para o fornecimento de polinizadores para o cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.).

2.2 Específicos

- Observar se a riqueza e abundância de visitantes florais contribuem com a polinização do cajueiro, aumentando a produção de frutos;
- Analisar se a riqueza e a abundância de visitantes florais de cajueiro diminuem à medida que se distancia da margem do fragmento, afetando assim a produção de frutos;

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Os serviços de ecossistema

Os serviços de ecossistema são funções naturais de um ecossistema utilizadas em processos produtivos humanos e têm sido amplamente explorados sob o ponto de vista científico (DE MARCO; COELHO, 2004). Estes serviços envolvem processos biológicos, geológicos e químicos (KEARNS *et al.*, 1998) e podem ser representados por ciclagem de nutrientes, regulação climática, controle biológico, refúgios populacionais, recursos genéticos e polinização (CONSTANZA *et al.*, 1997; BALMFORD *et al.*, 2002; DÍAZ *et al.*, 2006).

Quase todas as espécies de plantas das florestas tropicais são polinizadas por animais (BAWA, 1990). Um terço da alimentação humana em países tropicais é derivado de plantas polinizadas por insetos, principalmente abelhas (TREWAVAS, 2001; KLEIN *et al.*, 2007).

Muitos estudos vêm demonstrando que existe uma relação entre a distância de fragmentos de vegetação nativa e a vantagem prestada à cultura pelo serviço do ecossistema (KREMEN *et al.*, 2002; KLEIN *et al.*, 2003c; RICKETTS, 2004). Tal fato ocorre devido à grande parte das espécies de polinizadores utilizarem esses remanescentes para construir seus ninhos e explorar muitos recursos.

Os polinizadores têm grande importância para a manutenção dos rendimentos das culturas e seu declínio tem grandes consequências para a produção das mesmas (KLEIN *et al.*, 2003a; KREMEN *et al.*, 2004; RICKETTS *et al.*, 2008). Logo, o forrageamento das abelhas e de outros insetos polinizadores é de grande valor ecológico e econômico, uma vez que a polinização fornece um serviço reprodutivo essencial que beneficia, além da vegetação nativa, as plantas cultivadas e seus consumidores (KREMEN *et al.*, 2004; KLEIN *et al.*, 2007; JHA; VANDERMEER, 2009).

No entanto, a expansão da agricultura, na tentativa de aumentar a produtividade, tem convertido as florestas e transformado a paisagem em todo o planeta, aumentando o isolamento de habitats naturais. Tal fato vem resultando na perda de biodiversidade e, conseqüentemente, causando danos aos serviços dos ecossistemas naturais devido às alterações nas interações bióticas e a

disponibilidade de recursos no ecossistema (TREWAVAS, 2001; KLEIN *et al.*, 2003a,b; DE MARCO; COELHO, 2004; JHA; VANDERMEER, 2009).

Em estudos sobre a polinização de café (*Coffea arabica* L.), Roubik (2002) observou que, embora em muitos países as áreas de cultivo tenham aumentado de duas a cinco vezes em 41 anos, a produção tem diminuído de 20 a 50%, devido à redução de polinizadores e consequente déficit de polinização (VAISSIÈRE *et al.*, 2011).

Nesta perspectiva, Kearns *et al.* (1998), Roubik (2002), Klein *et al.* (2003a,b), De Marco e Coelho (2004) e Jha e Vandermeer (2009) afirmaram que a redução da diversidade de visitantes florais tem sido causada pela fragmentação de habitats naturais. Logo, com a redução de polinizadores em paisagens agrícolas, a preocupação com a conservação desses polinizadores, principalmente abelhas, tem crescido (KEARNS *et al.*, 1998; DE MARCO; COELHO 2004; KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI, 2011).

As constantes alterações que ocorrem nesses ambientes e a competição entre as espécies têm causado mudanças nas fontes de recursos dessas espécies e nos locais utilizados para nidificação (ROUBIK, 2002; KLEIN *et al.*, 2003a,b). Segundo De Marco e Coelho (2004), a fragmentação faz com que os indivíduos tenham que se deslocar mais na paisagem em busca de recursos que garantam a sua sobrevivência. De acordo com Roubik (2002), as distâncias de forrageamento das abelhas podem ser influenciadas por fatores como a proximidade da fonte de recurso e a necessidade da colônia. O raio de exploração de recurso varia de acordo com a espécie de abelha, sendo relatados raios de algumas centenas de metros para espécies solitárias (GATHMANN; TSCHARNTKE, 2002; PIGOZZO *et al.*, 2007) e de mais de 1 km para *Apis mellifera* (WADDINGTON *et al.*, 1994; BEEKMAN; RATNIEKS, 2000).

A qualidade da matriz da paisagem, em relação à distância dos cultivos para as florestas naturais, pode ser importante para muitas espécies (PERFECTO; VANDERMEER, 2002). De acordo com Klein *et al.* (2003a), o número de espécies de visitantes florais poderia ser melhor explicado pela distância da área de cultivo à margem do fragmento florestal.

Em um estudo realizado na Indonésia, em 24 áreas de cultivo de café a diferentes distâncias da borda florestal, Klein *et al.* (2003a) mostraram que a diversidade de abelhas visitantes florais diminuiu com o aumento da distância entre

o cultivo e a vegetação nativa, porque as florestas oferecem grande variedade de recursos adequados para as abelhas, como locais de nidificação.

A diminuição das vantagens advindas dos serviços prestados pelo ecossistema à cultura, ao afetar as comunidades de abelhas (principais polinizadores existentes) e outros visitantes florais, comprometem também a frutificação de muitas plantas cultivadas (KLEIN *et al.*, 2003a,b; DE MARCO; COELHO, 2004; KREMEN *et al.*, 2004; RICKETTS, 2004).

Em um experimento com duas plantas anuais auto-incompatíveis, mostarda (*Sinapis arvensis* L.) e rabanete (*Raphanus sativus* L.), Steffan-Dewenter e Tschardt (1999) perceberam que a frutificação efetiva diminuiu com o aumento da distância para o habitat natural mais próximo, caindo para a metade a partir de 1.000m para a mostarda e 250m para o rabanete.

De acordo com Klein *et al.* (2003b), sistemas agrícolas de café devem ser estabelecidos perto da borda de florestas naturais, dentro de um raio de até 500 m para permitir que as abelhas superem a distância entre seus habitats de nidificação (florestas) e a cultura. Eles verificaram que culturas próximas a habitats naturais tiveram maior frutificação (95%) que as de habitats mais distantes (70%), devido à maior abundância e diversidade de espécies de abelhas. Enquanto, De Marco e Coelho (2004) encontraram uma redução da visitação floral a partir de 100m da borda do fragmento florestal, e redução de 14,6% na produção em cultivos distantes a mais de 1 km do remanescente. No Panamá, um trabalho realizado por Roubik (2002), mostrou um aumento de 50% na frutificação através da polinização realizada principalmente por *A. mellifera* em habitats mais próximos a fragmentos de vegetação natural.

Assim, vários estudos sugerem que a diversidade de espécies e a abundância de visitantes florais poderiam ser melhoradas se os sistemas agrícolas estivessem localizados perto de áreas de vegetação nativa. Mesmo pequenos, os fragmentos florestais isolados podem ajudar a manter a diversidade e aumentar o valor para a conservação das paisagens agrícolas (TREWAVAS, 2001).

A conclusão geral é a de que a conectividade entre habitats é essencial para a manutenção da abundância e diversidade de visitantes florais, principalmente das interações planta-polinizador em culturas economicamente importantes e na vegetação nativa (STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 1999).

