

Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Biociências  
Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal

**ANA CAROLINA GALINDO DA COSTA**

**FENOLOGIA, SÍNDROMES DE POLINIZAÇÃO E DIVERSIDADE FUNCIONAL  
DE UMA COMUNIDADE VEGETACIONAL NO PARQUE NACIONAL DO  
CATIMBAU, BUÍQUE, PERNAMBUCO**

Recife

2013

**ANA CAROLINA GALINDO DA COSTA**

**FENOLOGIA, SÍNDROMES DE POLINIZAÇÃO E DIVERSIDADE FUNCIONAL  
DE UMA COMUNIDADE VEGETACIONAL NO PARQUE NACIONAL DO  
CATIMBAU, BUÍQUE, PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Área de Concentração Ecologia Vegetal, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Biologia Vegetal.

Orientadora: Prof. Dr. Isabel Cristina Machado

Recife

2013

Catálogo na fonte  
Elaine Barroso  
CRB 1728

**Costa, Ana Carolina Galindo da**

**Fenologia, síndromes de polinização e diversidade funcional de uma comunidade vegetacional no Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco / Ana Carolina Galindo da Costa- Recife: O Autor, 2013.**

**75 folhas: Il., fig., tab.**

**Orientadora: Isabel Cristina Machado**

**Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.**

**Centro de Biociências. Biologia Vegetal, 2013.**

**Inclui referências e anexos**

**1. Fertilização de plantas 2. Fenologia vegetal 3. Catimbau (Buíque, PE) I. Machado, Isabel Cristina (orientadora) II. Título**

**571.8642**

**CDD (22.ed.)**

**UFPE/CB-2017-249**

**ANA CAROLINA GALINDO DA COSTA**

**FENOLOGIA, SÍNDROMES DE POLINIZAÇÃO E DIVERSIDADE FUNCIONAL  
DE UMA COMUNIDADE VEGETACIONAL NO PARQUE NACIONAL DO  
CATIMBAU, BUÍQUE, PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Área de Concentração Ecologia Vegetal, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Biologia Vegetal.

Aprovada em: 26/02/2013

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Dra. Isabel Cristina Sobreira Machado (orientadora) - UFPE

---

Dra. Leonor Patrícia Cerdeira Morellato – UNESP

---

Dra. Elisângela Lúcia De Santana Bezerra - UFRPE

Aos meus pais, José e Sônia, à minha irmã, Alice e ao  
meu amor, Tasso que sempre estiveram do meu lado,

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que durante mais uma etapa da minha vida me ajudaram, me ensinaram e me acompanharam e em especial,

À minha orientadora, Dr<sup>a</sup> Isabel Cristina Machado, pela sua amizade, paciência, carinho e dedicação durante toda minha formação, por sempre me incentivar e acreditar em mim.

À Dr<sup>a</sup> Tarcila Nadia, pela dedicação e ajuda em todas as etapas dessa dissertação.

À minha família, especialmente os meus pais José da Costa e Sônia Galindo, minha irmã Alice Galindo, meu cunhado Ítalo Azevedo, meus sogros Severino Brito e Penha Brito, e minhas cunhadas Camila Brito e Ana Katarina Brito, por todo carinho, por sempre me incentivarem e confiarem em mim.

Ao meu amor, Tásson Brito, pelo cuidado e carinho, por sempre apostar em mim, e estar sempre presente, por segurar minha mão nos momentos mais difíceis e comemorar comigo cada conquista.

Aos meus amigos Luana, Anderson, Cheila e Clarissa pelos momentos de descontração, por sempre me escutarem e estarem do meu lado. Sei que sempre poderei contar com vocês.

À Elivania Barral e Shirlei Ferreira, por fazerem cada campo uma aventura diferente, por todas as conversas e brigas, pela amizade e pelos momentos de aprendizado e ajuda mútua.

Às minhas amigas da turma de mestrado, 2011, do PPGBV, Elivania Barral, Shirlei Ferreira, Vanessa Nóbrega e Gabriela Frosi, pela amizade de companheirismo em cada disciplina, tornando-as mais leves e divertidas.

Aos professores que ao longo desses dois anos me ensinaram e inspiraram, a eles devo muito deste trabalho.

Aos Integrantes do Laboratório de Biologia Floral e Reprodutiva – Polinizar, por todas as conversas, pelo aprendizado e ajuda mútua.

À Dr<sup>a</sup>. Rita de Cássia Pereira (IPA), Dr<sup>a</sup>. Ana Bocage (IPA), Msc. Fernando Gallindo (IPA) Maria Olivia Cano (IPA), Geadelande Delgado (UFPE) e Dr<sup>o</sup>. Marcos Meiado (UNIVASF) pela identificação das espécies do local de estudo.

Ao Dr<sup>o</sup> André Maurício Santos pela ajuda e indicação do teste estatístico para comparação da diversidade funcional entre os ecossistemas.

À todos que fazem parte do Parque Nacional do Catimbau, em especial dona Zefinha, por toda ajuda durante os dois anos de estudo.

À Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo financiamento e bolsa de pesquisa de Mestrado

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (CNPq/ICMBio) pelo financiamento do projeto “Perturbação antrópica, invasão biológica e biologia reprodutiva no Parque Nacional do Catimbau: estaria a Caatinga se transformando em um ecossistema emergente?” que este estudo está incluído.

## RESUMO

Estudos que abrangem fenologia reprodutiva, síndromes de polinização e a diversidade funcional auxiliam no entendimento da dinâmica dos ecossistemas, dando suporte para estudos de planos de manejo e conservação. Além disso, análises de distribuição de recursos que levam em consideração as síndromes de polinização permitem entender se a distribuição desses possibilita a manutenção dos grupos funcionais de polinizadores. Portanto, este estudo analisou os atributos florais, sistemas sexuais, síndromes de polinização e diversidade funcional, a fim de caracterizar a comunidade vegetal do local de estudo, o Parque Nacional do Catimbau, e compará-lo a outros ecossistemas, além de verificar a distribuição de recursos e síndromes de polinização. As frequências dos atributos florais, tais como alta frequência de flores do tipo tubo (28.09%), com simetria actinomorfa (70.78%), cor esverdeada (29.22) e lilás/violeta (21.35%), tamanho pequeno (40.45%), unidade de polinização individual (73.84%), néctar como recurso (79.78%) e sistema sexual hermafrodita (84,27%), foram semelhantes a diversos ecossistemas tropicais. A melitofilia foi a síndrome de polinização mais frequente (39.32%). Outra síndrome bastante frequente foi a generalista (21.35%), havendo um equilíbrio na proporção das demais síndromes, tornando a equabilidade maior em comparação aos outros sistemas ecológicos. Mais de 90% do total das espécies, em que foi possível obter dados sobre os polinizadores, tiveram confirmação de que o principal polinizador corresponde àquele predito pela síndrome. Néctar, pólen e óleo foram recursos disponíveis de forma ininterrupta aos animais polinizadores nas estações seca e chuvosa. Espécies com a síndrome de melitofilia, predominante em todos os meses de estudo, e demais síndromes estiveram presente durante todo o período de estudo, com exceção das espécies cantarófilas e esfingófilas. Essa distribuição dos recursos e síndromes permite a manutenção dos animais polinizadores ao longo do ano. O local de estudo apresentou a alta riqueza, alta equabilidade e alta diversidade funcional, semelhante ao Cerrado, sem diferenças significativas entre o período chuvoso e seco. Essa alta diversidade funcional pode permitir a manutenção de uma grande diversidade de polinizadores, sendo necessária a conservação desta área para manutenção dos processos ecológicos.

**Palavras-chave:** Diversidade funcional. Fenologia. Polinização. Síndromes de polinização. Recurso floral.

## ABSTRACT

Studies on reproductive phenology, floral traits, pollination syndromes and functional diversity lighten the ecosystems dynamic comprehension, giving support for management and conservation studies. Moreover, analysis of resources distribution related to pollination syndromes enable to understand if this pattern contributes to maintenance of functional groups of pollinators. Therefore, we examined the floral traits, sexual systems, pollination syndromes and functional diversity, in order to characterize the plant community of the Catimbau National Park, and compare it with other ecosystems. We also verified the resources and pollination syndromes distribution. Floral attributes frequency, such as high frequency of tubular flowers (28.09%), actinomorphic symmetry (70.78%), greenish color (29.22%) and purplish (21.35%), small size (40.45%), individual pollination unity (73.84%), nectar as resource (79.78%) and hermaphrodite sexual system (84,27%) were similar to other tropical ecosystems. Melittophily was the most frequent syndrome (39.32%). The generalist syndrome was very frequent also (21.35%). The proportion between the other syndromes was very similar, and this ecosystem presented high equability when compared to other ecosystems. In more than 90% of species the pollinators could be observed and we verified that the most important pollinator matched with the one predicted by the syndrome. Nectar, pollen and oil were available uninterruptedly for pollinators, with species proportion similar in dry and rainy season. Mellitophilous syndrome, predominant in all studied months, and the other syndromes were present throughout the year, except cantharophily and sphingophily. This distribution of resource and syndrome distribution throughout the year allow the pollinators maintenance in whole year. The study place had high richness, equability and functional diversity, similar to Cerrado, without significant differences between the rainy and dry seasons. High functional diversity can allow high diversity pollinators maintenance, being necessary the conservation of these areas for ecologic processes maintenance.

**Key-words:** Floral resource. Phenology. Functional diversity. Pollination. Pollination syndromes.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	11
2.1 ATRIBUTOS FLORAIS E POLINIZAÇÃO .....	11
2.3 SISTEMA SEXUAL .....	14
2.4 DIVERSIDADE FUNCIONAL.....	15
2.5 FENOLOGIA X DISTRIBUIÇÃO SAZONAL DE RECURSOS .....	15
2.6 REFERÊNCIAS.....	16
<b>3. CAPÍTULO 1. MANUSCRITO À SER ENVIADO AO PERIÓDICO BIOTROPICA. Atributos florais, síndromes de polinização e diversidade funcional de uma comunidade vegetacional mista de Caatinga e campo rupestre: uma análise comparativa entre diferentes ecossistemas .....</b>	<b>23</b>
<b>4. CAPÍTULO 2. MANUSCRITO À SER ENVIADO AO PERIÓDICO FLORA. Distribuição dos recursos florais e diversidade funcional em uma comunidade vegetacional no Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco, Brasil. ....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO A. NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO BIOTROPICA .....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO B. NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO FLORA.....</b>	<b>75</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo dos atributos florais, síndromes de polinização e sistemas sexuais de uma comunidade vegetal pode fornecer dados para responder a várias questões relacionadas ao sucesso reprodutivo, partilha e competição por polinizadores e também sobre conservação de habitats naturais afetados por perturbações. O conjunto de atributos florais caracteriza as diferentes síndromes de polinização, as quais constituem um importante guia para subsidiar estudos de ecologia da polinização. Além disso, a partir destes atributos é possível medir a diversidade funcional, que refletindo o funcionamento das comunidades.

Este estudo foi realizado no Parque Nacional do Catimbau, localizado no semiárido, no município de Buíque, Pernambuco. Os artigos que abordam a composição florística desta área classificam-na como diferente da Caatinga, ecossistema predominante no semiárido, apresentando um padrão vegetacional bastante complexo. Esta dissertação, portanto, teve como objetivo monitorar a fenologia, descrever os atributos florais e as síndromes de polinização de uma comunidade de plantas localizada em um lajedo no Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco, bem como analisar a diversidade funcional desta comunidade a partir dos atributos florais e síndromes de polinização. Dessa forma, investigaram-se os processos ecológicos nesta área, de forma a auxiliar no entendimento desta área bastante diferenciada.

Esta dissertação está organizada em uma fundamentação teórica, e dois capítulos subsequentes: A fundamentação teórica está subdividida em seis partes, incluindo as referências. Na primeira, os atributos florais são relacionados à polinização, discutindo-se a função e importância de cada um na atração dos animais polinizadores. Na segunda parte o papel das síndromes de polinização e argumentos favoráveis e contra a determinação das síndromes nos diversos ecossistemas são apresentados. Na terceira parte, são expostos os sistemas sexuais que podem ocorrer nas Angiospermas, informando quais são predominantes e quais são considerados evolutivamente instáveis. Na quarta parte, é introduzido o conceito de diversidade funcional, explicando como esta medida permite maior compreensão do funcionamento dos ecossistemas, possibilitando a comparação entre diferentes ecossistemas, além de apontar a necessidade de mais estudos em áreas secas. Na quinta parte, é explicada a importância das diferenças fenológicas para a polinização, relacionando à distribuição de tipos específicos de recursos alimentares.

No primeiro capítulo, intitulado “Atributos florais, síndromes de polinização e diversidade funcional de uma comunidade vegetacional mista de Caatinga e campo rupestre:

uma análise comparativa entre diferentes ecossistemas”, as frequências dos atributos florais, sistemas sexuais e das síndromes de polinização são determinadas na comunidade estudada no Parque Nacional do Catimbau. Além disso, é analisada a diversidade funcional da comunidade utilizando como variáveis categóricas as síndromes de polinização. A partir disso são feitas comparações destas frequências e diversidade funcional com diversos ecossistemas, sendo apontados os que são mais semelhantes à área de estudo.

O segundo capítulo, intitulado “Distribuição dos recursos florais e diversidade funcional em uma comunidade vegetacional no Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco, Brasil”, aborda a distribuição dos recursos florais disponíveis para os visitantes florais ao longo do período de estudo a partir da análise da fenologia reprodutiva ao longo de dois anos, analisando possível influência da sazonalidade. Além disso, a diversidade funcional do Parque Nacional do Catimbau no período seco e no período chuvoso é comparada.

Ambos os capítulos foram escritos em formato de artigo e serão enviados a periódicos internacionais *Biotropica* e *Flora*, respectivamente.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 ATRIBUTOS FLORAIS E POLINIZAÇÃO

A polinização por insetos provavelmente desencadeou o início da evolução das angiospermas, um processo de coadaptação (LEPPIK, 1957a; PROCTOR *et al.*, 1996; LUNAU, 2004). As diversas variações que ocorrem entre as flores das angiospermas, como tamanho, forma, coloração, cheiro, dentre outras características, são estratégias adaptativas relacionadas à reprodução sexuada e aumento de fluxo gênico, que determinam quais vetores de polinização atuam, sejam eles bióticos, divididos entre os invertebrados (vários grupos de insetos) e os vertebrados (principalmente aves e morcegos), ou abióticos, como a água e o vento. Flores que são polinizadas por animais específicos ou por agentes abióticos apresentam um conjunto de atributos, caracterizando diferentes síndromes, as quais podem ser facilmente reconhecidas (FAEGRI; PIJL, 1979; ENDRESS, 1994; DAFNI *et al.*, 2005).

Estudos sobre biologia da polinização apontam que determinados grupos de animais visitam apenas flores que possuem atributos florais relacionados com o seu sentido visual e/ou olfativo (LEPPIK, 1957A; FAEGRI; PIJL, 1979; ENDRESS, 1994; CHITTKA; RAINE, 2006). A flor oferece o recurso para o polinizador, que associou a recompensa com o *display* floral, ao longo da evolução (preferência inata) e por experiência individual durante sua vida (MENZEL; SHMIDA, 1993). Portanto, os animais polinizadores são atraídos para as flores primeiramente pela cor ou odor das flores, embora o recurso floral seja geralmente um benefício tangível (ENDRESS, 1994; PROCTOR *et al.*, 1996), dependendo do animal polinizador (ROY; RAGUSO, 1997).

Dentre recursos florais, néctar e pólen são os mais abundantes nos ecossistemas tropicais (SILBERBAUER-GOTTSBERGER; GOTTSBERGER, 1988; RAMÍREZ *et al.*, 1990; MACHADO; LOPES 2003, 2004, QUIRINO; MACHADO, no prelo; ARAÚJO *et al.* 2009), sendo utilizados na alimentação por muitos grupos de polinizadores, tanto as formas adultas quanto as larvas, (FAEGRI; PIJL, 1979; ENDRESS, 1994). Outros recursos, como óleo e resina são menos abundantes e muitas vezes ausentes (SILBERBAUER-GOTTSBERGER; GOTTSBERGER, 1988; RAMÍREZ *et al.*, 1990; MACHADO, 2004; MACHADO; LOPES, 2003, 2004; QUIRINO; MACHADO, no prelo). Essa baixa proporção de espécies que produzem estes recursos pode estar relacionado ao fato de que são produzidos por um número restrito de famílias, como o óleo, que, no Brasil, é produzido exclusivamente por espécies de quatro famílias (Iridaceae, Krameriaceae, Malpighiaceae e Scrophulariaceae) (MACHADO, 2004) e apenas grupos específicos de abelhas (Melittinae (Melittidae),

Centridini, Tapinostapidini e Tetrapediini (Apidae) coletam estes recursos, devido à necessidade modificações nas pernas ou esterno para a coleta, manipulação e transporte do óleo (ALVES-DOS-SANTOS *et al.* 2007). A resina é ainda mais restrita, sendo produzida por apenas dois gêneros não relacionados, *Dalechampia* (Euphorbiaceae) e *Clusia* (Clusiaceae), segundo Armbruster (1984).

A morfologia floral aumenta a especificidade do sistema de polinização e a transferência de pólen (RAMÍREZ, 1992), visto que alguns animais polinizadores, como abelhas, borboletas e moscas são capazes de distinguir números (LEPPIK, 1953) e formas geométricas (WEHNER, 1972). Portanto, a classificação das flores em diferentes tipos morfológicos é uma tentativa de explicar sua evolução com o desenvolvimento sensorial dos insetos polinizadores (LEPPIK, 1957b).

Primeiramente, as flores foram classificadas com relação à simetria, actinomorfas ou radiais e zigomorfas ou bilaterais por Leppik (1957). Segundo Neal *et al.* (1998), a simetria actinomorfa predomina na maioria dos ecossistemas visto que este tipo de simetria ocorre em 63,75% das famílias de Angiospermas. A simetria zigomorfa se originou da simetria actinomorfa, mediada pela polinização por abelhas, ao menos nos estágios iniciais (ENDRESS, 2001). Neal *et al.* (1998) afirmam que a simetria zigomorfa está associada às síndromes de melitofilia (abelhas) e ornitofilia (aves), como observado em Caatinga (MACHADO; LOPES, 2003, 2004).

Outra classificação com relação à morfologia das unidades de polinização foi realizada por Faegri e Pilj (1979), baseados na posição dos órgãos sexuais em relação ao centro da flor. Elas foram classificadas nos tipos disco, pincel, campânula, estandarte, goela, e tubo. Tipos florais mais abertos, como taça, pincel e campânula apresentam fácil acesso do recurso, permitindo a visita de um amplo espectro de insetos (FAEGRI; PIJL, 1979; ENDRESS, 1994; OLESEN *et al.*, 2007). Já os tipos Estandarte, goela e tubo restringem o acesso ao recurso à determinados animais polinizadores (FAEGRI; PIJL, 1979; ENDRESS, 1994).

## 2.2 SÍNDROMES DE POLINIZAÇÃO

As síndromes de polinização são usadas para organizar a enorme diversidade fenotípica das flores, fornecer uma explicação mecanicista para a diversidade floral e inferir os vetores de pólen de plantas em que não foi realizada observação direta dos polinizadores (OLLERTON *et al.*, 2009). Faegri e Pijl (1979) descreveram as diferentes síndromes de polinização por animais, como cantarofilia (besouros), miofilia (moscas), sapromiiofilia

(moscas varejeiras), melitofilia (abelhas), psicofilia (borboleta), falenofilia (mariposa), esfingofilia (esfingídeo), ornitofilia (aves) e quiropterofilia (morcegos), e síndromes abióticas, como a anemofilia (vento) e hidrofília (água).

Dentre as síndromes de polinização a melitofilia se destaca, sendo a mais frequente tanto em ecossistemas secos quanto nos úmidos, como em Caatinga (QUIRINO; MACHADO, no prelo), Campos rupestres (JACOBI; CARMO 2011), Cerrado (REIS *et al.* no prelo), Savana (RAMÍREZ, 2004), Restinga (ORMOND *et al.* 1993), Floresta Estacional Semidecídica (KINOSHITA *et al.* 2006), Floresta Estacional Semidecídica Montana (YAMAMOTO *et al.* 2007), Floresta Atlântica (ARAÚJO *et al.* 2009) e na Floresta Tropical em Costa Rica (BAWA *et al.* 1985). As abelhas são o grupo de insetos melhor adaptado a polinização que qualquer outro, apresentando um conjunto amplo de comportamentos, que vão desde abelhas solitárias até níveis mais complexos, como abelhas produtoras de mel e outras abelhas sociais (FAEGRI; PIJL, 1979; JONES; JONES, 2001).

Estudos em que a síndrome de polinização de uma determinada espécie ou pequenos clados são frequentes (OLLERTON *et al.*, 2009). Contudo, poucas comunidades tiveram as síndromes de polinização analisadas, como encontrado em alguns ecossistemas brasileiros, tais como Caatinga (MACHADO; LOPES, 2003; QUIRINO; MACHADO, no prelo), Floresta Atlântica (ARAÚJO *et al.*, 2009), Cerrado (REIS *et al.*, 2009), Floresta Atlântica (ARAÚJO *et al.*, 2009), Floresta Estacional Semidecídica (KINOSHITA *et al.* 2006 ) e Floresta Estacional Semidecídica Montana (YAMAMOTO *et al.*, 2007), Campo rupestre (CONCEIÇÃO *et al.*, 2007; JACOBI; CARMO, 2011), havendo, portanto, muitos ecossistemas que as síndromes de polinização foram determinadas.

Alguns autores questionam a validade das síndromes de polinização, afirmando que os sistemas de polinização são comumente generalistas (WASER *et al.*, 1996; OLLERTON, 1996; OLLERTON *et al.*, 2009). Segundo Ollerton *et al.* (2009), na maioria dos estudos as síndromes de polinização não são testadas, e, por isso, os mesmos autores (OLLERTON *et al.*, 2009) determinaram as síndromes de polinização de cinco ecossistemas diferentes e testaram se eles realmente podem prever os animais polinizadores. Em todos os locais de estudo de Ollerton *et al.* (2009) encontraram uma grande quantidade de espécies com modo de polinização generalista. Isto pode ter ocorrido devido terem encontrado alta frequência das síndromes de miiofilia e por vespas, que segundo Faegri e Pijl (1979) possibilitam a visita de diversos insetos. Deste modo, esses autores podem estar equivocados ao afirmar que este é um teste global das síndromes de polinização, concluindo que a maioria das plantas produz

flores generalistas e que os atributos analisados dentro de cada síndrome são falhos na predição dos animais polinizadores.

Fenster *et al.* (2004) demonstram em sua revisão que a especialização evolutiva explica muito da grande diversidade das flores, estando relacionada às pressões seletivas que grupos funcionais de polinizadores exercem e defendem o estudo das características relacionadas às síndromes de polinização e diversificação floral nas Angiospermas. Ramalho e Batista (2005) afirmam que para categorizar funcionalmente melhor as relações entre plantas e polinizadores, que pode ser muitas vezes difusa e ecologicamente oportunistas, é necessário análises mais detalhadas de sua frequência no tempo e espaço e dos efeitos sobre o sistema reprodutivo, analisando-se variáveis como, o comportamento dos visitantes florais, padrão de floração e estratégias reprodutivas das plantas.

### 2.3 SISTEMA SEXUAL

As angiospermas podem apresentar dois tipos de sistema sexual, o homóico, no qual as espécies possuem apenas flores bissexuais; ou heteróico, no qual as espécies apresentam flores unissexuais e, algumas vezes também bissexuais, em um mesmo indivíduo ou em indivíduos diferentes (CRUDEN; LLOYD, 1995). As espécies homóicas, bissexuais, ou hermafroditas representam 72% das angiospermas (CRUDEN; LLOYD, 1995; RICHARDS, 1997). Esta condição predomina na maioria das ordens, incluindo aquelas que parecem menos derivadas ou mais próximas de seu ancestral (RICHARDS, 1997). Em todos os ecossistemas tropicais em que os sistemas sexuais de uma comunidade são analisados, o sistema sexual hermafrodita é predominante (MACHADO *et al.*, 2006), tais como na caatinga (MACHADO; LOPES, 2003; 2004; MACHADO *et al.*, 2006; LEITE; MACHADO, 2010; QUIRINO; MACHADO, no prelo), Mata Atlântica (GIRÃO *et al.*, 2007, ARAÚJO *et al.*, 2009) e Florestas de Dipterocarpaceae (MOMOSE *et al.*, 1998).

A heteroicicia está presente nos 28% restantes das angiospermas e está representada por espécies monóicas (incluindo andromonóicas, ginomonóicas e trimonóicas), dióicas (androdióicas e ginodióicas) e trióicas. Esses sistemas sexuais têm distribuição escassa e são raramente predominantes dentro de uma família ou ordem, indicando que são de origens relativamente recente e evolutivamente instáveis (RICHARDS, 1997).

## 2.4 DIVERSIDADE FUNCIONAL

As medidas tradicionais de diversidade levam em conta apenas o número de espécies e suas contribuições relativas, mostrando estimativas pouco preditivas da estrutura e do funcionamento das comunidades (CIANCIARUSO *et al.*, 2009). De acordo com Tilman (2001) e Cianciaruso *et al.* (2009) medidas de diversidade que incorporam informações sobre as características funcionais das espécies são melhores do que as medidas tradicionais, podendo-se a partir delas entender as conseqüências da alteração da diversidade no ecossistema (TILMAN, 2001; HILLEBRAND; MATTHIESSEN, 2009).

Pla *et al.* (2012) afirmam que a abordagem funcional permite simplificar a complexidade florística e os efeitos de vegetação para compreender as respostas, em termos de principais processos ecológicos. Esta abordagem funcional transcende a análise descritiva, permitindo a comparação entre as comunidades e entre as propriedades da comunidade e variáveis ambientais (PLA *et al.*, 2012). Para as medidas de diversidade funcional as espécies são agrupadas de acordo com algum método de classificação, de maneira que espécies dentro de um mesmo grupo sejam mais similares entre si do que com espécies de grupos diferentes, independente da filogenia (LEPS *et al.*, 2006; CIANCIARUSO *et al.*, 2009), tais como as síndromes de polinização.

Entre os poucos trabalhos que abordam diversidade funcional relacionado aos atributos florais e reprodutivos das plantas pode-se citar os trabalhos realizados por Mayfield *et al.* (2006), Girão *et al.* (2007) e Lopes *et al.* (2009). Todos estes estudos foram realizados em florestas úmidas, não havendo qualquer trabalho com este foco em áreas secas, como no semiárido brasileiro, onde se encontra o Parque Nacional do Catimbau, que segundo Gomes *et al.* (2006) apresenta padrão vegetacional bastante complexo, com flora e fisionomia distintas da formação vegetacional circundante, a Caatinga. Portanto, uma análise ecológica, como a medida da diversidade funcional desses ecossistemas, permitirá, segundo Rodal *et al.* (1998), juntamente com os dados florísticos, realizar uma classificação mais refinada de tais sistemas ecológicos

## 2.5 FENOLOGIA X DISTRIBUIÇÃO SAZONAL DE RECURSOS

Interações entre grupos funcionais de organismos no ecossistema indicam que a composição em cada grupo e sua estrutura e atributos funcionais devem ser analisados ao longo do tempo, assim como no espaço, permitindo analisar possível influência da

sazonalidade (LIETH, 1974). Segundo Newstrom *et al.* (1994) o tempo de floração pode agir como um mecanismo isolador na especiação de plantas, enquanto que o tempo do polinizador e a atividade dispersora limitam o alcance das espécies de plantas.

A importância ecológica das diferenças fenológicas entre plantas de uma comunidade é tornar possível a partilha eficaz e frequente por numerosas espécies de plantas de um recurso de polinizador limitado, além de suprir os polinizadores de forma que eles não precisem se deslocar para longe, permanecendo na comunidade (GENTRY, 1974; LIETH, 1974; QUIRINO, 2006). Evolutivamente, o tempo de floração das espécies pode ter sido definido de maneira que evitasse a competição por polinizadores (LIETH, 1974). De acordo com o mesmo autor (LIETH, 1974) padrões periódicos de plantas refletem a distribuição anual de tipos específicos de recursos alimentares disponíveis, tais como néctar e pólen, estando, portanto, relacionado com o grupo de animais que podem estar ativos em certa época do ano. Desta forma, a partir da análise minuciosa dos dados de periodicidade de floração é possível entender como o padrão de floração de grupos funcionais de flores pode influenciar o comportamento dos polinizadores e vice-versa (LIETH, 1974).

Portanto, em nível de comunidades, estudos de polinização são importantes para comparar diferentes ecossistemas, assim como para entender como ocorre a partilha e competição por recursos, no espaço e no tempo, e seus efeitos sobre a estrutura e dinâmica da comunidade (MACHADO; Lopes, 2004; KINOSHITA *et al.*, 2006).

## 2.6 REFERÊNCIAS

ALVES-DOS-SANTOS, I.; MACHADO, I. C.; GAGLIANONE, M. C. 2007. História natural das abelhas coletoras de óleo. **Oecologia Brasiliensis**, v.11, p. 544-557, 2007.

ARAÚJO, J.L.O.; QUIRINO, Z.G.M.; GADELHA NETO, P.C.; ARAÚJO, A.C. Síndromes de polinização ocorrentes em uma área de Mata Atlântica, Paraíba, Brasil. **Biotemas**, v. 22, p. 83-94, 2009.

ARMBRUSTER, W. S. 1984. The role of resin in Angiosperm pollination: ecological and chemical considerations. **American Journal of Botany**, v. 71, p. 1149-1160, 1984.

BAWA, K. S.; BULLOCK, S. H.; PERRY, D. R.; COVILLE, R. E.; GRAYUM, M. H. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. **American Journal of Botany**, v. 72, p. 346–356, 1985.

CHITTKA, L.; RAINE, N.E. Recognition of flowers by pollinators. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 9, p. 428-435, 2006.

CIANCIARUSO, M.V.; SILVA, I.A.; BATALHA, M.A. 2009. Phylogenetic and functional diversities: new approaches to community ecology. **Biota Neotropica**, v. 9, p. 93-103, 2009.

CONCEIÇÃO, A.A.; FUNCH, L.S.; PIRANI, J.R. Reproductive phenology, pollination and seed dispersal syndromes on sandstone outcrop vegetation in the “Chapada Diamantina”, northeastern Brazil: population and community analyses. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, p. 475-485, 2007.

CRUDEN, R.W.; LLOYD, R.M. Embryophytes have equivalent sexual phenotypes and breeding systems: Why not a common terminology to describe them? **American Journal of Botany**, v. 82, p. 816- 825, 1995.

DAFNI, A.; KEVAN, P.G.; HUSBAND, B.C. **Practical pollination Biology**. Ontario: Editora Enviroquest L.T.D, 2005.

ENDRESS, P.K. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

ENDRESS, P. Evolution of floral symmetry. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 4, p. 86-91, 2001.

FAEGRI, K.; PIJL, L.VAN DER. **The principles of pollination ecology**. 3. ed. London: Pergamon Press, 1979.

FENSTER, C.B.; ARMBRUSTER, W.S.; WILSON, P. DUDASH, M.R. & THOMPSON, J.D. Pollination syndromes and floral specialization. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 35, p. 375-493, 2004.

GENTRY, A.H. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica**, v. 6, p. 64-68, 1974.

GIRÃO, L.C.; LOPES, A.V.L.; TABARELLI, M.; BRUNA, E.M. Changes in tree reproductive traits reduce functional diversity in a fragmented Atlantic Forest landscape. **Plos one**, v. 9, p. 1-12, 2007.