3.2 Biologia floral e sistema de polinização do cajueiro

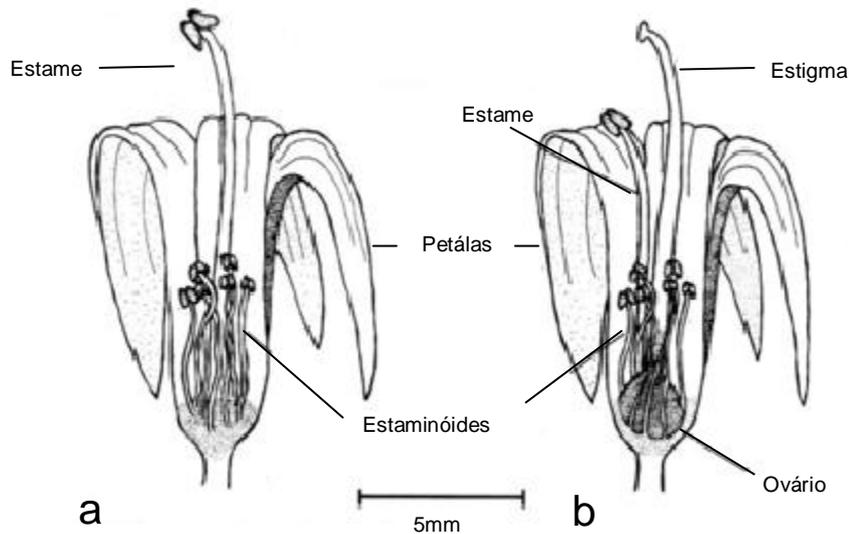
O cajueiro, *Anacardium occidentale* L. (Família Anacardiaceae), é uma árvore nativa da região costeira do Brasil (FREITAS *et al.*, 2002). Possui inflorescência em forma de panícula, com flores brancas na antese, tornando-se gradualmente vermelhas durante os cinco dias subseqüentes, até murcharem (FREITAS; PAXTON, 1998; SANTOS *et al.*, 2007).

É uma planta andromonóica, ou seja, apresenta flores masculinas e flores hermafroditas na mesma panícula. A flor masculina possui um estame funcional e 5 a 10 estaminóides (FREITAS *et al.*, 2002), enquanto a flor hermafrodita apresenta um carpelo com um único óvulo, e parece ser, funcionalmente, apenas feminina, pois não possui anteras na altura do estigma e nem em posição apropriada para contato com o polinizador (FIGURA 1).

As flores masculinas apresentam-se em maior quantidade (SANTOS *et al.*, 2007), com proporções variando desde 0,5 até 25% de flores hermafroditas (MADHAVARAO; HASSAN, 1957; DAMODARAN *et al.*, 1966; BARROS, 1988; FREITAS *et al.*, 2002), garantindo que as panículas sejam atraentes para os polinizadores e que os grãos de pólen tenham acesso ao estigma para a polinização no momento ideal do dia (FREITAS; PAXTON, 1998). Ambos os tipos de flores produzem pólen e néctar (FREITAS *et al.*, 2002), possibilitando que os visitantes florais visitem os dois tipos de flores, favorecendo a polinização cruzada.

A maioria das flores tem antese no período da manhã, entretanto, as flores masculinas geralmente abrem primeiro (a partir das 7 horas) que as flores femininas (a partir das 9 horas) (FREITAS; PAXTON, 1998; BHATTACHARYA, 2004; VIEIRA *et al.*, 2005). A abertura da maioria das flores femininas ocorre até às 12 horas, coincidindo com o período de maior visitaçã de insetos às flores e maior receptividade do estigma (NORTHWOOD, 1966; FREITAS; PAXTON, 1998). As inflorescências duram cerca de 100 dias em um período de floração que varia de 5 a 7 meses (FREITAS *et al.*, 2002).

Figura 1 – Flores de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). Flor masculina com 1 estame e vários estaminóides (a) e flor hermafrodita, sem estames na altura do estigma (b)



Fonte: Freitas; Paxton (2002).

O cajueiro é economicamente importante na região nordeste do Brasil, devido à produção de castanhas, óleo e o pedicelo (na alimentação). No Nordeste há mais de 650 mil hectares de cultivo de caju (OLIVEIRA; COSTA, 2005; GUANZIROLI *et al.*, 2009).

Entretanto, a cajucultura tem apresentado baixo rendimento devido à redução na polinização e à queda dos frutos imaturos (FREITAS; PAXTON, 1998). A produção no Brasil foi estimada em cerca de 200 kg de castanhas /ha, quando o esperado seria de 1.300 kg/ha (OLIVEIRA; COSTA, 2005).

Para a maioria das Angiospermas, os animais são os principais polinizadores, com o predomínio dos insetos, especialmente as abelhas (Hymenoptera: Apoidea) (TREWAVAS, 2001). A síndrome de polinização por abelhas ou melitofilia é caracterizada por flores claras, com odor adocicado e fornecendo pólen e néctar (FAEGRI; VAN DER PIJL; 1979), características estas encontradas nas flores de cajueiro (FREITAS *et al.*, 2002).

Apesar da flor do cajueiro apresentar também algumas características de síndrome de polinização por mariposa (por exemplo, forte perfume adocicado a noite; branca ou levemente colorida, algumas vezes, vermelha ou parda; lobos da corola profundamente recortados e sem superfície de pouso), em sistemas agrícolas

o que tem sido encontrado é a polinização por abelhas (FREITAS; PAXTON, 1998; FREITAS *et al.*, 2002; BHATTACHARYA, 2004).

Trabalhos anteriores sugerem que o cajueiro pode ser polinizado 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.

Para verificar a eficiência da polinização entomófila, Freitas e Paxton (1998) e Freitas *et al.* (2002) ensacaram flores de caju, excluindo a visitação de insetos e a polinização pelo vento e as compararam a flores abertas. Assim, mostraram que o principal sistema de reprodução do cajueiro é a polinização entomófila e que os principais polinizadores são as abelhas. Resultado semelhante foi encontrado por Aliyu (2008) que mostrou não haver frutificação dos cajueiros sem a visitação das abelhas.

Dentre as espécies de abelhas, *Centris tarsata* e *Apis mellifera* foram observadas visitando as flores de cajueiro com maior frequência sendo, de acordo com Freitas e Paxton (1998), *C. tarsata* um polinizador de cajueiro superior a *A. mellifera*.

Entretanto, em sistemas agrícolas, *C. tarsata* é relativamente escassa, não sendo encontrada em plantios comerciais do interior do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, apesar de presente nos três estados. De acordo com Freitas e Pereira (2004), isso ocorre devido à inexistência de espécies vegetais fornecedoras de óleos necessários às abelhas do gênero *Centris* para nidificação e alimentação de suas crias, impedindo o estabelecimento de populações estáveis desse polinizador. Como exemplo, em zonas costeiras, habitat natural do cajueiro, Pereira (2001) percebeu que essas abelhas visitavam as flores do cajueiro para retirar néctar, e uma outra espécie de planta selvagem (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, Malpighiaceae) para retirar óleo.

Logo, segundo Freitas e Pereira (2004), haveria uma necessidade de desenvolver técnicas para criar ou atrair populações selvagens para áreas agrícolas. Para isso, seria preciso o cultivo de outras espécies vegetais que forneçam óleos ou a preservação e manejo de fragmentos de vegetação nativa, possibilitando a presença de alguma espécie de planta nativa que forneça tais óleos.

Deste modo, estudos sobre a polinização do cajueiro e a influência da proximidade de fragmentos de vegetação nativa sobre essa cultura ainda são necessários, além de estudos sobre a qualidade do habitat circundante e a presença de plantas com óleo no entorno.

4 Material e métodos

4.1 Área de estudo

O trabalho foi realizado no município de Horizonte (4° 05' 09"S; 38° 39' 05"W), nordeste do Ceará, situado na microregião de Pacajus. Compreende uma área de 160 km² e está localizado a 40,1 km de Fortaleza – CE (IPECE, 2011).

O município apresenta temperatura média anual que varia de 19°C a 29°C, com índice pluviométrico anual de 780 mm (CPRM, 1998; IPECE, 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. Apresenta solos do tipo neossolos quartzarênicos e planossolo háplico, sobre os quais encontra-se estabelecida a vegetação típica dos tabuleiros, mesclando espécies próprias, de matas serranas e da caatinga (CPRM, 1998) (FIGURA 2).

Horizonte faz parte da região hidrográfica Metropolitana, e seus mais importantes corpos d'água são o rio Malcozinhado, o riacho Ereré e o açude Pacoti-Riachão (CPRM, 1998).

Figura 2 – Vegetação nativa encontrada nos fragmentos próximos aos plantios de caju no município de Horizonte – CE, 2011.