GOMES, A.P.S.; RODAL, M.J.N.; MELO, A.L. Florística e fitogeografia da vegetação arbustiva subcaducifólia da Chapada de São José, Buíque, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 37-48, 2006.

HILLEBRAND, H.; MATTIESSEN, B. Biodiversity in a complex world: consolidation and progress in functional biodiversity research. **Ecology letters**, v. 12, p. 1405-1419, 2009.  
Jacobi, C.M.; Carmo, F.F. Life-forms, pollination and seed dispersal syndromes in plant communities on ironstone outcrops, SE Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, p. 395-412, 2001.

JONES, G.D.; JONES, S.D. The uses of pollen and its implication for entomology. **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 341-350, 2001.

KINOSHITA, L.S.; TORRES, R.B.; FORNI-MARTINS, E. R.; SPINELLI, T.; AHN, Y.J.; CONSTÂNCIO, S.S. Composição florística e síndromes de polinização e dispersão da mata do Sítio São Francisco, Campinas, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 313-327, 2006.

LEITE, A.V.L.; MACHADO, I.C. Reproductive biology of woody species in Caatinga, a dry forest of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p. 1374-1380, 2010.

LEPPIK, E. The ability of insects to distinguish number. **The American Naturalist**, v. 87, p. 229-236, 1953.

LEPPIK, E.E. Evolutionary relationship between entomophilous plants and anthophilous insects. **Evolution**, v. 11, p. 466-481, 1957a.

Leppik, E.E. A new system for classification of flower types. **Taxon**, v. 6, p. 64-67, 1957b.

LEPS, J.; BELLO, F.; LAVOREL, S.; BERMAN, S. Quantifying and interpreting functional diversity of natural communities: practical considerations matter. **Preslia**, v. 78, p. 481-501, 2006.

LIETH, H. Purpose of a phenology book. Pp.3-19. *In*: LIETH, H. (Ed.). **Phenology and seasonality modeling**. Berlin: Springer, 1974.

LOPES, A.V.; GIRÃO, L.C.; SANTOS, B.A.; PERES, C.A.; TABARELLI, M. Long-term erosion of tree reproductive trait diversity in edge-dominated Atlantic forest fragments. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1154-1165, 2009.

LUNAU, K. Adaptive radiation and coevolution - pollination biology case studies. **Organisms, Diversity & Evolution**, v. 4, p. 207–224, 2004.

MACHADO, I.C.; LOPES, A.V. Recursos florais e sistemas de polinização e sexuais em Caatinga. p. 515-563. *In*: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Ed.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2003.

MACHADO, I.C. Oil-collecting bees and related plants: a review of the studies in the last twenty years and case histories of plants occurring in Ne Brazil. p. 255-280. *In*: FREITAS, B.M.; PEREIRA, J.O.P. (Ed.). **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2004.

MACHADO, I.C.; LOPES, A.V. Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. **Annals of Botany**, v. 94, p. 365-376, 2004.

MACHADO, I.C., LOPES, A.V.; SAZIMA, M. Plant sexual systems and a review of the breeding system studies in the Caatinga, a Brazilian tropical dry Forest. **Annals of Botany**, v. 97, p. 277–287, 2006.

MAYFIELD, M.M.; ACKERLY, D.; DAILY, G.C. The diversity and conservation of plant reproductive and dispersal functional traits in human-dominated tropical landscapes. **Journal of Ecology**, v. 94, p. 522-536, 2006.

MENZEL, R.; SHMIDA, A. The ecology of flower colours and the natural colour vision of insect pollinators: the Israeli flora as a study case. **Biological Reviews**, v. 68, p. 81-120, 1993.

MOMOSE, K.; YOMUTO, T.; NAGAMITSU, T.; KATO, M; NAGAMASU, H.; SAKAL, S.; HARRISON, R.D.; ITIOKA, T.; HAMID, A.A.; INOUE, T. Pollination biology in a lowland dipterocarp forest in Sarawak, Malaysia. I. Characteristics of the plant-pollinator community in a lowland dipterocarp forest. **American Journal of Botany**, v. 85, p. 1477–1501, 1998.

Neal, P.R.; Dafni, A.; Giurfa, M. Floral symmetry and its role in plant-pollinator systems: terminology, distribution, and hypotheses. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 29, p. 345–73, 1998.

NEWSTROM L.E, FRANKIE G.W; BAKER H.G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, v. 26, p. 141-159, 1994.

OLESEN, J.M.; DUPONT, Y.L.; EHLERS, B.K.; HANSEN, D.M. The openness of a flower and its number of flower-visitor species. **Taxon**, v. 56, p. 729-736, 2007.

OLLERTON, J. Reconciling ecological processes with phylogenetic patterns: the apparent paradox of plant–pollinator systems. **Journal of Ecology**, v. 84, p. 767–769, 1996.

Ollerton, J.; Alarcon, R.; Waser, M.N.; Price, M.V.; Watts, S.; Cranmer, L.; Hingston, A.; Peter, C.I.; Rotenberry, J. A global test of the pollination syndrome hypothesis. **Annals of Botany**, v. 103, p. 1471–1480, 2009.

Ormond, W.T.; Pinheiro, M.C.B.; Lima, H.A.; Correia, M.C.R.; Pimenta, M.L. Estudo das recompensas florais das plantas da restinga de Maricá – Itaipuaçu, RJ. I – Nectaríferas. **Bradea**, v. 6, p. 179–195, 1993.

PLA, L.; CASANOVES, F.; RIENZO, J.D. **Quantifying functional biodiversity**. Berlin: Springer, 2012.

PROCTOR, M.; YEO, P.; LACK, A. **The natural history of pollination**. London, Harper Collins Publishers, 1996.

QUIRINO, Z.G.M. **Fenologia, Síndromes de polinização e dispersão e recursos florais de uma comunidade de caatinga no Cariri paraibano**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, 2006.

QUIRINO, Z.G.M.; MACHADO, I.C. Pollination syndromes in a Caatinga plant community in northeastern Brazil: seasonal availability of floral resources in different plant growth habits. **Brazilian Journal of Biology**, no prelo.

RAMALHO, M.; BATISTA, M.A. (2005). Polinização na Mata Atlântica: Perspectiva Ecológica da fragmentação. p. 93-141. *In*: FRANKE, C.R.; ROCHA, P.L.B.; KLEIN, W.; GOMES, S.L. (Eds.). **Mata Atlântica e Biodiversidade**. Salvador: Edufba.

RAMÍREZ, N.; GIL, C.; HOKCHE, O.; SERES, A.; BRITO, Y. Biología floral de una comunidad arbustiva tropical en la Guayana Venezolana. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 77, p. 383–397, 1990.

RAMÍREZ, N. Especificidad de los sistemas de polinización en una comunidad arbustiva de La Guayana Venezolana. **Ecotropicos**, v. 5, p. 1-19, 1992.

RAMÍREZ, N. Ecology of pollination in a tropical Venezuelan savanna. **Plant Ecology**, v. 173, p. 171–189, 2004.

REIS, S.M.A.; MOHR, A.; GOMES, L.; SILVA, A.C.S.; ABREU, M.F.; LENZA, E. Síndromes de polinização e dispersão de espécies lenhosas em um fragmento de Cerrado sentido restrito na transição Cerrado - Floresta Amazônica. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, no prelo.

RICHARDS, A.J. **Plant breeding systems**. London: George Allen & Unwin Ltd, 1997.

Roy, B.A.; Raguso, R.A. Olfactory versus visual cues in a floral mimicry system. **Oecologia**, v. 109, p. 414-426, 1997.

RODAL, M.J.N.; ANDRADE, K.V.A.; SALES, M.F.; GOMES, A.P.F. Fitossociologia do Componente Lenhoso de um Refúgio Vegetal no Município de Buíque, Pernambuco. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 58, p. 517-526, 1998.

SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. & GOTTSBERGER, G. A polinização de plantas do Cerrado. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 48, p. 651–663, 1988.

TILMAN, D. Functional diversity. p. 109-120. *In*: LEVIN, S.A. (Ed.). **Encyclopedia of biodiversity**. San Diego: Academic Press, 2001.

WEHNER, R. Dorsoventral asymmetry in the visual Field of the bee, *Apis mellifica*. **Journal of Comparative Physiology**, v. 77, p. 256-277, 1972.

YAMAMOTO, L.F., KINOSHITA, L.S.; MARTINS, F.R. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, p. 553-573, 2007.

WASER, N.M., CHITTKA, L., PRICE, M.V., WILLIAMS, N.M.; OLLERTON, J. Generalization in pollination systems, and why it matters. **Ecology**, v. 77, p. 1043-1060, 1996.

### **3. CAPÍTULO 1. MANUSCRITO À SER ENVIADO AO PERIÓDICO BIOTROPICA**

Atributos florais, síndromes de polinização e diversidade funcional de uma comunidade vegetacional mista de Caatinga e campo rupestre: uma análise comparativa entre diferentes ecossistemas

Ana Carolina Galindo Costa<sup>1</sup>, Tarcila de Lima Nadia<sup>2</sup>, Isabel Cristina Machado<sup>1\*</sup>

1. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil
2. Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil

\*Autor para correspondência: imachado@ufpe.br

## RESUMO

Os atributos das flores evoluíram em resposta às características dos polinizadores, que em conjunto definem as síndromes de polinização. A partir dessas síndromes é possível medir a diversidade funcional, que reflete o funcionamento das comunidades. Portanto, este estudo objetivou analisar os atributos florais, as síndromes de polinização e diversidade funcional em uma comunidade vegetacional no Parque Nacional do Catimbau, comparando-a com outros ecossistemas. Foram analisados os atributos florais, sistemas sexuais e determinadas as síndromes de polinização de cada espécie, feitas observações dos polinizadores em campo, para confirmação das síndromes e foram medidas a riqueza funcional, a equabilidade e a diversidade funcional a partir dos índices de Shannon-Wiener e Simpson. As frequências dos atributos florais foram semelhantes às encontradas em diversos ecossistemas tropicais, havendo alta frequência de flores do tipo tubo (28.09%), com simetria actinomorfa (70.78%), cor esverdeada (29.22) e lilás/violeta (21.35%), tamanho pequeno (40.45%), unidade de polinização individual (73.84%), néctar como recurso (79.78%), sistema sexual hermafrodita (84,27%). A melitofilia foi a síndrome de polinização mais frequente (39.32%), porém com proporção menor que a encontrada em outros ecossistemas tropicais. Outra síndrome bastante frequente foi a generalista (21.35%), e a proporção das demais síndromes foi similar, havendo maior equabilidade em comparação aos outros ecossistemas. Mais de 90% do total das espécies, em que foi possível obter dados sobre os polinizadores, tiveram confirmação de que o principal polinizador corresponde ao predito pela síndrome de polinização. O local de estudo apresentou a alta riqueza, alta equabilidade e alta diversidade funcional, sendo funcionalmente mais semelhante ao Cerrado. A alta diversidade funcional permite a manutenção uma grande diversidade de polinizadores, sendo necessária a preservação destas áreas para manutenção dos processos ecossistêmicos.

Palavras-chave: Atributos florais; Caatinga; Diversidade Funcional; semiárido brasileiro; síndromes de polinização

## INTRODUÇÃO

A INTERAÇÃO ENTRE AS FLORES DAS ANGIOSPERMAS E POLINIZADORES É UM PROCESSO de coadaptação, no qual as flores evoluíram em resposta às características dos polinizadores aumentando a eficiência da transferência de pólen entre os indivíduos (Proctor *et al.* 1996, Lunau 2004). Atributos como forma, cor, tamanho e odor são parâmetros florais que influenciam na relação planta/polinizador e no sucesso reprodutivo da planta (Faegri & Pijl, 1979, Endress 1994, Proctor *et al.* 1996). A morfologia floral pode excluir alguns visitantes e atrair polinizadores efetivos devido à relação interdependente entre o tamanho das flores e o dos polinizadores (Faegri & Pijl 1979, Machado & Lopes 2003).

Faegri e Pijl (1979) afirmam que, na polinização biótica, é estabelecida uma relação entre o agente de polinização ou vetor de pólen e a flor a ser polinizada, por meio de algum tipo de mecanismo natural de atração, como néctar, pólen, óleo, odor, coloração, entre outros. Cada grupo de animais visitantes de flores está associado com um conjunto de características florais relacionado com o sentido visual e/ou olfativo daquele tipo de animal (Leppik 1957, Faegri & Pijl 1979, Endress 1994, Proctor *et al.* 1996).

Flores que são polinizadas por animais (flores zoófilas) ou por agentes abióticos (anemófilas ou hidrófilas) apresentam um conjunto de atributos, caracterizando diferentes síndromes, tais como, cantarofilia (besouros), miofilia e sapromiiofilia (moscas), melitofilia (abelhas), psicofilia (borboletas), falenofilia (mariposas), esfingofilia (esfingídeos), ornitofilia (pássaros, em especial, beija-flores), quiropterofilia (morcegos), anemofilia (vento) e hidrofília (água) (Faegri & Pijl 1979, Endress 1994, Proctor *et al.* 1996). Mesmo passível de erros (Machado & Lopes 2004), o estudo das síndromes de polinização é ainda um forte instrumento de predição para estudos de comunidades e de espécies cuja biologia da polinização é desconhecida (Faegri & Pijl 1979, Endress 1994).

O estudo da diversidade de atributos, recursos florais e síndromes de polinização em uma comunidade auxiliam no entendimento da dinâmica dos ecossistemas, e dão suporte aos planos de manejo e conservação (Pauw 2006). Além disso, a caracterização de uma comunidade a partir destes atributos nos permite medir a diversidade funcional, que pode refletir o funcionamento das comunidades, e os possíveis efeitos da perda desta diversidade para processos ecossistêmicos (Tilman 2001, Girão *et al.* 2007, Cianciaruso *et al.* 2010).

Embora existam estudos de síntese abordando os atributos florais, sistemas sexuais e síndromes de polinização na Caatinga (Machado & Lopes, 2003, 2004; Quirino & Machado, no prelo), falta uma análise da diversidade funcional, cujas pesquisas têm se concentrado em

áreas mais úmidas (Mayfield *et al.* 2006, Girão *et al.* 2007, Lopes *et al.* 2009). Portanto, devido a estas análises serem essenciais para melhor compreensão das relações planta/polinizador e dos processos ecossistêmicos, este estudo objetivou analisar uma comunidade vegetacional no Parque Nacional do Catimbau, que apresenta padrão vegetacional complexo (Gomes *et al.* 2006), com flora e fisionomia distintas da caatinga circundante, comparando com a diversidade funcional de outros ecossistemas.

Deste modo, espera-se que este estudo seja um ponto de partida para estudos da diversidade funcional no semiárido, que é bastante heterogêneo tanto do ponto de vista fisionômico, como de composição florística, condições estacionais e atividades humanas (Alves 2007). Além disso, espera-se contribuir para o conhecimento das áreas sedimentares, que apresentam classificação frágil do ponto de vista vegetacional, sendo necessária investigação dos processos ecológicos que permitirá, juntamente com os dados florísticos, realizar uma classificação mais refinada de tais sistemas ecológicos (Andrade *et al.* 2004).

## MÉTODOS

LOCAL DE ESTUDO – O presente estudo foi realizado no período de fevereiro de 2011 a janeiro de 2013 no Parque Nacional do Catimbau, Buíque, agreste de Pernambuco, Nordeste do Brasil. O Parque Nacional do Catimbau apresenta altitude média de 798 m, a precipitação anual é de 1098 mm, com o período chuvoso entre janeiro e junho, sendo os maiores índices de chuva registrados entre abril e junho; e a temperatura média anual é de 25°C (CPTEC/INPE 2011).

Mais especificamente, este estudo foi desenvolvido na Chapada São José, localmente chamada de “Serrinha” (08°31’S 37°13’O, Alt.: 904.5 m), apresentando uma área de cerca de 3 ha. A chapada de São José é formada por rocha sedimentar e apresenta condição climática peculiar, onde o relevo cria uma barreira às massas de ar, que acabam depositando umidade nas vertentes a barlavento, grotões e vale (Andrade *et al.* 2004). Embora inserida no semiárido, a chapada apresenta vegetação que difere da encontrada em outras áreas de caatinga em geral, tanto em fisionomia quanto em florística (Andrade *et al.* 2004, Gomes *et al.* 2006). De acordo com Rodal *et al.* (1998), o biótopo nas partes mais elevadas do Parque Nacional do Catimbau (900 a 1000 m de altitude), onde a “Serrinha” se encontra (cerca de 900 m de altitude), apresenta composição semelhante a de campo rupestre, com vegetação em moitas, ora herbácea ora arbustiva perenifólia não-espinhosa.

A vegetação encontrada no local de estudo era composta principalmente de pequenos arbustos (61.80%), havendo, porém poucas ervas (14.60%), lianas (11.24%), árvores (8.99%), hemiparasitas (2.25%) e epífitas (1.12%), apresentando semelhanças fisionômicas com a Caatinga, onde também predomina o hábito arbustivo (Machado *et al.* 2006), sendo, contudo, perenifólia. E diferiu dos campos rupestres, onde 37% de todas as espécies são herbáceas (Jacobi & Carmo 2011). Durante o período de estudo, a estação chuvosa ocorreu de fevereiro a julho durante o ano de 2011. Contudo, 2012 foi um ano atípico, de seca, havendo maior precipitação apenas nos meses de janeiro e julho (Fig.1).

ATRIBUTOS FLORAIS, SISTEMAS SEXUAIS E SÍNDROMES DE POLINIZAÇÃO - Para a análise dos atributos florais, sistema sexual e síndromes de polinização o método de coleta dos dados foi através de caminhadas mensais em toda a área de estudo. Foram, no total analisadas 89 espécies no local de estudo, sendo para cada uma delas classificadas quanto os seguintes atributos florais: tipo de flor, simetria, cor, tamanho, unidade de polinização, recurso floral, horário de antese, deiscência da antera.

Os tipos florais (“classes estruturais”) foram classificados tomando como base Faegri e Pijl (1979), modificado por Machado e Lopes (2003, 2004). Oito tipos florais foram considerados: (1) tubo, (2) goela, (3) taça (disco), (4) pincel, (5) estandarte, (6) campânula, (7) câmara ou (8) inconspícuo (atribuído a flores muito pequenas: até 4 mm). A simetria das flores foi analisada, sendo classificadas como (1) actinomorfa, (2) zigomorfa ou (3) assimétrica.

As flores foram enquadradas ainda, em sete categorias de cores seguindo Machado e Lopes (2003, 2004), sendo, entretanto, incluída uma oitava categoria (marrom). Foi considerada a cor predominante mais conspícua: (1) branca, (2) vermelha, (3) esverdeada (incluindo bege e creme), (4) amarela, (5) laranja, (6) lilás/violeta (incluindo azul), (7) rosa (claro e magenta) ou (8) marrom. Para classificar as flores quanto ao tamanho foram tomadas medidas do comprimento e diâmetro sendo considerada a medida de maior valor para a classificação. Foram medidas cerca de 10 flores por espécie, as quais foram classificadas como: (1) pequenas:  $\leq 10$  mm; (2) médias:  $> 10 \leq 20$  mm; (3) grandes:  $> 20 \leq 30$  mm ou (4) muito grande: medindo mais de 30 mm.

As unidades de polinização e a organização das flores e inflorescências foram caracterizadas segundo Ramirez *et al.* (1990) como: (1) individual, quando cada flor é visitada individualmente, (2) coletivista, quando as visitas são realizadas à inflorescência como um todo e os visitantes contatam ao mesmo tempo mais de uma flor ou (3) intermediária, quando

as visitas são individuais ou coletivas, de acordo com do tamanho e comportamento do visitante/polinizador. Cinco classes de recursos florais foram consideradas: (1) pólen, (2) néctar, (3) óleo, (4) resina ou (5) indeterminado. Para cada classe (exceto a última) apenas o recurso principal foi considerado (Machado & Lopes 2003, 2004).

Foram também determinados: horário de antese, (1) Diurno ou (2) Noturno e a deiscência da antera, (1) rimosa, (2) poricida e (3) valvar. A partir de todos esses atributos foram determinadas as síndromes de polinização de cada espécie utilizando como base a classificação de Faegri e Pijl (1979). A síndrome de polinização generalista foi considerada para espécies que não se enquadravam em nenhuma síndrome específica, sendo estas espécies polinizadas por diversos pequenos insetos.

A sexualidade das flores foi determinada no campo a partir da expressão morfológica, sem considerar a funcionalidade. As espécies foram classificadas como hermafroditas, monóicas, andromonóicas ou dióicas, sendo determinada a proporção de cada sistema sexual (Machado & Lopes 2003, 2004).

VISITANTES FLORAIS – Foi registrado em campo o principal polinizador de 46 espécies das 89 ocorrentes na área de estudo. Para cada espécie foi realizada cerca de 6 horas de observações, totalizando 270 horas. Os polinizadores e visitantes florais foram identificados em campo apenas a nível de ordem. Foi considerado o principal polinizador aquele que, além de ser o mais frequente, sempre tocava as estruturas reprodutivas das flores, as anteras e o estigma, e que após visitar um indivíduo de uma espécie se dirigia a outro indivíduo da mesma espécie.

Para as espécies nas quais não foi possível observar o polinizador em campo, foi realizada uma pesquisa nos sites de busca da *Internet* de artigos científicos em que o polinizador destas espécies tenha sido determinado. Os argumentos de busca foram os seguintes: “nome da espécie” + “polinização”; “nome da espécie” + “polinizador”; “nome da espécie” + “biologia reprodutiva”; “nome da espécie” + “*pollination*”; “nome da espécie + “*pollinator*”; “nome da espécie” + “*reproductive biology*”. Foram encontrados dez artigos com dados sobre os polinizadores para onze espécies (Ehrenfeld 1979, Armbruster & Herzig 1984, Freitas & Paxton 1996, Dunphy *et al.* 2004, Vogel *et al.* 2005, Albuquerque *et al.* 2007, Alvino *et al.* 2007, Rocha *et al.* 2007, Silva *et al.* 2011; Mello *et al.*, 2013). A partir disso, foi possível verificar se o principal polinizador destas espécies corresponde ao predito pela síndrome de polinização.

DIVERSIDADE FUNCIONAL - Para analisar a diversidade funcional, foram medidos o índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), calculado com logaritmo na base 2, e o índice de Simpson ( $1-\lambda$ ). Além disso, foram medidas a riqueza ( $S$ ) e a equabilidade, calculada pelo índice de Pielou ( $J'$ ). Para o cálculo destes índices foi utilizada a variável categórica “síndromes de polinização” como equivalentes a espécies e o número de espécies ( $N_{total}=89$ ) e indivíduos ( $N_{total}= 4989$ ) dentro de cada categoria como abundância (Girão *et al.* 2007). Os índices foram calculados com o auxílio do programa Primer 5.0 (Clarke & Warwick 2001).

Para comparar a comunidade estudada com outros ecossistemas, em relação à diversidade funcional, foram analisados artigos científicos em que as síndromes de polinização foram determinadas, não sendo considerados aqueles que abordavam os sistemas de polinização, nem aqueles que tratavam apenas de alguma família específica em determinado ecossistema. Foram analisados aqueles artigos em que cada espécie foi classificada em sua síndrome específica (por exemplo, melitofilia, psicofilia, cantarofilia, falenofilia, miofilia, ao invés de entomofilia) segundo Faegri e Pijl (1979). Estes artigos foram pesquisados na *Internet* utilizando os seguintes argumentos de busca: “síndromes de polinização”; “síndromes de polinização” + “ecossistemas”; “*pollination syndromes*”; “*pollination syndromes*” + “*ecosystems*”.

Foram selecionados cinco artigos para comparação com ecossistemas brasileiros, como Caatinga, Cerrado, Floresta Atlântica, Floresta Estacional Semidecídica e Floresta Estacional Semidecídica Montana (Kinoshita *et al.* 2006, Yamamoto *et al.* 2007, Araújo *et al.* 2009, Reis *et al.* no prelo, Quirino & Machado no prelo). Além disso, a comunidade estudada também foi comparada com outros seis ecossistemas estudados por Ollerton *et al.* (2009): 1) área de transição Floresta Tropical – Savana (*Rainforest–Savannah interface*), localizada na Guiana; 2) “Mata litorânea Seca” (*Dry Coastal Scrub*) na Bahia de Patanemo, na Venezuela; 3) “Pastagem Montanhosa Úmida” (*Moist Montane Grassland*), localizada na África do Sul; 4) “comunidade de Prado Subalpino” (*Sub-alpine Meadow community*) no Colorado, Estados Unidos; 5) quatro “comunidades de Prados Montanhosos” (*Montane Meadow communities*) nas montanhas de São Bernardino, na Califórnia; e 6) uma “comunidade de altas altitudes” (*high altitude community*) na Cordilheira de Vilcanota, no Peru. O vale desse último local de estudo continha uma mistura de “Mata Montanhosa árida” (*Arid Montane scrub*), “Mata Semi-árida” (*Semi-humid Scrub*), “Floresta Montana” (*Montane Forest*) e “Matas Ciliares” (*Riparian Thickets*) (Ollerton *et al.* 2009, dados suplementares 1). O artigo de Ollerton *et al.* (2009) foi escolhido para comparação por apresentar dados coletados em outros ecossistemas no mundo, que incluem tanto áreas mais úmidas quanto áreas mais secas.

Foram considerados os tipos de clima em cada local de estudo segundo classificação de Köppen (1948). Nos artigos em que esta informação não estava disponível foi feita uma pesquisa na *Internet* sobre estes locais, sendo posteriormente definido o tipo de clima.

Utilizando os dados das síndromes de polinização de cada espécie desses artigos foram calculados os índices, S, J', H' e 1-lambda', como descrito acima. Na maioria dos artigos, as informações sobre o número de indivíduos de cada síndrome no local de estudo não está disponível, sendo utilizados apenas as síndromes e o número de espécies por síndrome para comparação entre os ecossistemas.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS - As frequências dos atributos florais foram analisados e testados através do teste G, utilizando o programa BioEstat 5.0 (Ayres *et al.* 2007). Além disso, o índice de Shannon-Weiner foi comparado entre os diversos ecossistemas através do teste t, adaptado para índice de diversidade (Hutcheson, 1970).

## RESULTADOS

### Atributos florais, sistemas sexuais e síndromes de polinização

Nas 89 espécies encontradas na comunidade estudada foi observada grande diversidade de atributos e recompensas florais, com variações nos tipos, cores, tamanhos e recursos florais (Fig. 2, tabela 1).

Com relação aos tipos florais houve uma proporção semelhante de tipos mais abertos (55.05%), que permitem a visita mais ampla de grupos de polinizadores, como taça, inconspícuo, pincel e campânula, e tipos mais fechados (44.95%), mais especializados, que restringem o espectro de polinizadores que podem acessar o recurso, como tubo, estandarte e goela ( $p > 0.01$ ). Dos sete tipos florais observados, houve predominância de flores do tipo tubo (28.09%), seguido por flores abertas (taça) e inconspícuas (21.35% cada), estandarte (10.11%), goela e pincel (6.74% cada) e campânula (5.62%), havendo diferenças significativas entre as frequências ( $G = 34.64$ ,  $g.l = 6$ ,  $p < 0.01$ ) (Fig. 3A). A maioria das espécies apresentou flores com simetria actinomorfa (70.78%), sendo esta alta frequência significativamente diferente da proporção de flores zigomorfas (23.60%) e assimétricas (5.62%) ( $G = 70.30$ ,  $g.l = 2$ ,  $p < 0.01$ ) (Fig. 3B).

Com relação ao atributo cor foi verificada uma proporção semelhante entre flores vistosas (50,56%) e não vistosas ou de cor clara (49.44%) ( $p > 0.05$ ). Flores esverdeadas foram as mais frequentes entre as espécies estudadas, com 29.22% do total. Ocorreram ainda

no local de estudo flores lilás/violetas (21.35%), amarelas e brancas (17.98% cada), rosas (6.74%), vermelhas (3.37%), marrons (2.24% cada) e laranja (1.12%), com diferenças significativas entre as frequências ( $G= 68.29$ ,  $g.l= 7$ ,  $p< 0.01$ ) (Fig. 3C).

A maioria das flores estudadas foi classificada como pequena (40.45%), seguido de flores muito grandes (26.97%), médias (20.22%) e grandes (12.36%), havendo diferenças significativas na proporção do tamanho das espécies ( $G= 17.02$ ;  $g.l= 3$ ;  $p< 0.01$ ) (Fig. 3D). A principal unidade de polinização encontrada na comunidade estudada foi a individual, em 73.84% das espécies, sendo significativamente diferente da frequência de flores com unidade de polinização intermediária (13.64%) e coletivo (12.52%) ( $G=68.66$ ,  $g.l.=2$ ,  $p<0.01$ ) (Fig. 3E).

O néctar foi o principal recurso floral encontrado, ocorrendo em 79.78% das flores, havendo ainda pólen (14.60%), óleo (4.50%) e resina (1.12%) como recurso no local de estudo, havendo diferenças nas proporções destes recursos ( $G= 147.03$ ,  $g.l.= 3$ ,  $p< 0.01$ ) (Fig. 3F). O sistema sexual predominante foi hermafrodita (84,27%), havendo ainda a ocorrência de monoícia (7,87%), andromonoícia (6,74%), e dioícia (1,12%), ( $G= 161.96$ ,  $g.l.= 3$ ,  $p< 0.01$ ) (Fig. 3G).

A partir da análise de cada um destes atributos foi possível classificar as espécies em suas respectivas síndromes de polinização. Melitofilia foi a síndrome de polinização mais frequente (39.32%), seguida pela síndrome generalista (21.35%), psicofilia (8.99%), ornitofilia (8.99%), quiropterofilia e miofilia (7.87% cada), cantarofilia (3.37%), esfingofilia e anemofilia (1.12% cada), havendo diferenças significativas entre as proporções destas síndromes ( $G= 90.48$ ,  $g.l.= 8$ ,  $p< 0.01$ ) (Fig. 3H, tabela 2).

VISITANTES FLORAIS - Das 46 espécies monitoradas em campo (51.68% do total de espécies estudadas com relação às síndromes) para averiguar o principal polinizador, verificou-se que 42 (91.30%) tiveram sua síndrome de polinização confirmada. Somando as onze espécies tiveram suas síndromes confirmadas a partir de dados literatura, no total, 92.98% das espécies foram polinizadas por animais preditos em suas síndromes (tabela 2).

DIVERSIDADE FUNCIONAL – As espécies da comunidade estudada foram classificadas em nove diferentes síndromes diferentes, sendo esta a riqueza funcional. Considerando o número de espécies ( $N=89$ ) em cada síndrome como a abundância para os cálculos de diversidade funcional, verificou-se que o índice de equabilidade ( $J'$ ) é 0.7941, o índice de Shannon-Wiener ( $H' \log_2$ ) é 2.5173, e o índice de Simpson ( $1-\lambda'$ ) é 0.7786. E, considerando

também o número de indivíduos ( $N=4989$ ) de cada síndrome como a abundância o índice de equabilidade ( $J'$ ) foi de 0.7874, o valor do índice de Shannon-Wiener ( $H' \log_2$ ) foi 2.4961, e o índice de Simpson ( $1-\text{Lambda}'$ ) foi de 0.7960.

Dentre os ecossistemas comparados, os que apresentaram menor riqueza foram quatro estudados por Ollerton *et al.* (2009), a transição Floresta tropical – Savana, a Mata litorânea Seca, a Pastagem Montanhosa Úmida e o Prado Subalpino, com apenas seis síndromes de polinização. A maior riqueza foi encontrada na Floresta Estacional Semidecídua Montana (Yamamoto *et al.* 2007) e no Cerrado (Reis *et al.* no prelo), com nove síndromes representadas (tabela 3).