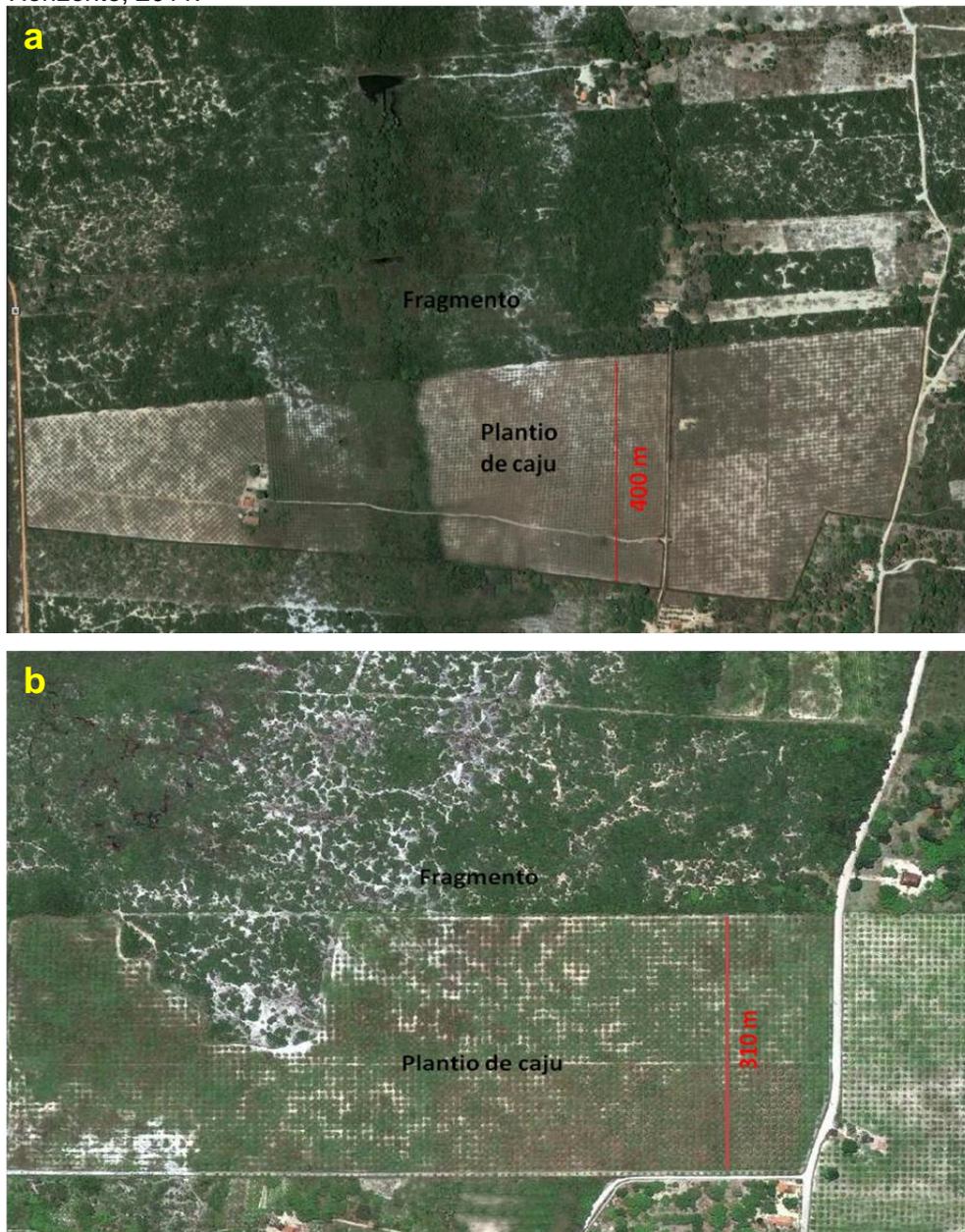


Fonte: Flores, L. (2011)

4.2 Coleta e tratamento de dados

Foram selecionados dois plantios de caju ao lado de áreas de vegetação nativa. A primeira área (A1) estava localizada ao lado de um fragmento com cerca de 200 hectares e mais distante da área urbana, e a segunda (A2) a um de aproximadamente 100 ha e sob maior influência da ação humana (FIGURAS 3a,b). Nas duas áreas, os cajueiros são do tipo anão precoce (CP76), em pomares com 10 anos de idade e árvores com espaçamento de 6x6 metros na A1 e 7x7 metros na A2.

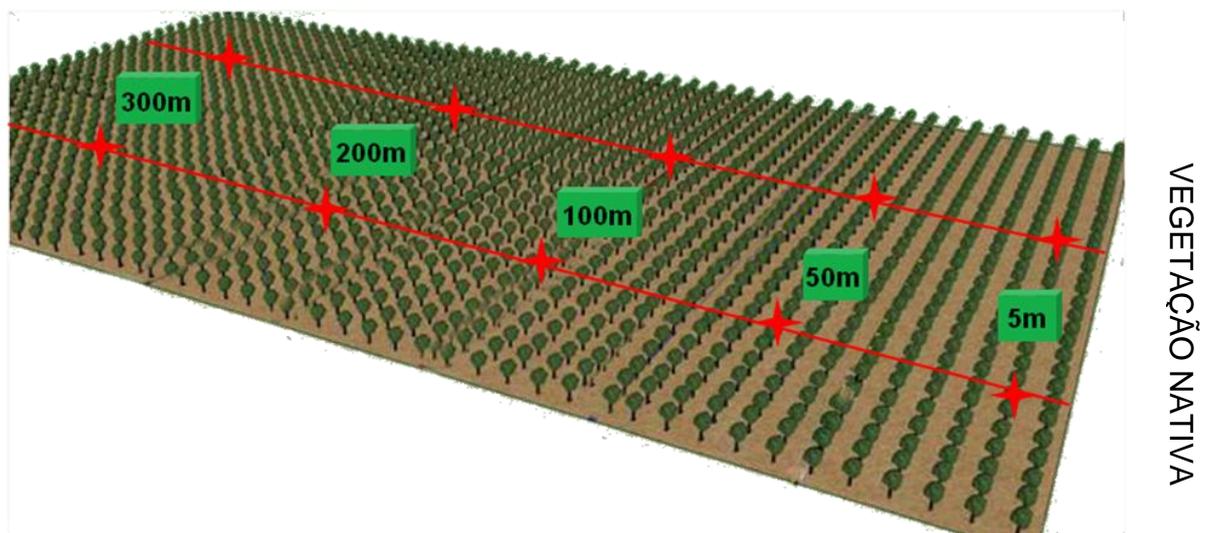
Figura 3 - Imagem geral das duas áreas de estudo: A1, próxima ao fragmento mais conservado (a), e A2 próxima ao mais perturbado (b), no município de Horizonte, 2011.



Fonte: Google Earth (2009).

Dentro de cada plantio, foram traçadas, perpendicularmente ao fragmento, duas linhas paralelas e distantes 150 metros entre si. Posteriormente, em cada linha, foi selecionado e marcado um cajueiro a diferentes distâncias da borda do fragmento (5, 50, 100, 200 e 300m), excluindo os primeiros 5 metros da margem da área de cultivo para evitar o efeito de borda (FIGURA 4). Essas distâncias foram escolhidas devido à maioria das propriedades no Ceará possuir menos de 50 ha.

Figura 4 – Distribuição espacial dos cajueiros selecionados para o estudo em cada área. Cada estrela representa um cajueiro.



Para verificar se os cajueiros na área dependem da polinização biótica e se a presença de visitantes florais aumenta o sucesso reprodutivo do cajueiro, em cada indivíduo selecionado, foram marcadas duas panículas de forma aleatória. Estas se encontravam com botões florais em pré-antese para garantir que a flor não tivesse sido polinizada. Neste tratamento, uma das panículas foi envolvida com saco de organza para impedir o contato das flores com possíveis polinizadores, mas possibilitando a entrada de grãos de pólen levados pelo vento, e a outra permaneceu livre para a visita dos polinizadores (FIGURA 5). Nos ramos marcados, foram realizadas contagens do número de botões florais no período de floração, e do número de flores masculinas e hermafroditas, e posteriormente a contagem do

número de frutos formados (KLEIN *et al.*, 2003b; DE MARCO; COELHO, 2004). Esse tratamento foi repetido nos dois lados da copa do cajueiro a fim de evitar alterações na taxa de visitação devido a fatores como sombreamento e intensidade do vento.

Figura 5 – Panícula isolada com saco de organza (a) e livre para a visitação floral (b) em plantios de cajueiro no município de Horizonte – CE, 2011.



Fonte: Flores, L. (2011)

O sucesso reprodutivo foi estimado comparando-se o percentual de frutificação (razão fruto/flor) (FIGURA 6) entre os ramos isolados e os acessíveis aos visitantes florais. Esta estimativa foi realizada para o mesmo indivíduo, entre os indivíduos a diferentes distâncias da borda do fragmento e entre os dois fragmentos.