O ecossistema que apresentou menor equabilidade foi a Floresta Estacional Semidecídua ( $J'=0.4880$ ) estudada por Kinoshita *et al.* (2006) e o que apresentou maior equabilidade foi o ecossistema de transição Floresta Tropical-Savana ( $J'=0.8696$ ). O índice de Shannon-Wiener também foi menor na Floresta Estacional Semidecídua com  $H' \log_2$  igual a 1.3700. Já o ecossistema que apresentou o maior índice de  $H' \log_2$  foi o ecossistema misto de Floresta Árida Montanhosa, Floresta semi-árida e Floresta Montana e Matas Ciliares estudado por Ollerton *et al.* (2009), apresentado valor de 2.2600.

Com relação ao índice de Simpson ( $1-\text{Lambda}'$ ) a Floresta Estacional Semidecídua também apresentou o menor valor, com  $1-\text{lambda}'$  igual a 0.4376. E o que apresentou o maior valor de  $1-\text{lambda}'$  foi o ecossistema de transição Floresta tropical - Savana, com 0.7730 (tabela 3).

A partir da análise estatística para o índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) foi possível verificar que funcionalmente o local de estudo foi semelhante a Cerrado ( $p > 0.05$ ), diferindo de todos os outros ecossistemas comparados, tais como Caatinga ( $t= 2.40$ ,  $g.l.= 78.86$ ,  $p < 0.05$ ), Floresta Atlântica ( $t= 2.09$ ,  $g.l.= 166.52$ ,  $p < 0.05$ ), Floresta Estacional Semidecídua ( $t=5.39$ ,  $g.l.= 178.48$ ,  $p < 0.05$ ), Floresta Estacional Semidecídua Montana ( $t= 3.43$ ,  $g.l.= 223.96$ ,  $p < 0.05$ ), Pastagem Montanhosa Úmida ( $t=1.98$ ,  $g.l.= 156.87$ ,  $p < 0.05$ ), Prado Montanhoso ( $t= 1.94$ ,  $g.l.= 143.42$ ,  $p < 0.05$ ), Prado Subalpino ( $t= 2.24$ ,  $g.l.= 124.46$ ,  $p < 0.05$ ), transição Floresta Tropical – Savana ( $t=1.75$ ,  $g.l.= 154.19$ ,  $p < 0.05$ ), ecossistema de Floresta Árida Montanhosa, Floresta semi-árida. Floresta Montana e Matas Ciliares ( $t=1.68$ ,  $g.l.= 159.74$ ,  $p < 0.05$ ), Mata Litorânea seca ( $t=2.24$ ,  $g.l.= 158.50$ ,  $p < 0.05$ ). Além disso, não houve diferença significativa na diversidade funcional considerando o número de espécies como abundância e considerando o número de indivíduos dentro de cada síndrome ( $p > 0.05$ ).

## DISCUSSÃO

ATRIBUTOS FLORAIS, SISTEMAS SEXUAIS E SÍNDROMES DE POLINIZAÇÃO - As frequências dos atributos florais, sistemas sexuais, síndromes de polinização e/ou sistemas de polinização podem caracterizar determinados ecossistemas, como analisados para Caatinga (Machado & Lopes 2003, 2004; Machado *et al.* 2006; Quirino & Lopes no prelo), Cerrado (Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1988, Oliveira & Gibbs 2000, Reis *et al.* no prelo); Campo Rupestre (Jacobi & Carmo 2011), Restinga (Ormond *et al.* 1993), Floresta Atlântica (Girão *et al.* 2007; Araújo *et al.* 2009), Floresta de Dipterocarpaceae (Momose *et al.* 1998), entre outros ecossistemas.

Os tipos mais frequentes encontrados no local de estudo, tubo e taça, foram também os mais frequentes em Caatinga (Machado & Lopes 2003, 2004; Quirino & Machado no prelo) e Floresta Atlântica (Araújo *et al.* 2009), com exceção do tipo estandarte, que apresentou frequência um pouco mais baixa. Machado e Lopes (2003, 2004) atribuíram a alta frequência de flores estandarte em Caatinga à grande quantidade de espécies de Leguminosae, que compreendeu 20.42% (n=29) das espécies encontradas, característico em Caatinga. No local de estudo, há uma porcentagem menor de espécies de Fabaceae, 16.85% (n=15), e destas, apenas nove apresentaram este tipo floral das espécies pertenciam a esta família.

Diferente do observado no local de estudo, onde houve uma proporção semelhante entre flores abertas e flores mais especializadas, segundo Machado e Lopes (2003, 2004), em Caatinga, há uma alta frequência de flores em que o recurso floral não é facilmente acessado pelo visitante floral, com os tipos florais tubo, goela e estandarte, sendo taça, inconspícuo e pincel, tipos que tornam mais fácil o acesso ao recurso (Faegri & Pijl 1979, Endress 1994). Algumas características florais que definem as síndromes de polinização tais como o tipo floral, podem refletir uma seleção exercida para deter visitas antagonistas, portanto, apenas visitantes florais com morfologia que permita a visita de um determinado tipo floral mais específico podem acessar o recurso (Faegri & Pijl 1979; Fenster *et al.* 2009). Portanto, tipos tubulosos permitem a visita de animais com aparelho bucal também longo, como beija-flores, abelhas, esfingídeos e morcegos e os tipos florais estandarte e goela restringem principalmente as visitas às abelhas. Tipos mais abertos permitem um amplo acesso, estando bastante associado à polinização por diversos pequenos insetos (Faegri & Pijl 1979, Endress 1994, Proctor *et al.* 1996). Assim, a grande diversidade de tipos florais no local de estudo, desde aqueles que permitem acesso mais facilitado aos recursos até aqueles mais restritos, possibilitam a manutenção de diferentes guildas de polinizadores.

A predominância da simetria actinomorfa nesse estudo é similar ao encontrado tanto em ecossistemas secos, como encontrado por Machado e Lopes (2003, 2004) e Quirino e Machado (no prelo) na Caatinga e por Ramirez *et al.* (1990) em uma “Mata arbustiva” (*Shrubland*), e úmidos, por Araújo *et al.* (2009) em Mata Atlântica. A alta frequência desse tipo de simetria está associada com a predominância dos tipos tubo e taça e inconspícuo tanto no local desse estudo, como na Caatinga, Mata arbustiva e Mata Atlântica.

A baixa frequência da simetria zigomorfa pode estar associada ao fato dela ocorrer quase exclusivamente em espécies melitófilas (tabela 1). Isto corrobora com o observado por Rodarte *et al.* (2008), de que a simetria zigomorfa é predominante em espécies melitófilas. Segundo Endress (2001), a evolução dessa simetria foi mediada pela polinização por abelhas, pelo menos nos estágios iniciais. Em comparação ao local de estudo, a proporção de espécies com simetria zigomorfa foi maior em Caatinga observado por Machado e Lopes (2003, 2004) podendo estar relacionado à maior proporção de espécies visitadas por abelhas neste ecossistema.

A proporção semelhante de cores vistosas e não vistosas neste estudo é bastante distinto do encontrado na Caatinga por Machado e Lopes (2003, 2004), onde houve predomínio de cores vistosas, como vermelho, amarelo, laranja, lilás e rosa. Entretanto, foi semelhante ao encontrado em outra área de Caatinga, estudada por Quirino e Machado (no prelo) e semelhante a outras áreas de Savana, como no Cerrado no Brasil (Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1988, Oliveira & Gibbs 2000, Machado & Lopes 2003, 2004), Mata arbustiva na Venezuela (Ramirez *et al.* 1990), e até em Restinga (Ormond *et al.* 1993) e áreas úmidas, como em Mata Atlântica, na Paraíba, Brasil (Araújo *et al.* 2009) e Floresta de Dipterocarpaceae, em Sarawak, Malásia (Momose *et al.* 1998). As semelhanças entre as cores das flores e os diferentes tipos de vegetação sugerem uma fraca relação entre este atributo e tipo de ecossistema (Quirino & Machado no prelo).

Assim como observado nesse estudo (tabela 1), e segundo Faegri e Pijl (1979), algumas cores estão relacionadas à determinada síndrome, como a amarela e lilás à melitofilia, vermelho à ornitofilia e esverdeada à polinização por pequenos insetos, como vespas, moscas e besouros. As cores tem apenas a função visual (Faegri & Pijl 1979, Endress 1994, Lunau & Maier 1995), podendo estar relacionada a uma preferência dos animais polinizadores (Faegri & Pijl 1979, Endress 1994, Kunze & Gumbert 2001). Momose *et al.* (1998), em uma Floresta de Dipterocarpaceae verificou que as espécies polinizadas por mamíferos e moscas apresentam predominantemente a cor branca, contudo, afirmaram que

diversas espécies melitófilas e polinizadas por outros insetos também são brancas para o olho humano, concluindo que a cor também é fracamente relacionada ao tipo de polinizador.

Os tamanhos florais predominantes nesse estudo, pequeno e muito grande, foram diferentes do encontrado para a Caatinga por Machado e Lopes (2003, 2004) que averiguaram que a maioria das espécies apresentava flores grandes e muito grandes e do encontrado por Quirino e Machado (no prelo) também em Caatinga, onde predominaram flores pequenas e médias. O tamanho pequeno das flores, o mais frequente encontrado nesse estudo, está relacionado principalmente às síndromes generalistas (por diversos pequenos insetos) e melitofilia (por abelhas pequenas) (tabela 1), sendo explicado por Bawa *et al.* (1985) que afirmam que categorias de pequenos insetos polinizam espécies com flores pequenas. Do mesmo modo, o tamanho muito grande está associado às síndromes de quiropterofilia, melitofilia (por abelhas grandes) e ornitofilia. Logo, o tamanho das flores está associado ao tamanho dos animais polinizadores.

Portanto, os polinizadores podem ser considerados agentes da seleção para o tamanho floral (Parachnowitsch & Kessler 2010), havendo essa comprovação em muitos estudos que associam o tamanho das flores com tamanho dos polinizadores (Dafni & Kevan 1997, Leal *et al.* 2006, Huang & Fenster 2007, Kaczorowski *et al.* 2012), de forma que essa característica, é uma boa indicadora para a determinação das síndromes. Além disso, Segundo Kaczorowski *et al.* (2012) o tamanho das flores pode ser mais importante que o tipo floral na identificação das flores pelos polinizadores.

A unidade de polinização individual também tem sido registrada como a mais frequente em outros ecossistemas, como na Caatinga (Machado *et al.* 2003, 2004; Quirino & Machado no prelo) e na comunidade arbustiva tropical na Venezuela (Ramirez *et al.* 1990). A unidade de polinização intermediária, a segunda mais frequente estava associada à grande quantidade de espécies generalistas, sendo significativamente diferente do número de espécies generalistas com unidade de polinização individual e coletivista (tabela 1) ( $G=51.88$ ,  $g.l=2$ ,  $p< 0.01$ ). Contudo, segundo Machado e Lopes (2004), em Caatinga as espécies polinizadas por diversos pequenos insetos apresentaram preferência por sistemas de polinização coletivista.

O néctar, recurso predominante, também é o principal encontrado na maioria dos ecossistemas, como em Caatinga (Machado & Lopes 2003, 2004, Quirino & Machado no prelo), e como Mata Atlântica (Araújo *et al.* 2009), Cerrado (Silberbauer-Gottsberger and Gottsberger 1988, e Oliveira & Gibbs, 2000), Mata Arbustiva (Ramírez 1990). Assim como verificado nesse estudo, Machado e Lopes (2004) atribuem a alta frequência de néctar como

recurso ao fato deste estar relacionado à grande quantidade de insetos que coletam néctar, juntamente com as espécies quiropterófilas e ornitófilas.

Tanto óleo quanto resina, também foram recursos pouco abundantes em Caatinga (Machado & Lopes 2003, 2004) e até mesmo ausente, no caso da resina no estudo de Quirino & Machado (no prelo) na Caatinga e estudos em Mata Atlântica (Girão *et al.* 2007, Araújo *et al.* 2009). A baixa frequência de espécies que apresentam óleo como recurso floral nos diversos ecossistemas no Brasil pode estar relacionado ao fato deste recurso ser produzido por um número restrito de espécies de apenas quatro famílias (Iridaceae, Krameriaceae, Malpighiaceae e Scrophulariaceae), segundo lista de Machado (2004). A resina é ainda mais restrita, sendo produzida por apenas dois gêneros não relacionados, segundo Armbruster (1984). Machado e Lopes (2003, 2004) afirmaram surpresa ao encontrar resina em Caatinga, devido, segundo os mesmos autores, à raridade e distribuição, mais frequente em áreas úmidas (Bittrich & Amaral 1997, Lopes & Machado 1998, Rocha-Filho *et al.* 2012). Outro fator relacionado à baixa frequência desses recursos pode ser o fato de que apenas grupos específicos de abelhas coletam estes recursos, além disso, para a coleta, manipulação e transporte do óleo, as abelhas precisam apresentar modificações nas pernas ou esterno (Alves-dos-Santos *et al.* 2007).

O sistema sexual predominante, o hermafrodita, está presente em 72% das Angiospermas (Cruden & Lloyd 1995, Richards 1997). Segundo Machado *et al.* (2006) essa alta frequência é similar em outros ecossistemas tropicais, , como na caatinga (Machado & Lopes, 2003; 2004; Machado *et al.*, 2006; Leite & Machado, 2010; Quirino & Machado, no prelo), Mata Atlântica (Girão *et al.* 2007, Araújo *et al.* 2009), em prados alpinos (Youmoto 1986), Florestas de Dipterocarpaceae (Momose *et al.* 1998). Segundo Araújo *et al.* (2009) as vantagens para esse sistema incluem a necessidade de apenas um perianto e, em alguns casos, uma única dose de néctar para ambos os sexos florais, ao contrário das flores com funções sexuais separadas. Além disso, em uma única visita o polinizador pode tanto depositar o pólen no estigma quanto retirar pólen das anteras. Contudo, as flores hermafroditas apresentam grandes chances de autofecundação (Bawa 1979).

O predomínio da síndrome de melitofilia no local de estudo indica a importância das abelhas como vetores de pólen para esse ecossistema, sendo também a mais frequente em diversos ecossistemas, tais como em Caatinga (Quirino & Machado no prelo), Campos rupestres (Jacobi & Carmo 2011), Cerrado (Reis *et al.* no prelo), na Savana Venezuelana (Ramirez 2004), Restinga (Ormond *et al.* 1993) e em áreas úmidas no Brasil como na Floresta Estacional Semidecídua, Floresta Estacional Semidecídua Montana, Floresta Atlântica,

(Kinoshita *et al.* 2006; Yamamoto *et al.* 2007; Araújo *et al.* 2009) e na Floresta Tropical em Costa Rica (Bawa *et al.* 1985). Apesar da predominância da melitofilia ser um padrão encontrado nos diversos ecossistemas tropicais a proporção de espécies melitófilas, no local de estudo não ultrapassa 40% das espécies, diferentemente dos demais ecossistemas, apresentando ainda outra síndrome bastante frequente, a generalista, e um equilíbrio na proporção das demais.

A síndrome generalista, a segunda mais frequente, foi maior do que a encontrada em ecossistemas como a Caatinga (Machado & Lopes 2003, 2004), porém semelhante para o Cerrado (Martins & Batalha 2006; Reis *et al.* no prelo) e Floresta Estacional Semidecídua Montana (Yamamoto *et al.* 2007). Nas espécies generalistas, em que foram verificados os visitantes florais, foi possível observar que diversos pequenos insetos eram polinizadores, e acessavam facilmente a recompensa floral, confirmando o afirmado por Bawa *et al.* (1985), de que a falta de especialização morfológica torna o recurso floral acessível a uma gama de insetos.

Psicofilia, a terceira principal síndrome junto com a ornitofilia, apresentou nos demais ecossistemas baixa frequência, como na Caatinga (Machado & Lopes 2004, Quirino & Machado no prelo), Cerrado (Reis *et al.* no prelo); Floresta Estacional Semidecídua (Kinoshita *et al.* 2006; Yamamoto *et al.* 2007). Contudo, no estudo de Araújo *et al.* (2009), em Floresta Atlântica, houve uma maior frequência semelhante dessa síndrome.

As frequências de ornitofilia e quiropterofilia no local de estudo foram menores do que as encontrada em Caatinga por Machado e Lopes (2003, 2004) e Quirino e Machado (no prelo). Em outros ecossistemas, essa frequência é ainda menor, como em Cerrado (Reis *et al.* no prelo) e Restinga (Ormond *et al.* 1993). O comportamento oportunista dos beija-flores (tabela 2), visitando algumas flores melitófilas, foi semelhante ao visto em Caatinga (Machado & Lopes 2004). As espécies quiropterófilas foram pouco encontradas em Campo Rupestre (Jacobi & Carmo 2011).

Em nenhum dos locais de estudo de Ollerton *et al.* (2009) a melitofilia prevaleceu, ocorrendo predomínio das síndromes de psicofilia e miofilia e por vespa. Nestas duas últimas síndromes os principais tipos florais, recursos e cores descritos por Faegri e Pijl (1979) podem permitir a visita de diversos outros insetos, de forma que o grande número de espécies que apresentam estas síndromes pode estar relacionada ao fato destes autores (Ollerton *et al.* 2009) terem encontrado uma grande quantidade de espécies com modo de polinização generalista. Deste modo, esses autores podem estar apresentando uma conclusão precipitada no teste global das síndromes de polinização, ao afirmar que a maioria das plantas produz

flores generalistas, adaptadas a qualquer polinizador e que os atributos analisados dentro de cada síndrome são falhos na predição dos animais polinizadores.

Portanto, com relação às características florais pode-se concluir que as proporções de alguns destes atributos, tais como tipos florais, cor, simetria e sistema sexual, encontrados no local de estudo são semelhantes ao encontrado na maioria dos outros ecossistemas. Além disso, alguns atributos foram pouco analisados em outros ecossistemas, havendo uma comparação mais limitada, tais como os tipos florais, que são semelhantes à Caatinga e Floresta Atlântica, mas não há dados para Cerrado e mais especificamente Campo Rupestre, que seria importante para uma melhor caracterização do local de estudo.

Contudo, pode-se afirmar que com relação às síndromes de polinização, que mesmo a melitofilia sendo mais frequente nesse estudo e nos ecossistemas tropicais não ultrapassa mais de 40%, havendo certo equilíbrio na proporção das síndromes devido a um aumento na frequência de outras síndromes, como a psicofilia e miofilia, geralmente menos frequentes em outros ecossistemas, como Caatinga (Machado & Lopes, 2003, 2004, Quirino & Machado, no prelo).

VISITANTES FLORAIS - A confirmação das síndromes de polinização em mais de 90% das espécies do local de estudo reforça o poder de predição desta classificação, em que é possível inferir predizer quem são os polinizadores a partir da morfologia floral (Endress, 1994). Segundo Fenster *et al.* (2004), essa predição ocorre devido a especialização evolutiva das flores estar relacionada às pressões seletivas que grupos funcionais de polinizadores exercem, o que explica muito da grande diversidade.

DIVERSIDADE FUNCIONAL - A alta riqueza no local deste estudo, com nove síndromes de polinização, foi igual à encontrada por Reis *et al.* (no prelo) no Cerrado e por Yamamoto *et al.* (2007) em uma Floresta Estacional Semidecídua Montana. Os baixos valores de equabilidade encontrados na Floresta Estacional Semidecídua (Kinoshita *et al.* 2006), Caatinga (Quirino & Machado, no prelo), observado também em Floresta Atlântica (Araújo *et al.* 2009), seguido da Floresta Estacional Semidecídua Montana (Yamamoto *et al.* 2007), pode estar relacionado ao fato de apresentarem dominância de espécies melitófilas, em 73.73%, 58.69, 56.81%, e 56.66% do total de espécies, respectivamente. E os baixos índices de Shannon-Wiener e Simpson nestes ecossistemas estão relacionados ao baixo índice de equabilidade, ou seja, estes ecossistemas apresentam baixa diversidade funcional. De acordo com Cianciaruso *et al.* (2009) uma baixa diversidade funcional pode ser resultado de filtros

ambientais, que selecionam espécies funcionalmente similares, podendo estar relacionado a alta frequência da melitofilia nestas áreas e consequentemente baixa equabilidade.

Maior equabilidade e riqueza, como visto no ecossistema estudado, estão associados a uma maior diversidade funcional, como afirmado por Cianciaruso *et al.* (2009). Os mesmos autores (Cianciaruso *et al.* 2009) afirmam que em ecossistemas que a diversidade funcional é alta pode-se inferir que a competição é um processo importante.

Todos os ecossistemas estudados por Ollerton *et al.* (2009), sendo a maioria semiáridos e de savana, e muitos localizados nos trópicos, apresentaram baixa riqueza funcional, porém uma alta equabilidade, indicando não haver dominância de alguma síndrome. Além disso, apresentam baixa frequência de melitofilia, como na Guiana, com 9.78%, na Venezuela, 8.5% e no Peru com 2.3%.

A semelhança da diversidade funcional do local de estudo com o Cerrado (Reis *et al.* no prelo) pode estar relacionada ao fato de apresentarem a mesma riqueza e, mesmo havendo predominância da melitofilia, dentre os ecossistemas comparados foi o que apresentou a menor proporção dessa síndrome, com 53.62% das espécies. Segundo Rodal *et al.* (1998), o Parque Nacional do Catimbau é um misto de Caatinga e Campo rupestre, e a pesar do local de estudo ser fisionomicamente parecido a Caatinga, com exceção de ser perenifólia, com relação a diversidade funcional o local de estudo é mais semelhante a Cerrado.

A alta riqueza, alta equabilidade e alta diversidade funcional, em comparação com os demais ecossistemas analisados, permite a manutenção uma grande diversidade de polinizadores no local de estudo. Esta alta diversidade funcional torna necessária a preservação destas áreas para manutenção dos processos ecossistêmicos.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer à Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo financiamento e bolsa de pesquisa de Mestrado para a primeira autora (IBPG-0452-2.05/10) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (CNPq/ICMBio) pelo financiamento do projeto “Perturbação antrópica, invasão biológica e biologia reprodutiva no Parque Nacional do Catimbau: estaria a Caatinga se transformando em um ecossistema emergente?” ( 55205/2011-9), que este estudo está incluído. Gostaríamos de agradecer também à Dr. Rita de Cássia Pereira (IPA), Dr. Ana Bocage (IPA), Msc. Fernando Gallindo (IPA) Maria Olivia Cano (IPA), Geadelande Delgado (UFPE) e Dr. Marcos Meiado

(UNIVASF) pela identificação das espécies do local de estudo. E ao Drº André Maurício Santos pela ajuda e indicação do teste estatístico para comparação da diversidade funcional entre os ecossistemas.

#### LITERATURA CITADA

- ALBUQUERQUE, P. M. C., CAMARGO, J. M. F. E MENDONÇA, J. A. C. 2007. Bee community of a Beach Dune ecosystem on Maranhão island, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50: 1005-1018.
- ALVES, J. J. A. 2007. Geocologia da Caatinga no semiárido do nordeste brasileiro. *Climatologia e Estudos da Paisagem* 2: 58-71.
- ALVES-DOS-SANTOS, I., MACHADO, I. C. E GAGLIANONE, M. C. 2007. História natural das abelhas coletoras de óleo. *Oecologia Brasiliensis* 11: 544-557.
- ARAÚJO, J. L. O., QUIRINO, Z. G. M., GADELHA NETO, P. C. E ARAÚJO, A. C. 2009. Síndromes de polinização ocorrentes em uma área de Mata Atlântica, Paraíba, Brasil. *Biotemas* 22: 83-94.
- ALVINO, L. D., MACHADO, I. C. S E QUIRINO, Z. G. M. 2007. Ecologia da polinização de *Mandevilla tenuifolia* (J.C. MIKAN) Woodson uma Apocynaceae exclusivamente psicófila. *In: Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – MG.*
- ANDRADE, K. V. S. A, RODAL, M. J. N., LUCENA, M. F. A. E GOMES, A. P. S. 2004. Composição Florística de um trecho do Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco – Brasil. *Hoehnea* 31: 337-348.
- ARMBRUSTER, W. S. E HERZIG, A. L. Partitioning and Sharing of Pollinators by Four Sympatric Species of *Dalechampia* (Euphorbiaceae) in Panama. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 71: 1-16.
- AYRES, M., AYRES JR., M., AYRES, D. L. E SANTOS, A. S. 2007. BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. IDSM/MCT/CNPq, Belém.
- BAWA, K. S. 1979. Breeding systems of trees in a tropical wet forest. *New Zealand Journal of Botany* 17: 521-524.
- BAWA, K. S., BULLOCK, S. H., PERRY, D. R., COVILLE, R. E. E GRAYUM, M. H. 1985. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. *American Journal of Botany* 72: 346–356.
- BITTRICH V. E AMARAL, M. C. 1997. Floral biology of some *Clusia* species from Central America. *Kew Bulletin* 52: 617–635.

- CIANCIARUSO, M.V., SILVA, I.A. E BATALHA, M.A. 2009. Phylogenetic and functional diversities: new approaches to community ecology. *Biota Neotropica*, 9: 93-103.
- CLARKE, K. R. E WARWICK, R. M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2. ed. Plymouth Marine Laboratory, PRIMER-E, Plymouth.
- CPTEC/INPE. 2011. Banco de dados climáticos. Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/climatologia/Controller>> (acesso em 17/01/2011).
- CRUDEN, R.W. E LLOYD, R.M. 1995. Embryophytes have equivalent sexual phenotypes and breeding systems: Why not a common terminology to describe them? *American Journal of Botany* 82:816- 825.
- DAFNI, A., KEVAN, P.G. E HUSBAND, B.C. 2005. Practical pollination Biology. Editora Enviroquest L.T.D, Ontario.
- DUNPHY, B. K., HAMRICK, J. L. E SCHWAGERL J. 2004. A comparison of Direct and Indirect Measures of Gene Flow in the Bat- Pollinated Tree *Hymenaea courbaril* in the Dry Forest Life Zone of Southwestern Puerto Rico. *International Journal of Plant Sciences* 165: 427-436
- EHRENFELD, J. G. 1979. Pollination of Three Species of *Euphorbia* Subgenus *Chamaesyce*, with Special Reference to Bees. *American Midland Naturalist* 101: 87-98.
- ENDRESS, P. K. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge University Press, Cambridge.
- ENDRESS, P. 2001. Evolution of floral symmetry. *Current Opinion in Plant Biology* 4:86–91.
- FAEGRI, K. E PIJL, L.VAN DER. 1979. The principles of pollination ecology. 3. ed. Pergamon Press. London.
- FENSTER, C. B., ARMBRUSTER, W. S., WILSON, P., DUDASH, M.R. E THOMSON, J.D. 2004. Pollination syndromes and floral specialization. *Annual Review Of Ecology, Evolution, And Systematics* 35: 375-403
- FENSTER, C. B., S. MARTÉN-RODRIGUEZ, AND D. SCHEMSKE. 2009. Pollination syndromes and the evolution of floral diversity in *Iochroma* (Solanaceae). *Evolution* 63: 2758-2762.
- FREITAS, B. M. E PAXTON, R. J. 1996. The role of wind and insects in cashew (*Anacardium occidentale*) pollination in NE Brazil. *The Journal of Agricultural Science* 126: 319-326.
- GIRÃO, L. C., LOPES, A. V., TABARELLI, M. E BRUNA, E. M. 2007. Changes in Tree Reproductive Traits Reduce Functional Diversity in a Fragmented Atlantic Forest Landscape. *Plos One* 9:1-12.

- GOMES, A. P. S., RODAL, M. J. N. E MELO A. L. 2006. Florística e fitogeografia da vegetação arbustiva subcaducifólia da Chapada de São José, Buíque, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 20: 37-48.
- HUANG, S. E FENSTER, C. B. 2007. Absence of long-proboscid pollinators for long-corolla-tubed Himalayan *Pedicularis* species implications for the evolution of corolla length. *International Journal of Plant Sciences* 168:325–331.
- HUTCHESON, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *Journal of Theoretical Biology* 29: 151-154
- JACOBI, C. M. E CARMO, F. F. 2011. Life-forms, pollination and seed dispersal syndromes in plant communities on ironstone outcrops, SE Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 25: 395-412.
- JOHNSON, S. D. E STEINER, K. E. 2000. Generalization versus speciazation in plant pollinations systems. *Tree* 15:141-143
- KACZOROWSKI, R. L., SELIGER, A. R., GASKETT, A. C., WIGSTEN, S. K. E RAGUSO, R. A. 2012. Corolla shape vs. size in flower choice by a nocturnal hawkmoth pollinator. *Functional Ecology* 26: 577–587.
- KINOSHITA, L. S., TORRES, R. B., FORNI-MARTINS, E. L., SPINELLI T., AHN, Y. J. E CONSTÂNCIO, S. S. 2006. Composição florística e síndromes de polinização e de dispersão da mata do Sítio São Francisco, Campinas, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 20: 313-327.
- KÖPPEN, W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de cultura econômica. México. 479p.
- KUNZE, J., GUMBERT, A. 2001. The combined effect of color and odor on flower choice behavior of bumble bees in flower mimicry systems. *Behavioral Ecology* 12: 447-456
- LEAL, F. C., LOPES, A. V. E MACHADO, I. C. 2006. Polinização por beija-flores em uma área de Caatinga no município de Floresta, Pernambuco, nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 29: 379-389
- LEPPIK, E. E. 1957. Evolutionary relationship between entomophilous plants and atnthophilous insects. *Evolution* 11: 466-481.
- LOPES, A. V., GIRÃO, L. C., SANTOS, B. A., PERES, C. A. E TABARELLI, M. 2009. Long-term erosion of tree reproductive trait diversity in edge-dominated Atlantic forest fragments. *Biological Conservation* 142: 1154-1165.
- LUNAU, K. E MAIER, E.J. 1995. Innate color preferences of flower visitors. *Journal of Comparative Physiology* 177: 1-19

- LUNAU, K. 2004. Adaptive radiation and coevolution - pollination biology case studies. *Organisms, Diversity & Evolution* 4: 207–224.
- MACHADO, I. C., LOPES, A. V. 2003. Recursos florais e sistemas de polinização e sexuais em Caatinga. In: I. R. LEAL, M. TABARELLI E J. M. C. SILVA (Ed.). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. pp. 515-563. Editora Universitária UFPE, Recife.
- MACHADO, I. C. 2004. Oil-collecting bees and related plants: a review of the studies in the last twenty years and case histories of plants occurring in Ne Brazil. *In*: B. M. FREITAS E J. O. P. PEREIRA (Ed.). *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. pp. 255-280. Imprensa Universitária, Fortaleza.
- MACHADO, I.C. E LOPES, A.V. 2004. Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Annals of Botany* 94: 365-376.
- MACHADO, I. C., LOPES, A. V. E SAZIMA, M. 2006. Plant sexual systems and a review of the breeding system studies in the Caatinga, a brazilian tropical dry Forest. *Annals of Botany* 97: 277–287.
- MARTINS, F. Q. E BATALHA, M. A. 2006. Pollination systems and floral traits in Cerrado woody species of the upper Taquari region (Central Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 66: 543-552.
- Mayfield, M. M., Ackerly, D. E Daily, G. C. 2006. The diversity and conservation of plant reproductive and dispersal functional traits in human-dominated tropical landscapes. *Journal of Ecology* 94: 522-536.
- MELLO, M. A. R., BEZERRA, E. L. S. E MACHADO, I. C. 2013 Functional roles of Centridini oil bees and Malpighiaceae oil flowers in biome-wide pollination networks. *Biotropica* 45: 45–53.
- MOMOSE, K., YOMUTO, T., NAGAMITSU, T., KATO, M, NAGAMASU, H., SAKAL, S., HARRISON, R. D., ITIOKA, T., HAMID, A. A, E INOUE, T. 1998. Pollination biology in a lowland dipterocarp forest in Sarawak, Malaysia. I. Characteristics of the plant-pollinator community in a lowland dipterocarp forest. *American Journal of Botany* 85: 1477–1501.
- OLIVEIRA, P. E E GIBBS, P. E. 2000. Reproductive biology of woody plants in a Cerrado community of central Brazil. *Flora* 195: 311–329.
- OLLERTON, J., ALARCON, R., WASER, M. N., PRICE, M. V., WATTS, S., CRANMER, L., HINGSTON, A., PETER, C. I. E ROTENBERRY, J. 2009. A global test of the pollination syndrome hypothesis. *Annals of Botany* 103: 1471–1480.