Figura 6 – Formação de frutos nas panículas livres para a visitação floral em plantios de cajueiro no município de Horizonte – CE, 2011.



Fonte: Flores, L. (2011)

Para analisar a diversidade e abundância de visitantes florais, foram coletados, com rede entomológica, todos os insetos vistos visitando as flores dos cajueiros selecionados. As coletas ocorreram durante 10 minutos por planta de cada distância, com intervalos de 1 hora durante o horário de maior visitação floral, de 7:00 as 12:00 horas. Ao fim dos 10 minutos de observação do primeiro cajueiro, seguia-se para a próxima árvore selecionada para outros 10 minutos de observação. Finalizando as cinco distâncias, após cerca de 50 minutos, retornava-se à distância inicial, dando início a um novo ciclo de observações. As coletas foram realizadas durante dois dias consecutivos a cada 15 dias, de julho a dezembro de 2011, período de floração dos cajueiros nestas áreas. Para que não houvesse influência do horário ou do esforço amostral, a observação de cada linha e das diferentes distâncias foi alternada de forma que todas as distâncias fossem observadas em todos os horários de observação.

Os insetos coletados foram mortos em câmara mortífera com acetato de etila, etiquetados de acordo com o local e horário da coleta para posterior identificação taxonômica.

4.3 Análise de dados

Na análise dos dados foi empregado o Modelo Linear Generalizado (GLM - *Generalized Linear Model*). Em um primeiro exame, a variável resposta foi a proporção fruto/flor, e as variáveis explanatórias foram a distância do fragmento (5, 50, 100, 200 e 300m), frequência de visitação, riqueza de espécies de visitantes florais e área de estudo (A1 ou A2). Secundariamente foram realizadas outras análises em que as variáveis respostas foram, separadamente, a abundância e a riqueza de visitantes florais e as explanatórias foram a área e a distância do fragmento. Utilizou-se GLM porque as variáveis não apresentavam distribuição normal e as variâncias eram desiguais. Os modelos generalizados se adequam às diferentes variáveis respostas porque a distribuição dos erros pode assumir diversas distribuições, tais com a gaussiana, binomial e de poisson (CRAWLEY, 2007). As variáveis área e distância foram computadas como fatores.

Para verificar diferenças no tratamento de exclusão de polinizadores, empregou-se o teste exato de Fisher.

A análise dos visitantes florais foi complementada utilizando-se o índice de diversidade de Simpson (1-D) e de equitabilidade de Pielou (J). Estes foram calculados para cada área e cada distância dentro de uma dada área.

Os cálculos dos modelos generalizados e o teste de Fisher foram realizados com auxílio do software Statistica 7 (STATSOFT, INC. 2005). Para o cálculo dos índices de Simpson e Pielou utilizou-se o software BIODAP (THOMAS; CLAY, 2000).

5 RESULTADOS

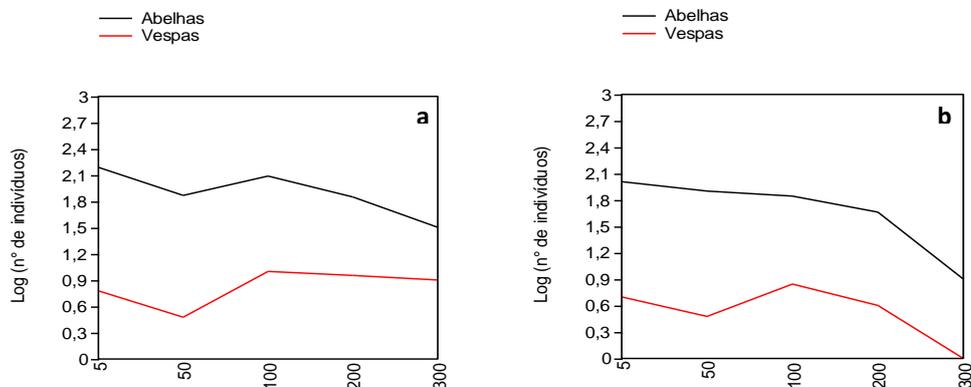
Em relação ao número de flores por panícula, não foi observada diferença expressiva entre as duas áreas (A1 e A2) e nem entre as cinco classes de distâncias selecionadas (5, 50, 100, 200 e 300 m). Nas quais, as panículas apresentaram, em média, 90 flores (± 30) com uma proporção de 8% para flores hermafroditas e 92% para masculinas.

A produção de frutos nos ramos livres foi significativamente maior que nos ramos ensacados ($p < 0,05$). Esse resultado foi semelhante entre as áreas A1 (área próxima ao fragmento de vegetação nativa aparentemente mais conservada) e A2 (próxima à área de vegetação nativa mais perturbada) e entre as cinco classes de distâncias selecionadas, indicando que o cajueiro depende da polinização biótica para o sucesso reprodutivo.

No total, onze espécies foram coletadas visitando as flores de cajueiro, distribuídas em três grupos: (i) Hymenoptera, com cinco espécies de abelhas (Apidae) e quatro de vespas (Vespidae), (ii) Diptera com uma única espécie de mosca (Syrphidae) e (iii) Lepidoptera, com uma espécie (Hesperiidae) (TABELA 1).

Nas duas áreas, o principal grupo de visitantes florais foi Hymenoptera, com a abundância de abelhas superior a de vespas (FIGURA 7). Destas, a abelha *Apis mellifera* foi a mais abundante, seguida da espécie de abelha *Trigona spinipes* e de vespa *Brachygastra lecheguana*.

Figura 7 – Abundância de abelhas e vespas visitantes florais do cajueiro por classe de distância nas áreas A1 (a) e A2 (b), em Horizonte – CE, 2011. Para obter resultados em uma mesma escala, foi utilizado o logaritmo das abundâncias.



Dentre as espécies coletadas, as abelhas sociais *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* e as solitárias *Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis*, *Xylocopa* sp. e *Centris* sp. visitavam 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, o contato com o estigma foi possível observar apenas em *Brachygastra lecheguana*. No entanto, essa espécie juntamente com os demais insetos não fez distinção quanto às flores, visitando tanto as flores 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 10 espécies do total, enquanto na A2 foram coletadas apenas cinco, indicando uma diferença significativa na riqueza de visitantes florais entre as duas áreas ($p < 0,05$). A área A1 também apresentou maior abundância ($p < 0,05$) e maior diversidade que a A2. Entretanto, as duas áreas foram pouco equitativas, demonstrando dominância de uma única espécie, a *Apis mellifera* (TABELA 1).

Tabela 1 – Abundância das espécies visitantes florais do cajueiro de duas áreas de cultivo de caju, A1 (próxima a 200ha de fragmento) e A2 (100ha), e comparação de riqueza, abundância total e diversidade entre as duas áreas, Horizonte – CE, 2011. Espécies classificadas segundo a Dra. Favízia Oliveira, Universidade Federal da Bahia - UFBA.