- ORMOND, W. T., PINHEIRO, M. C. B., LIMA, H. A., CORREIA, M. C. R. E PIMENTA, M. L. 1993. Estudo das recompensas florais das plantas da restinga de Maricá – Itaipuaçu, RJ. I – Nectaríferas. *Bradea* 6: 179–195.
- PARACHNOWITSCH, A. L. E KESSLER, A. 2010. Pollinators exert natural selection on flower size and floral display in *Penstemon digitalis*. *New Phytologist* 188: 393–402.
- PAUW, A. 2006. Floral syndromes accurately predict pollination by a specialized oil-collecting bee (*Rediviva peringueyi*, Melittidae) in a guild of south african orchids (Coryciinae). *American Journal of Botany* 93: 917–926.
- PROCTOR, M., YEO, P. E LACK, A. 1996. The natural history of pollination. Harper Collins Publishers, London.
- QUIRINO, Z. G. M. E MACHADO, I. C. (no prelo). Pollination syndromes in a Caatinga plant community in northeastern Brazil: seasonal availability of floral resources in different plant growth habits. *Brazilian Journal of Biology*.
- RAMIREZ, N., GIL, C., HOKCHE, O., SERES, A. E BRITO, Y. 1990. Biología floral de una comunidad arbustiva tropical en la Guayana Venezolana. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 77: 383–397.
- RAMÍREZ, N. 2004. Ecology of pollination in a tropical Venezuelan savanna. *Plant Ecology* 173: 171–189
- REIS, S. M. A., MOHR, A., GOMES, L., SILVA, A. C. S., ABREU, M. F., LENZA, E. (no prelo). Síndromes de polinização e dispersão de espécies lenhosas em um fragmento de Cerrado sentido restrito na transição Cerrado - Floresta Amazônica. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer*. Disponível em: <[http://www.unemat.br/prppg/ppgec/docs/Producoes\\_Curso\\_de\\_Campo\\_2011/Relatorios\\_Individuais\\_2011/Simone\\_Matias\\_Sindromes\\_de\\_dispersao\\_em\\_cerrado.pdf](http://www.unemat.br/prppg/ppgec/docs/Producoes_Curso_de_Campo_2011/Relatorios_Individuais_2011/Simone_Matias_Sindromes_de_dispersao_em_cerrado.pdf)>.
- RICHARDS, A. J. 1997. Plant breeding systems. George Allen E Unwin Ltd, London.
- ROCHA, E. A., MACHADO, I. C. S. E ZAPPI, D. C. 2007. Fenologia, biología da polinização e da reprodução de *Pilosocereus* Byles & G.D. Rowley (Cactaceae) no Nordeste do Brasil. *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas* 4: 4-6
- ROCHA FILHO, C., KRUG, C., SILVA, C. I., GARÓFALO, C. A. 2012. Floral resources used by Euglossini bees (Hymenoptera Apidae) in coastal ecosystems of the Atlantic Forest. *Psyche* 2012: 1-13

- RODAL, M. J. N., ANDRADE, K. V. A., SALES, M. F. E GOMES, A. P. F. 1998. Fitossociologia do Componente Lenhoso de um Refúgio Vegetal no Município de Buíque, Pernambuco. *Revista Brasileira de Biologia* 58: 517-526.
- RODARTE, A. T. A., SILVA, F. O. E VIANA, B. F. 2008. A flora melitófila de uma área de dunas com vegetação de caatinga, estado da Bahia, nordeste do Brasil. *Acta botanica brasílica* 22: 301-312.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. E GOTTSBERGER, G. 1988. A polinização de plantas do Cerrado. *Revista Brasileira de Biologia* 48: 651–663.
- SILVA, A. L. G., CHAVES, S. R. E BRITO, J. M. 2011. Reproductive biology of *Bowdichia virgilioides* Kunth (Fabaceae). *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 33: 463-470.
- TILMAN, D. 2001. Functional diversity. In: Levin, S.A. (ed.). *Encyclopedia of biodiversity*. Academic Press, San Diego. p. 109-120.
- VOGEL, S, LOPES, A. V. E MACHADO, I. C. 2005. Bat pollination in the NE Brazilian endemic *Mimosa lewisii*: an unusual case and first report for the genus. *Taxon* 54: 693–700.
- YAMAMOTO, L. F., KINOSHITA, L. S. E MARTINS, F. R. 2007. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* 21: 553-573.
- YUMOTO, T. 1986. The Ecological Pollination syndromes of insect-pollinated plants in an Alpine Meadow. *Ecological Research* 1: 83-95.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação entre a quantidade de espécies que apresentam cada atributo floral e as síndromes de polinização no Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco, Brasil. (mel – melitofilia, gen – generalista, psi – psicofilia, orn – ornitofilia, qui – quiropterofilia, mii – miiofilia, can – cantarofilia, esf – esfingofilia, ane – anemofilia).

<b>Atributos/síndrome</b>	<b>mel</b>	<b>gen</b>	<b>psi</b>	<b>orn</b>	<b>Qui</b>	<b>mii</b>	<b>can</b>	<b>esf</b>	<b>Ane</b>
<b>TIPO</b>									
taça (disco)	11	2	-	-	1	4	1	-	-
Inconspícuo	1	13	-	-	-	2	2	-	1
Goela	6	-	-	-	-	-	-	-	-
Pincel	1	3	-	-	2	-	-	-	-
Campânula	5	-	-	-	-	-	-	-	-
Estandarte	7	-	-	1	1	-	-	-	-
Tube	4	1	8	7	3	1	-	1	-
<b>SIMETRIA</b>									
Actinomorfa	13	19	7	6	6	7	3	1	1
Zigomorfa	17	-	1	2	1	-	-	-	-
Assimétrica	5	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>COR</b>									
Esverdeada	5	17	-	-	-	3	-	-	1
lilás/violeta	12	-	4	3	-	-	-	-	-
Amarela	14	1	-	-	1	-	-	-	-
Branca	2	1	2	-	5	4	1	1	-
Rosa	2	-	2	2	-	-	-	-	-
Vermelha	-	-	-	2	1	-	-	-	-
Marrom	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Laranja	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<b>TAMANHO</b>									
Pequena	7	19	4	-	-	3	2	-	1
Média	1	-	1	3	1	3	-	-	-
Grande	1	-	-	1	-	-	-	-	-
muito grande	8	-	3	4	6	1	1	1	-

---

**UNIDADE DE POLINIZAÇÃO**

Individual	33	7	3	8	5	7	1	1	n ap
Intermediária	1	11	-	-	-	-	-	-	n ap
Coletivista	1	1	5	-	2	-	2	-	n AP

**RECURSO**

Néctar	22	18	8	8	7	7	-	1	-
Pólen	8	1	-	-	-	-	3	-	1
Óleo	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Resina	1	-	-	-	-	-	-	-	-

**SISTEMA SEXUAL**

Hermafrodita	32	8	8	8	7	7	3	1	1
Monóica	2	5	-	-	-	-	-	-	-
Andromonóica	1	5	-	-	-	-	-	-	-
Dióica	-	1	-	-	-	-	-	-	-

---

Tabela 2. Lista de espécies e suas respectivas síndromes de polinização e polinizadores observados, no Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco, Brasil. As referências indicam dados de literatura dos polinizadores. (abe = abelha, ane= anemofilia, bei= beija-flor, bor= borboleta, can= cantarofilia, div= diversos pequenos insetos, esf= esfngofilia, gen= generalista, mel= melitofilia, mii= miiofilia, mor = morcego, mos = mosca, Obs = polinizadores observados, orn= ornitofilia, pas=pássaro, Pol= síndromes de polinização, psi= psicofilia, qui= quiropterofilia, ves= vespa)

Família/Espécie	Pol	Obs	Referência
<b>Amaranthaceae</b>			
<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	gen	-	
<b>Anacardiaceae</b>			
<i>Anacardium occidentale</i> L.	mel	abe	Freitas e Paxton, (1996)
<b>Apocynaceae</b>			
<i>Ditassa capillaris</i> E. Fourn.	mii	ves	
<i>Ditassa rotundifolia</i> (Decne.) Baill. ex K. Schum.	mii	mos	
<i>Mandevilla catimbauensis</i> Souza-Silva, Rapini & J.F.Morales	psi	bor	
<i>Mandevilla tenuifolia</i> (JC Mikan) Woodson	psi	bor	Alvino <i>et al.</i> (2007)
<i>Marsdenia megalantha</i> Goyder & Morillo	mii	-	
<b>Araceae</b>			
<i>Anthurium</i> cf. <i>affine</i> Schott	can	-	
Araceae 1	can	-	
<b>Asteraceae</b>			
<i>Ageratum melissifolium</i> DC	psi	bor	
<i>Vernonia chalybaea</i> Mart. ex DC.	psi	bor, abe	
Asteraceae 1	psi	bor	
Asteraceae 2	psi	bor	
Asteraceae 3	psi		
<b>Bignoniaceae</b>			
<i>Anemopaegma laeve</i> DC.	mel	abe	

---

<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.)	mel		
Mattos			
<i>Jacaranda rugosa</i> AH Gentry	mel	abe, bei	
Bignoniaceae 1	mel		
<b>Bromeliaceae</b>			
<i>Aechmea leptantha</i> (Harms) Leme & J.A. Siqueira	orn	bei	
<i>Tillandsia recurvata</i> L.	orn	abe	
<i>Tillandsia streptocarpa</i> Baker	orn		
Bromeliaceae 1	qui	mor, bei, pas, div	
<b>Cactaceae</b>			
<i>Melocactus ernestii</i> D. Vaupel	orn	bei	
<i>Melocactus zehntneri</i> (Britton & Rose) Luetzelburg	orn	bei	
<i>Opuntia</i> sp.	orn		
<i>Pilosocereus pachycladus</i> F. Ritter subsp. <i>pernambucoensis</i> (F.Ritter) Zappi	qui	mor	Rocha <i>et al.</i> (2007)
<i>Pilosocereus chrysostele</i> (Vaupel) Byles & G.D.Rowley	qui	mor	Rocha <i>et al.</i> (2007)
Cactaceae 1	esf		
<b>Combretaceae</b>			
<i>Buchenavia capitata</i> (Vahl.) Eichler	gen	ves	
<b>Commelinaceae</b>			
<i>Commelina obliqua</i> Vahl.	mel		
<b>Convolvulaceae</b>			
<i>Ipomoea rosea</i> Choisy	mel	abe	
<i>Ipomoea subincana</i> (Choisy) Meisn.	mel	abe	
<i>Jacquemontia densiflora</i> (Meisn.) Hallier f.	mel		
<b>Euphorbiaceae</b>			
<i>Croton pedicellatus</i> Kunth.	gen	div	
<i>Dalechampia scandens</i> L.	mel	abe	Armbruster e Herzig (1984)

---

---

<i>Euphorbia</i> sp.	gen	div	Ehrenfeld (1979)
<i>Microstachys</i> sp.	gen	div	
Euphorbiaceae 1	gen	div	
Euphorbiaceae 2	gen	div	
Euphorbiaceae 3	gen	div	
Euphorbiaceae 4	gen		
Euphorbiaceae 5	gen	div	
Euphorbiaceae 6	gen		
Euphorbiaceae 7	gen		
<b>Fabaceae</b>			
<i>Bauhinia acuruana</i> Moric.	qui		
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth.	mel	abe	Silva <i>et al.</i> (2011)
<i>Calliandra aescynomenoides</i> Benth.	qui		
<i>Camptosema pedicellatum</i> Benth.	orn	bei, div	
<i>Chamaecrista hispidula</i> (Vahl.) Irwin & Barneby	mel	abe	Albuquerque <i>et al.</i> (2007)
<i>Chamaecrista</i> sp.	mel	abe	
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	qui	mor	Dunphy <i>et al.</i> (2004)
<i>Mimosa lewisii</i> Barneby	qui	mor	Vogel <i>et al.</i> (2005)
<i>Periandra mediterrânea</i> (Vell.) Taub.	mel	abe	
<i>Senna cana</i> (Nees & Mart.) H.S. Irwin & Barneby	mel	abe	
<i>Senna macranthera</i> (collad.) Irwin et barn.	mel	abe	
<i>Stylosanthes viscosa</i> (L.) Sw.	mel	abe	
Fabaceae 1	mel	abe	
Fabaceae 2	mel	abe	
Fabaceae 3	mel		
<b>Lamiaceae</b>			
<i>Hyptis fruticosa</i> Salzm. ex Benth.	mel	abe	
<i>Hyptis macrostachys</i> Benth.	orn	bei, abe	
Lamiaceae 1	mel		
<b>Lauraceae</b>			
Lauraceae 1	mii	mos	

---

---

**Lythraceae**

*Cuphea ericoides* Cham. & Schltldl. mel      abe, bei

**Malpighiaceae**

*Banisteriopsis stellaris* (Griseb.) B. Gates mel      abe      Mello et al. (2013)

*Byrsonima gardneriana* A. Juss. mel      abe

*Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W. R. Anderson & C. C. Davis mel      abe      Mello *et al.* (2013)

*Stigmaphyllon paralias* A. Juss. mel

**Melastomataceae**

*Tibouchina multiflora* Cogn. mel      abe

**Myrtaceae**

Myrtaceae 1 gen      div

Myrtaceae 2 gen

Myrtaceae 3 gen

**Ochnaceae**

*Ouratea blanchetiana* Engl. mel

**Poaceae**

*Rhynchelytrum repens* (Willd.) C.E. Hubb. ane

**Portulacaceae**

Portulacaceae 1 mel

**Rubiaceae**

*Borreria ocymoides* (Burm. f.) DC. mii      mos, bor

*Borreria verticillata* (L.) G.F.W. Mey mii      mos, bor, abe

Rubiaceae 1 mii      mos, abe

**Santalaceae**

*Phoradendron tunaeforme* (DC.) Eichler gen      ves

*Phoradendron cf. wiesnerianum* Trel. gen

**Sapindaceae**

*Serjania lethalis* A. St.-Hil. mel      ves

**Sapotaceae**

*Manilkara rufula* (Miq.) H.J.Lam gen

**Solanaceae**

*Solanum* sp. mel

---

---

**Turneraceae**

*Piriqueta sidifolia* (A. St.-Hil. & A. Juss. &  
Cambess.) Urb. mel div

Turneraceae 1 mel

Turneraceae 2 mel

**Velloziaceae**

*Vellozia plicata* Mart. can

**Verbenaceae**

*Lippia gracilis* Schauer psi bor

**Não Identificada** gen

---

Tabela 3. Riqueza de síndromes de polinização, equabilidade ( $J'$ ), e diversidade funcional calculada a partir dos índices de Shannon-Weiner ( $H'$ ) e Simpson ( $1-\lambda$ ) de diversos ecossistemas, incluindo o Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco, Brasil