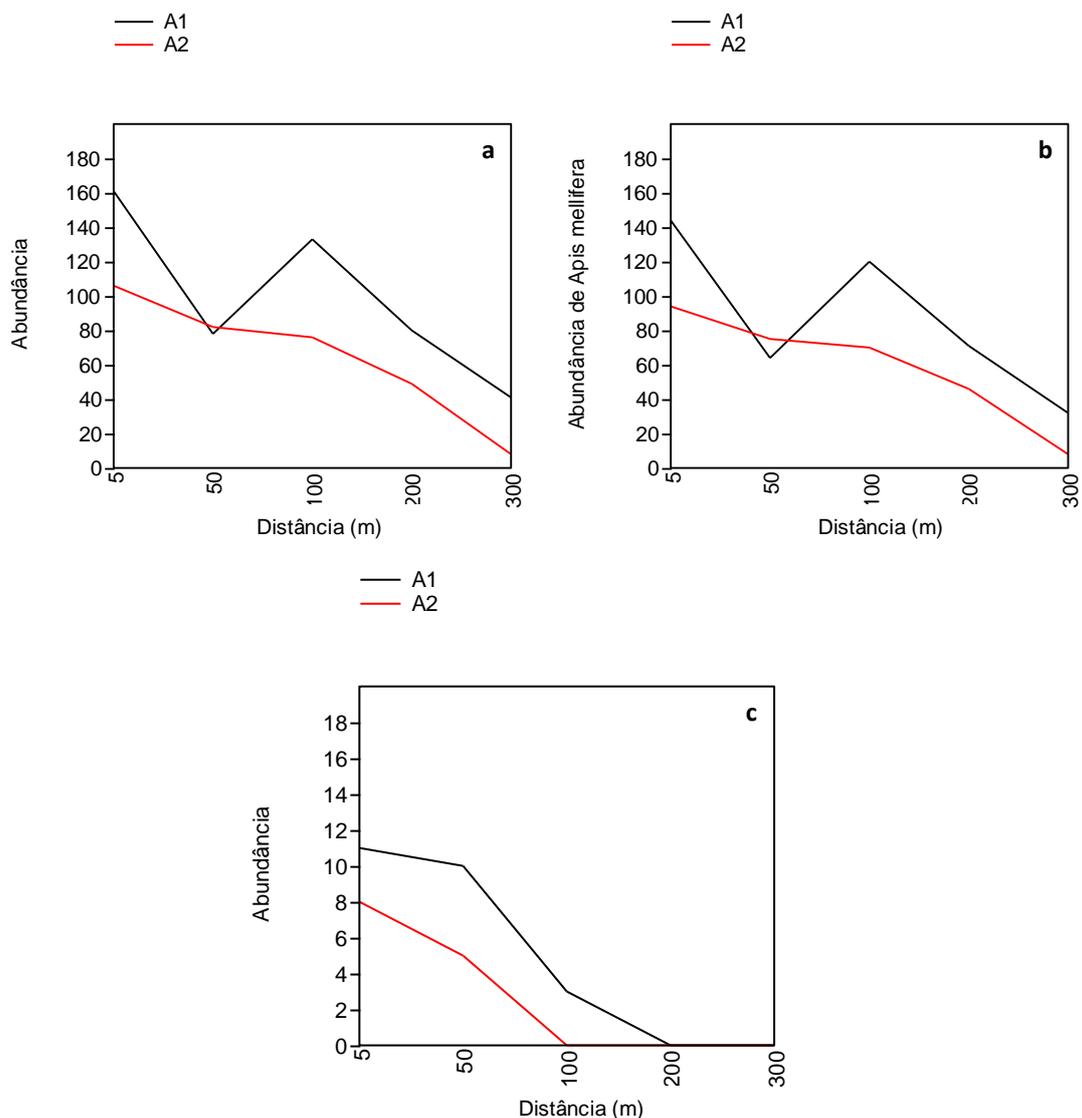
Espécies	A1		A2	
		(%)		(%)
Apidae				
<i>Apis mellifera scutellata</i> Lepeletier	431	86,7	293	91,3
<i>Trigona spinipes</i> Fabricius	16	3,2	13	4,1
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis</i> Ducke	4	0,8	0	0
<i>Centris</i> sp.	3	0,6	0	0
<i>Xylocopa</i> sp.	4	0,8	0	0
Vespidae				
<i>Brachygastra lecheguana</i> Latreille	17	3,4	9	2,8
<i>Polistes</i> sp.	17	3,4	4	1,2
Vespidae sp. 3	2	0,4	0	0
Vespidae sp. 4	0	0	2	0,6
Outros				
Hesperiidae sp.	1	0,2	0	0
Syrphidae sp.	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	

* Diferença significativa entre áreas ($p < 0,001$)

Dentre as espécies coletadas, *A. mellifera* é uma espécie exótica, bastante conhecida em pomares comerciais. Devido à sua alta dominância e por ser uma espécie introduzida, os testes de diversidade, riqueza e abundância foram realizados com e sem a presença de *A. mellifera*. Das duas maneiras, a área A1 apresentou maior riqueza e abundância que a A2 (FIGURA 8).

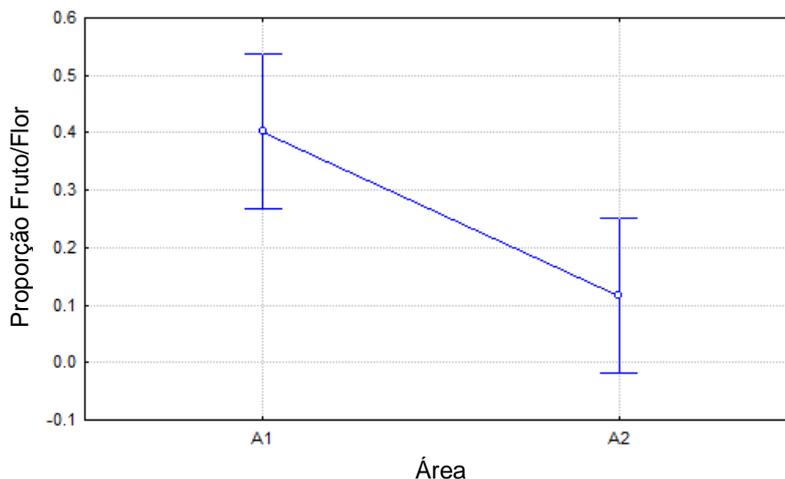
Na A1 houve uma diminuição da abundância de abelhas (excluindo *A. mellifera*) com o aumento da distância a partir dos 200 metros ($p < 0,05$), enquanto a abundância de vespas permaneceu estável em todas as distâncias (FIGURA 7). Na A2, dentre as abelhas, somente as espécies *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* foram coletadas na área, e apenas *A. mellifera* foi observada após os 50 metros.

Figura 8 – Abundância total de abelhas visitantes florais (a), somente de *Apis mellifera* (b) e somente das outras espécies de abelhas (c) em função da distância nas áreas A1 e A2.



Para o sucesso reprodutivo, em cada uma das cinco distâncias selecionadas, foram utilizados apenas os dados das panículas que permaneceram livres, já que nos ramos isolados a produção de frutos foi ínfima ($n=3$). Não houve diferença significativa na frutificação em relação às classes de distância, entretanto, a produção de frutos foi distinta significativamente entre as duas áreas, A1 e A2 ($p<0,001$), mostrando que a área próxima ao fragmento de melhor qualidade (A1) produziu mais frutos que a área próxima ao fragmento mais perturbado (A2) (FIGURA 9).

Figura 9 – Variação do sucesso reprodutivo entre as duas áreas estudadas, A1 e A2, no município de Horizonte – CE, 2011. Barras verticais denotam 0,95 de intervalo de confiança (LS Means, $p<0,01$).



Apesar de não ter ocorrido diferença na frutificação por distância, considerando todo o experimento, a abundância e a riqueza de visitantes florais variaram em função da interação entre área e distância ($p<0,05$; $R^2 = 0,85$ e $p<0,05$; $R^2 = 0,90$ respectivamente). Foi observada uma diminuição na abundância à medida que a distância do fragmento aumentava (FIGURA 10), com 5m e 100m mais abundantes que 300m ($p<0,05$). O mesmo ocorreu com a riqueza (FIGURA 11), onde 5 e 50m apresentaram maior número de espécies que 200 e 300m ($p<0,05$).

Deste modo, o sucesso reprodutivo do cajueiro, razão fruto/flor, variou em função do habitat (área) ($p < 0,05$; $R^2 = 0,55$) e das interações entre área e abundância de visitantes florais ($p < 0,05$; $R^2 = 0,36$) e área e riqueza de espécies de visitantes ($p < 0,05$; $R^2 = 0,39$) (TABELA 2).

Tabela 2 – Análises *GLM* da variação de frutificação e de riqueza e abundância dos visitantes florais do cajueiro, considerando as duas áreas simultaneamente, Horizonte - CE, 2011.

	Efeito	g.l.	F	R ²	P
Proporção fruto/flor	Área	1	11,98	0,55	0,008
	Área x abundância	1	6,21	0,36	0,037
	Área x riqueza	1	6,71	0,39	0,032
Abundância	Área + distância	5	10,89	0,85	0,019
Riqueza	Área + distância	5	18,00	0,90	0,007

Figura 10 – Variação geral da abundância de visitantes florais do cajueiro em função de área mais distância, para as duas áreas simultaneamente, Horizonte – CE, 2011. Barras verticais denotam 0,95 de intervalo de confiança (LS Means, $p < 0,01$).

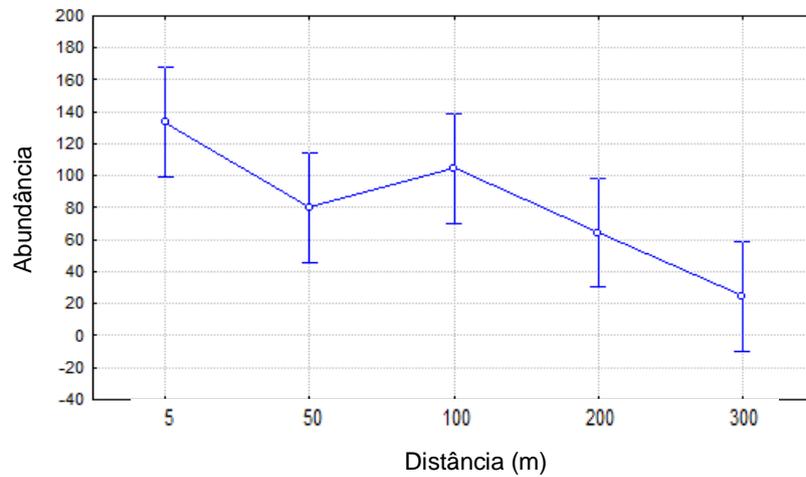
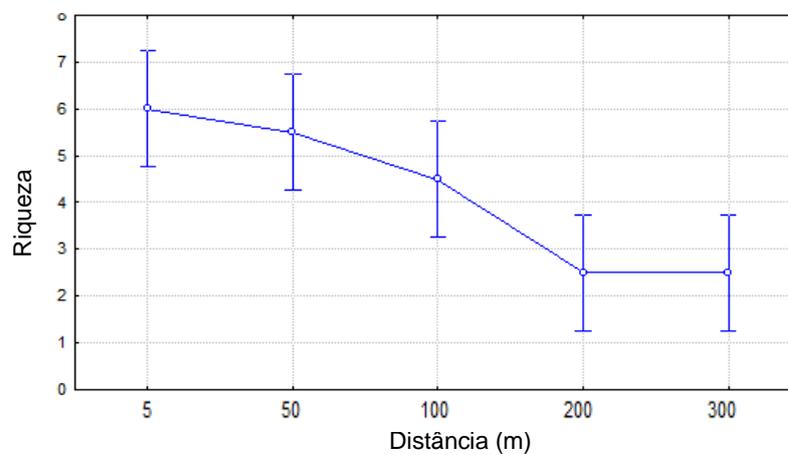


Figura 11 – Variação geral da riqueza de visitantes florais de cajueiro em função de área mais distância, para as duas áreas simultaneamente, Horizonte – CE, 2011. Barras verticais denotam 0,95 de intervalo de confiança (LS Means, $p < 0,01$).



6 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 ausência de produção de frutos pelas flores isoladas, as quais não tiveram contato com os visitantes florais. A não formação de frutos por polinização abiótica também foi encontrada por Free e Williams (1976), Akinwale (1992), Wunnachit *et al.* (1992), Freitas e Paxton (1996) e Freitas *et al.* (2002). Isso era esperado devido à grande quantidade de flores e pela produção de néctar que funcionam como um atrativo para espécies visitantes capazes de efetuar a polinização (VEERESH *et al.*, 1993; COLLEVATTI *et al.*, 2000). Desta forma, assim como observado em diferentes culturas (McGREGOR, 1976; BLANCHE *et al.*, 2006; KLEIN *et al.*, 2007), os polinizadores desempenham um papel essencial para o sucesso reprodutivo do cajueiro.

Os grupos de insetos encontrados visitando as flores de cajueiro neste estudo, Hymenoptera, Lepidoptera e Diptera, também foram encontrados por Free e Williams (1976) e Bhattacharya (2004). Semelhante ainda aos resultados apresentados por estes autores, ocorreu a predominância de Hymenoptera, com abundância de abelhas significativamente maior que de vespas, e visitas pouco frequentes e não regulares pelos outros dois grupos de insetos.

Dentre estes grupos, 11 espécies foram encontradas visitando as flores do cajueiro, 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, podendo transportar consigo alguns grãos de pólen (BHATTACHARYA, 2004; DE MARCO; COELHO, 2004).

Das espécies coletadas, *Apis mellifera* foi a mais dominante, seguida de *Trigona spinipes*. Segundo De Marco e Coelho (2004), Seeley (2006) e Nogueira-Neto (1997), estas são espécies bastante comuns que exploram uma enorme diversidade de recursos florais. As *Apis* são os visitantes florais mais abundantes em todo o mundo para várias culturas (KLEIN *et al.*, 2003c; De MARCO; COELHO 2004; CARVALHEIRO *et al.*, 2011) e, segundo Carvalheiro *et al.* (2011), os visitantes florais são conhecidos por serem afetados pela distância ao habitat natural e pela

diversidade floral (KOHLENER *et al.*, 2008; RICKETTS *et al.*, 2008). No entanto, os efeitos positivos da diversidade de plantas só ocorrem perto de habitats de alta qualidade (KOHLENER *et al.*, de 2008).

A fragmentação de habitats não afeta todas as espécies igualmente (COLLINGE, 2000), espécies de níveis tróficos mais altos, mutualísticas e mais especialistas tendem a se extinguir primeiro com a diminuição ou isolamento do habitat (HOLT *et al.*, 1999; STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2000; De MARCO; COELHO, 2004).

Em alguns estudos, abelhas solitárias apareceram como potenciais polinizadores do cajueiro (FREITAS; PAXTON, 1996; BHATTACHARYA, 2004). Segundo Freitas e Paxton (1998) e Freitas *et al.* (2002) a espécie *Centris tarsata* foi um polinizador eficiente de cajueiro silvestre em uma área de habitat natural de dunas 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 estáveis dessas abelhas.

A Conservação de manchas naturais combinadas com plantas com flores dentro de culturas pode maximizar a produtividade e, assim, reduzir a necessidade de expansão de terras agrícolas, contribuindo para uma agricultura sustentável (CARVALHEIRO *et al.* 2011).

Em relação à abelha *Apis mellifera*, apesar de ser uma espécie introduzida, ela já teve sua eficiência na polinização do cajueiro comprovada (FREITAS; PAXTON, 1998; FREITAS *et al.*, 2002). Segundo Roubik (1989), as abelhas sociais recrutam indivíduos da colônia para a coleta de recursos florais, fazendo com que a abundância desses insetos, como a *A. mellifera*, possa contribuir na polinização de culturas, mesmo não havendo fidelidade na coleta dos recursos florais (PACHECO *et al.*, 1985). Logo, espécies exóticas podem fornecer ou aumentar os serviços do ecossistema, podendo servir como polinizadoras de plantas, especialmente em paisagens fragmentadas, onde muitas vezes os

polinizadores nativos estão ausentes (PEJCHAR; MOONEY, 2009; SCHLAEPFER *et al.*, 2011).

As observações deste trabalho não permitiram analisar a possibilidade de que insetos noturnos desempenham um papel na polinização da cultura. No entanto, já foi relatado que a polinização do cajueiro é mais eficaz até quatro horas após a antese das flores, que ocorre pela manhã e que geralmente seu volume de néctar e concentração de açúcar atingem seu máximo até as 13 horas. (FREITAS; PAXTON, 1998; FREITAS *et al.*, 2002; BHATTACHARYA, 2004). Logo, parece ser improvável que os polinizadores noturnos contribuam grandemente para a polinização do cajueiro.

De acordo com Aliyu (2008) embora haja uma relação direta entre polinização e frutificação do cajueiro, existem outros fatores limitantes como, eficiência do polinizador, abundância e alocação de recursos, que devem ser levados em consideração para alcançar um melhor sucesso reprodutivo tanto em condições naturais quanto agrícolas.

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.*, 2003b; KLEIN *et al.*, 2007).

Vários autores ressaltaram anteriormente uma relação entre a distância dos fragmentos e a vantagem advinda do serviço de polinização que o ecossistema presta à cultura (KREMEN *et al.*, 2002; KLEIN *et al.*, 2003c; RICKETTS *et al.*, 2004; RICKETTS, 2004). Alguns avaliaram o efeito da presença de fragmentos a uma distância máxima de 1 km sobre a produção de café e observaram que os polinizadores presentes em tais fragmentos contribuía, em média, de 15 a 20% para o aumento da frutificação (De MARCO; COELHO 2004; RICKETTS *et al.*, 2004).

Entretanto, no presente estudo, não houve diferença significativa na produção de frutos entre as cinco classes de distâncias selecionadas (5, 50, 100, 200 e 300m). 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 vôo maior que 1 km (SCHNEIDER; HALL, 1997; BEEKMAN; RATNIEKS, 2000). De fato, Ricketts *et al.* (2008) demonstraram haver uma diminuição significativa na riqueza e na abundância dos polinizadores nas culturas somente após 300 metros do habitat natural.

Essas distâncias foram selecionadas devido à expressiva quantidade de pequenos produtores de caju no Ceará. Muito embora existam fazendas de caju com centenas e até milhares de hectares, a maioria das propriedades possui menos de 50 ha (GUANZIROLI *et al.*, 2009), sendo mais representativo a realização deste trabalho em pequenas propriedades.

Este resultado, no entanto, não invalida a relação entre o sucesso reprodutivo e a distância do fragmento, pois os resultados demonstraram uma diminuição da riqueza e da abundância de visitantes florais (incluindo *A. mellifera*) em função da interação entre área e distância. Na qual a riqueza e a abundância demonstraram forte efeito sobre a frutificação.

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.

As espécies de abelhas solitárias *Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis*, *Xylocopa* sp. e *Centris* sp. foram observadas apenas no plantio próximo ao fragmento maior. Isso pode ser explicado pela teoria de heterogeneidade ambiental, onde habitats mais complexos (ou seja, mais conservados) fornecem maior variedade de nichos e de recursos disponíveis (MacARTHUR; MacARTHUR, 1961). De acordo com Carvalheiro *et al.* (2011), a presença dessas espécies 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 principalmente as flores das plantas daninhas e ao final do período de floração destas, visitavam as flores do cajueiro.

A presença destas espécies na cultura até os 100 m de distância do fragmento (local onde elas nidificam) pode ser justificada pela alta disponibilidade de recursos florais pelo plantio, somada à menor necessidade de recursos dessas

espécies solitárias (comparando-se com espécies sociais) (GATHMANN; TSCHARNTKE, 2002; PIGOZZO *et al.*, 2007). Logo, com pequenas populações, grandes raios de forrageamento não seriam necessários (PYKE, 1984).

Diferente das abelhas, de acordo com Steffan-Dewenter (2003), pouco se sabe sobre distâncias de forrageamento de vespas. A abundância das vespas 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 abundância das abelhas ou apenas porque essas espécies apresentam um raio de vôo 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.

Contudo, as abelhas parecem ser mais fortemente afetadas pela alteração de habitats do que outros grupos de insetos. Pois, os recursos alimentares de vespas são menos restritos, e esta pode ser a razão para uma menor dependência do fragmento (STEFFAN-DEWENTER, 2003). De acordo com Holzschuh *et al.* (2010), as abelhas são beneficiadas pela alta proporção de habitats não cultivados (composição da paisagem), enquanto vespas são dependentes de altas densidades de borda (configuração da paisagem).

Como demonstrado, a área A1, próxima a um fragmento de mais conservado, apresentou maior número de espécies e maior abundância de visitantes florais que a área A2. Tal fato refletiu no sucesso reprodutivo do cajueiro, onde A1 também apresentou maior frutificação que a A2 (A1 = 586 frutos/5árvores; A2= 111 frutos/5árvores).

Embora na área A1, tenha sido demonstrada uma redução na abundância dos visitantes florais nos 50 metros (FIGURA 8a), essa diminuição parece ter ocorrido devido à menor quantidade de flores nesta árvore, tornando-se menos atrativa para a espécie social *A. mellifera* (espécie mais abundante), mas não para as abelhas solitárias que necessitam de menos recursos (FIGURA 8b, c).

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). Embora as flores das culturas forneçam recursos importantes para muitas espécies de polinizadores, a curta duração da disponibilidade floral e a baixa diversidade de recursos florais e de locais para nidificação podem comprometer o sucesso reprodutivo destas culturas, devido à redução da diversidade e abundância de polinizadores (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, 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.

7 CONCLUSÕES

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 afetou a produção de frutos da cultura. Entretanto, a presença de habitats naturais próximos a essa cultura 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 dos remanescentes de habitats naturais nas áreas de estudo é de grande importância no fornecimento de polinizadores para esta cultura. Contudo, ainda é necessária compreensão da relação entre a agricultura e os serviços advindos do ecossistema para a conservação de habitats naturais e uma maior produção das culturas.

REFERÊNCIAS

AKINWALE, S.A. Implications of pollen characters to systematic delimitation of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Plant Cell Incompatibility Newsletter**, v, 24, p. 1–6, 1992.

ALIYU, O. M.; Compatibility and fruit-set in cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Euphytica**, v. 160, p. 25–33, 2008.

BALMFORD, A. *et al.* Economic Reasons for Conserving Wild Nature. **Science**, v. 297, p. 950-953, 2002.

BARROS, L.M. Biologia floral, colheita e rendimento. *In*: LIMA, V.P.M.S. (Org.). **A cultura do cajueiro no nordeste do Brasil**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1988. p. 301-319.

BAWA, K.S. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 21, p. 399-422, 1990.

BEEKMAN, M.; RATNIEKS, F.L.W. Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera* L. **Functional Ecology**, v. 14, n. 4, p. 490-496, 2000.

BHATTACHARYA, A. Flower visitors and fruitset of *Anacardium occidentale*. **Annales Botanici Fennici**, v. 41, p. 385-392, 2004.

BLANCHE, K.R. *et al.* Proximity to rainforest enhances pollination and fruit set in orchards. **Journal of Applied Ecology**, v. 43, p. 1182-1187, 2006.

CADENASSO, M.L. *et al.* Framework for a theory of ecological boundaries. **BioScience**, v. 53, n. 8, p. 550-558. 2003.

CARVALHEIRO, L.G. *et al.* Natural and within-farmland biodiversity enhances crop productivity. **Ecology Letters**, v. 14, p. 251-259, 2011.

COLLEVATTI, R.G. *et al.* Foraging behavior of bee pollinators on the tropical weed *Triumphetta semitriloba*: Flight distance and directionality. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, p. 29-37, 2000.

COLLINGE, S.K. Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 36, p. 59-77, 1996.

COLLINGE, S.K. Effects of grassland fragmentation on insect species loss, colonization, and movement patterns. **Ecology**, v. 81, n. 8, p. 2211–2226, 2000.

COSTANZA, R. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 15, p. 253-260, 1997.

CPRM. Serviço geológico do Brasil. **Diagnóstico do município de Horizonte**. Fortaleza: Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará, 1998.

CRAWLEY, M.J. **The R Book**. England, West Sussex: John Wiley and Sons Ltd. 2007. 942p.

DAMODARAN, V.K., *et al.* 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**, v. 4, n. 2, p. 78-84, 1966.

DE MARCO, P.; COELHO, F.M. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. **Biodiversity and Conservation**, v. 13, p.1245-1255, 2004.

DÍAZ, S. *et al.* Biodiversity Loss Threatens Human Well-Being. **PLoS Biology**, v. 4, n. 8, p. 1300-1305, 2006.

FAEGRI, K; Van der PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. Oxford: Pergamon Press, 1979.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Review of Ecology Evolution and Systematic**, v. 34, p. 487–515, 2003.

FERREIRA, F.M.C. **A polinização como um serviço do ecossistema: uma estratégia econômica para a conservação**. 2008. 97f. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais.

FREE, J. B.; WILLIAMS, I. H. Insect pollination of *Anacardium occidentale* L., *Mangifera indica* L., *Blighia sapida* Koenig and *Persea americana* Mill. **Tropical Agriculture**, v. 53, p. 125-136, 1976.

FREITAS, B.M. *et al.* Identifying pollinators among an array of flower visitors, and the case of inadequate cashew pollination in NE Brazil. *In*: KEVAN, P.; IMPERATRIZ-FONSECA V. L. (eds). **Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature**. Brasília: Ministry of Environment, 2002. p. 229-244.

FREITAS, B.M.; PAXTON, R.J. 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**, v. 35, p. 109-121, 1998.

FREITAS, B.M.; PAXTON, R.J. The role of wind and insects in cashew (*Anacardium occidentale*) pollination in NE Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 126, p. 319-326, 1996.

FREITAS, B.M.; PEREIRA, J.O.P. Crop consortium to improve pollination: can West Indian Cherry (*Malpighia emarginata*) attract *Centris* bees to pollinate Cashew (*Anacardium occidentale*)? In: B. M. FREITAS; PORTELA, J.O.B. (Orgs.) **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. Fortaleza: Imprensa Universitária UFC, 2004. p. 193-201.

GARIBALDI, L.A. *et al.* Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. **Ecology Letters**, v. 14, p. 1062-1072, 2011.

GATHMANN, A.; TSCHARNTKE, T. Foraging ranges of solitary bees. **Journal of Animal Ecology**, v. 71, n. 5, p. 757-764, 2002.

GUANZIROLI, C.E. *et al.* Entraves ao desenvolvimento da cajucultura no Nordeste: margens de comercialização ou aumento de produtividade e de escala? **Revista Extensão Rural**, v. 16, n. 18, p. 96-122, 2009.

HARPER, K. A. *et al.* Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 768-782, 2005.

HOLT, R.D. *et al.* Trophic rank and the species-area relationship. **Ecology**, v. 80, p. 1495-1504, 1999.

HOLZSCHUH, A. *et al.* How do landscape composition and configuration, organic farming and fallow strips affect the diversity of bees, wasps and their parasitoids? **Journal of Animal Ecology**, v. 79, n. 2, p. 491-500, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). **Perfil Básico Regional 2011 – Região Metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza, 2011. 16p.

JHA, S.; VANDERMEER, J. H. Contrasting bee foraging in response to resource scale and local habitat management. **Oikos**, v. 118, p. 1174-1180, 2009.

KEARNS, C. A. *et al.* Endangered mutualisms: the conservation of plant- pollinator interactions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 29, p. 83-112, 1998.

KLEIN, A. M. *et al.* Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. **Proceedings of the Royal Society Biological Sciences**, v. 270, p. 955-961, 2003a.

KLEIN, A. M. *et al.* Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society Biological Sciences**, v. 274, p. 303–313, 2007.

KLEIN, A. M. *et al.* Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. **Journal of Applied Ecology**, v. 40, p.837-845, 2003b.

KLEIN, A.M. *et al.* Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). **American Journal of Botany**, v. 90, p. 153-157, 2003c.

KOHLER, F. *et al.* At what spatial scale do high-quality habitats enhance the diversity of forbs and pollinators in intensively farmed landscapes? **Journal of Applied Ecology**, v. 45, p.753-762, 2008.

KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI, A. *et al.* Local and landscape effects on bee communities of Hungarian winter cereal fields. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 13, n. 1, p. 59–66, 2011.

KREMEN, C. *et al.* Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 99, n. 26, p. 16812-16816, 2002.

KREMEN, C. *et al.* Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use changes. **Ecology Letters**, v. 10, p. 299-314, 2007.

KREMEN, C. *et al.* The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. **Ecology Letters**, v. 7, p. 1109-1119, 2004.

MacARTHUR, R.; MacARTHUR, J.W. On bird species-diversity. **Ecology**, v. 42, n. 3, p. 594-598, 1961.

MADHAVA-RAO, V.N.M.; HASSAN, V.M. Preliminary studies on the floral biology of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **The Indian Journal of Agricultural Science**, v. 27, p. 277-288, 1957.

MALERBO-SOUZA, D.T. *et al.* Atrativo para as abelhas *Apis mellifera* e polinização em café (*Coffea arabica* L.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, p. 272-278, 2003.

McGREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, 1976. cap. 5.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2001.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 58-62, 1995.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis. 1997, 445p.

NORTHWOOD, P.J. Some observations on flowering and fruit setting in the cashew *Anacardium occidentale* L. **Tropical Agriculture**; v. 431, p. 35-42, 1966.

OLIVEIRA, V. H.; COSTA, V. S. O. **Manual de produção integrada do caju**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 355 p, 2005.

PACHECO, I.A. *et al.* Efeito de colméias de *Apis mellifera* L. em pomar de sementes de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, v. 29, p. 11-17, 1985.

PAGLIA, A.P. *et al.* Efeitos da fragmentação de habitats: quantas espécies, quantas populações, quantos indivíduos, e serão eles suficientes? *In*: ROCHA, C.F.D. *et al.* (Orgs.). **Biologia da Conservação: Essências**. São Carlos: RiMa Editora, 2006. p. 281-316.

PEJCHAR, L.; MOONEY, H.A. Invasive species, ecosystem services and human well-being. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 24, p. 497–504, 2009.

Pereira, J.O.P. **O papel de abelhas do gênero Centris na polinização e sucesso reprodutivo do muricizeiro (Byrsonima crassifolia, L.)**. 2001. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará.

PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: Ants in coffee plantations in southern Mexico. **Conservation Biology**, v. 16, p.174-182, 2002.

PICKETT, S.T. A.; CADENASSO, M. L. Landscape ecology: spatial heterogeneity in ecological systems. **Science**, v. 269, n. 5222, p. 331-334. 1995.

PIGOZZO, C.M. *et al.* Comportamento de Forrageamento de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *cearensis* Ducke (Hymenoptera: Apidae, Xylocopini) em uma População de *Cuphea brachiata* Koehne (Lythraceae). **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 5, p. 652-656, 2007.

PYKE, G. H. Optimal foraging theory: a critical review. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 15, p. 553-575, 1984.

RANTA, P., *et al.* The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, v. 7, n. 3 p. 385-403. 1998.

RICKETTS, T. H. *et al.* Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, v. 11, p. 1–17, 2008.

RICKETTS, T. H. Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. **Conservation Biology**, v. 18, p. 1262-1271, 2004.

RICKETTS, T.H. *et al.* Economic value of tropical forest to coffee production. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 101, p. 12579-12582, 2004.

ROUBIK, D. W. Tropical agriculture: The value of bees to the coffee harvest. **Nature**, v. 417, p. 708, 2002.

ROUBIK, D.W.; ACKERMAN, J.D. Long-term ecology of euglossine orchid-bee (Apidae: Euglossini) in Panama. **Oecologia**, v. 73, p. 321-333, 1989.

SANTOS S. K. D. *et al.* Visitantes florais do caju anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) em uma área de caatinga no município de Jequié – BA. *In*: Congresso de Ecologia do Brasil. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2007.

SCHLAEPFER, M.A.; *et al.* The Potential Conservation Value of Non-Native Species. **Conservation Biology**, v. 25, n. 3, p. 428-437, 2011.

SCHNEIDER, S.S.; HALL, H.G. Diet selection and foraging distances of African and European-African honey bee colonies in Costa Rica. **Insectes Sociaux**, v. 44, p. 171-187, 1997.

SEELEY, T.D. **Ecologia da abelha**: um estudo de adaptação na vida social. Porto Alegre: Paixão. 2006, 256p.

SOULÉ, M. E. **Viable populations for conservation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

STATSOFT, INC. **Statistica** (Data Analysis Software System), Version 7.1, 2005.

STEFFAN-DEWENTER, I. Importance of Habitat Area and Landscape Context for Species Richness of Bees and Wasps in Fragmented Orchard Meadows. **Conservation Biology**, v. 17, p. 1036-1044, 2003.

STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Butterfly community structure in fragmented habitats. **Ecology Letters**, v. 3, n. 5, p. 449-456, 2000.

STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. **Oecologia**, v. 121, p. 432–440, 1999.

THOMAS, G.; CLAY, D. BIODAP- ecological diversity and its measurement. **Resource Conservation**. New Brunswick: Canada. Fundy National Park. (<http://nhsbig.inhs.uiuc.edu/populations/bio-dap.zip>), 2000.

TREWAVAS, A. J. The Population/Biodiversity Paradox. Agricultural Efficiency to Save Wilderness. **Plant Physiology**, v. 125, p.174-179, 2001.

TSCHARNTKE, T. *et al.* Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. **Ecology Letters**, v. 8, p. 857–874, 2005.

VAISSIÈRE, B.E. *et al.* **Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: a handbook for its use**. Roma: FAO. 2011.

VEERESH, G.K. *et al.* **Pollination in Tropics**. International Union for the study of Social Insects - Indian Chapter, Department of Entomology. Bangalore: University of Agricultural Sciences, 1993.

VIEIRA, L.L. *et al.* Tipos de flores e frutificação de cajueiro anão precoce irrigado. **Revista Ciência Agrônômica**, v.36, n.3, p. 358-363, 2005.

WADDINGTON, K.D., *et al.* Comparisons of forager distributions from matched honey bee colonies in suburban environments. **Behavioral Ecology Sociobiology**, v. 35, p. 423-429, 1994.

WINFREE, R. *et al.* Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. **Ecology Letters**, v. 10, p. 1105-1113, 2007.

WUNNACHIT, W. *et al.* Pollen tube growth and genotype compatibility in cashew in relation to yield. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 67, p. 67–75, 1992.