<b>Clima, segundo Köppen (1948)</b>	<b>Local de estudo</b>	<b>Ecossistema</b>	<b>S</b>	<b>N</b>	<b><math>J'</math></b>	<b><math>H'\log 2</math></b>	<b><math>1-\lambda</math></b>	<b>Referência</b>
Tropical úmido (Af)	Jardim Botânico Benjamin Maranhão, João Pessoa, PB, Brasil	Floresta Atlântica	8	88	0,6933	2,0799	0,6470	Araújo <i>et al.</i> (2009)
Subtropical úmido (Cwa)	Pedreira, SP, Brasil	Floresta Estacional Semidecídua Montana	9	150	0,5967	1,8916	0,6170	Yamamoto <i>et al.</i> (2007)
Subtropical úmido (Cwa)	Campinas, SP, Brasil	Floresta Estacional Semidecídua	7	99	0,4880	1,3700	0,4376	Kinoshita <i>et al.</i> (2006)
Temperado úmido (Cwb)	Cordilheira Vilcanota, Peru	Misto de Floresta Árida Montanhosa, Floresta Semi-árida, Floresta Montana e Matas ciliares	7	129	0,8050	2,2600	0,7664	Ollerton <i>et al.</i> (2009)
Tropical úmido (Af) – Savana tropical (Aw)	Kumu - Upper Takutu-Upper Essequibo, Guiana	Transição Floresta tropical – savana	6	92	0,8696	2,2481	0,7730	Ollerton <i>et al.</i> (2009)
Savana tropical (Aw)	Fazenda Estrela, Ribeirão Cascalheira, MT, Brasil.	Cerrado	9	69	0,6962	2,2069	0,6786	Reis <i>et al.</i> (2013)

Savana tropical (Aw)	Fazenda Wahroonga, KwaZulu-Natal, África do Sul	Pastagem Montanhosa úmida	6	70	0,8481	2,1923	0,7635	Ollerton <i>et al.</i> (2009)
Semiárido quente (Bsh)	Parque Nacional do Catimbau, Buíque, PE, Brasil	Misto de Caatinga e Campo Rupestre	9	89	0,7941	2,5173	0,7786	Este estudo
Semiárido quente (Bsh)	Reserva Natural Privada Fazenda Almas, São José dos Cordeiros, PB, Brasil	Caatinga	7	46	0,6808	1,9114	0,6280	Quirino & Machado (no prelo)
Semiárido quente (Bsh)	Bahia de Patanemo, Puerto Cabello, Carabobo, Venezuela	Mata litorânea seca	6	70	0,8280	2,1405	0,7507	Ollerton <i>et al.</i> (2009)
Semiárido (estepe) (Bsk)	Virginia Dale – Colorado, EUA	Prado subalpino	6	55	0,8030	2,0758	0,7158	Ollerton <i>et al.</i> (2009)
Semiárido (estepe) (Bsk)	San Bernardino – California, EUA	Prado montanhoso	7	66	0,7620	2,1392	0,7235	Ollerton <i>et al.</i> (2009)

---

## FIGURAS

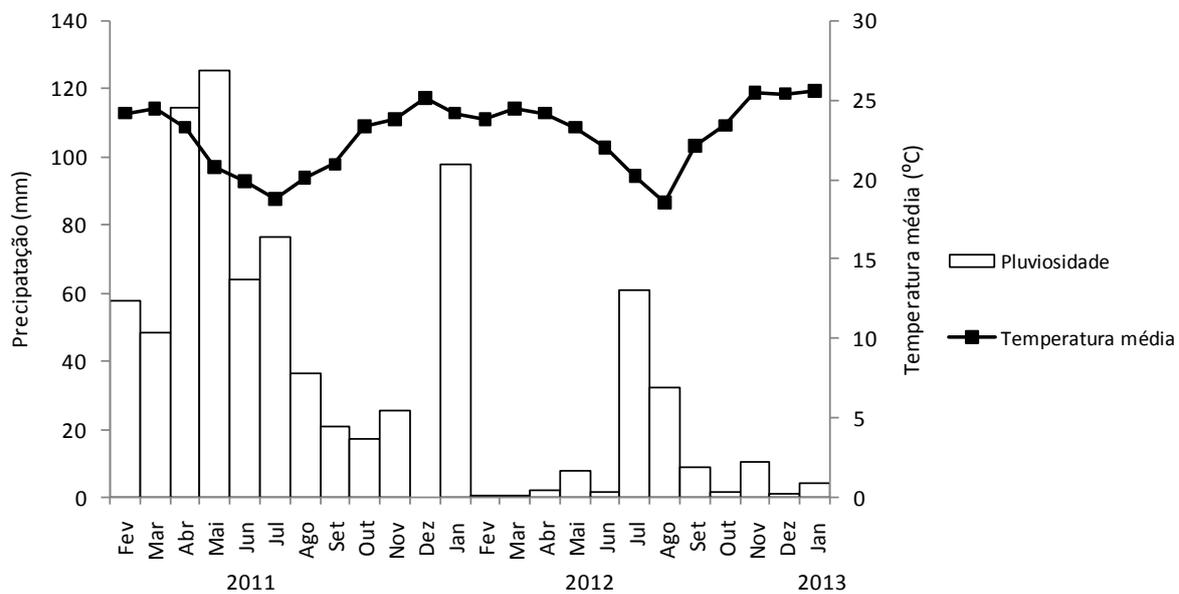


Fig 1. Precipitação e temperatura média de fevereiro de 2011 a Janeiro de 2013 referentes ao município de Arcoverde, mais próximo da “Serrinha”, no Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco, Brasil.

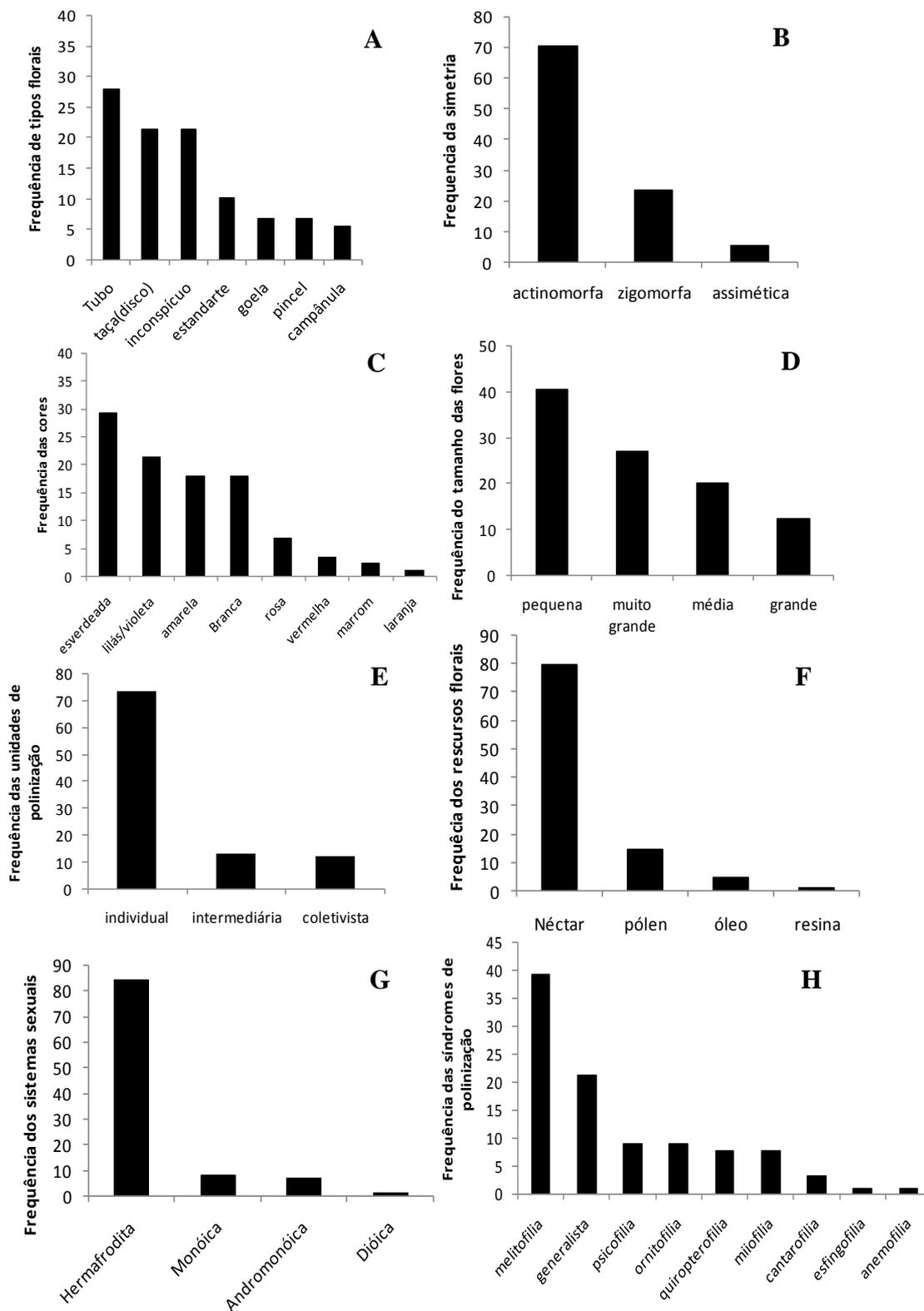


Fig.2 Proporção dos atributos florais, sistema sexual e síndromes de polinização no Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco. (A- frequência dos tipos florais, B- frequência das simetrias, C- frequência das cores, D- frequência dos tamanhos, E- frequência das unidades de polinização, F- frequência dos recursos florais, G- frequência dos sistemas sexuais, H- frequência das síndromes de polinização).

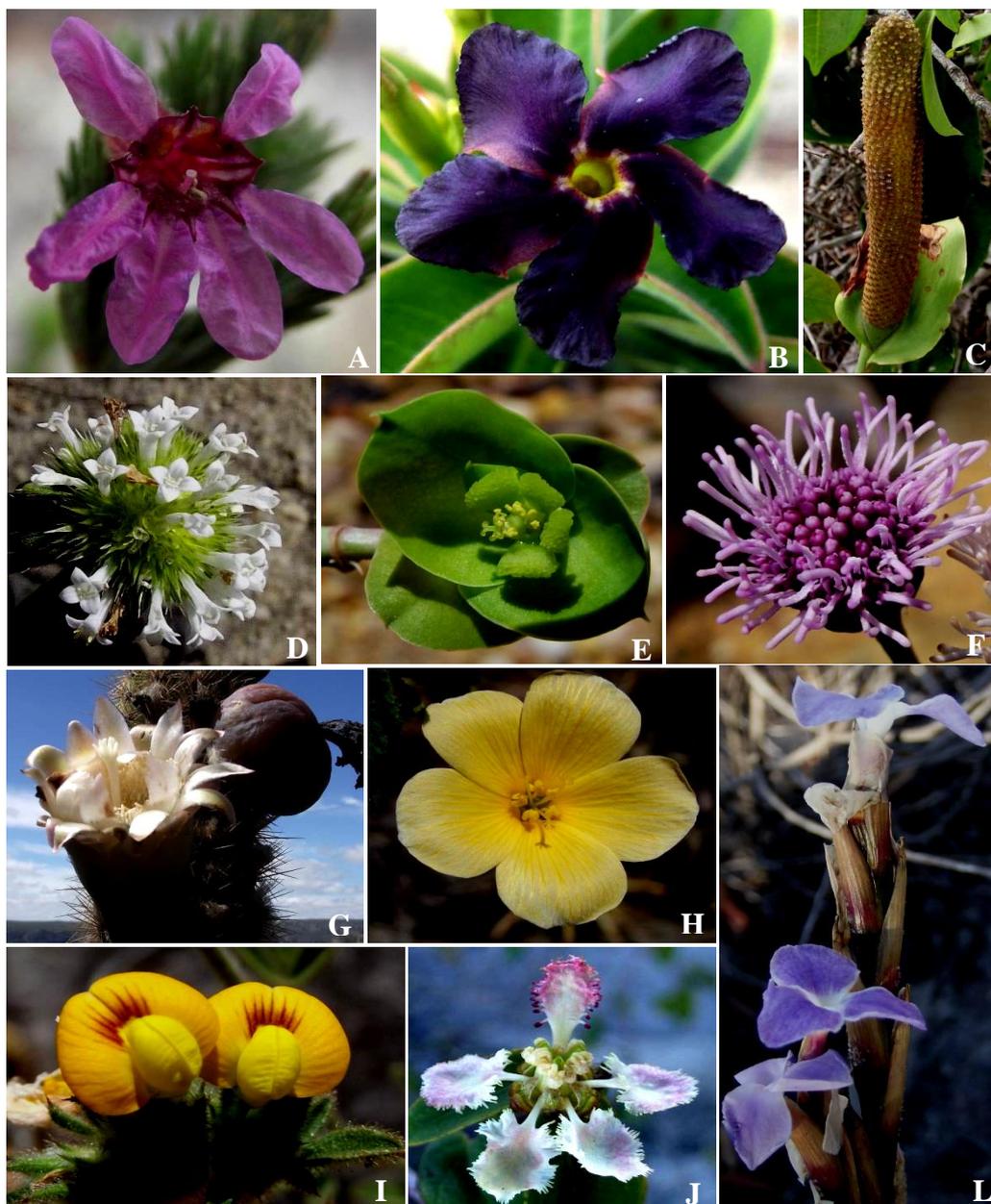


Fig. 3. Diversidade de atributos florais e síndromes de polinização no Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco, Brasil. A - *Cuphea ericoides* (Lythraceae), B - *Mandevilla catimbauensis* (Apocynaceae), C - *Anthurium* cf. *affine* (Araceae), D - *Borreria verticillata* (Rubiaceae), E - *Euphorbia* sp. (Euphorbiaceae), F - *Ageratum melissifolium* (Asteraceae), G - *Pilosocereus pachycladus pernambucoensis* (Cactaceae), H - *Piriqueta sidifolia* (Turneraceae), I - *Stylosanthes viscosa* (Fabaceae), J - *Banisteriopsis stellaris* (Malpighiaceae), L - *Tillandsia streptocarpa* (Bromeliaceae).

#### **4. CAPÍTULO 2. MANUSCRITO À SER ENVIADO AO PERIÓDICO FLORA**

Distribuição dos recursos florais e diversidade funcional em uma comunidade vegetacional no Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco, Brasil.

Ana Carolina Galindo da Costa<sup>1</sup>, Tarcila de Lima Nadia<sup>2</sup>, Isabel Cristina Machado<sup>1\*</sup>

1. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil
2. Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil

\*e-mail para correspondência: [imachado@ufpe.br](mailto:imachado@ufpe.br)

## RESUMO

A sazonalidade afeta as plantas e os animais, ocorrendo em diversas espécies de florestas tropicais secas, como a Caatinga, no semiárido, e influenciando a distribuição dos recursos e grupos funcionais ao longo do ano. No semiárido ocorrem áreas mais úmidas, localizadas em áreas sedimentares, mais elevadas, com padrão vegetacional complexo, o qual pouco se conhece. Portanto, este estudo pretende responder as seguintes questões: (i) qual o padrão de distribuição dos recursos na comunidade estudada? (ii) a distribuição de recursos e das síndromes de polinização é suficiente para a manutenção dos grupos polinizadores? (iii) há diferenças na diversidade funcional entre a época seca e época chuvosa? Néctar, pólen e óleo foram recursos disponíveis de forma ininterrupta aos animais polinizadores, com a proporção de espécies e indivíduos semelhantes, tanto na estação seca quanto na chuvosa. A síndrome de melitofilia foi predominante em todos os meses de estudo, além disso, as demais síndromes de polinização, com exceção da cantarofilia e esfingofilia, estavam presentes durante todo o período de estudo, com proporções semelhantes na estação seca e chuvosa. Essa distribuição dos recursos e síndromes permite a manutenção dos animais polinizadores ao longo do ano. A diversidade funcional foi alta e bastante semelhante entre o período chuvoso e seco, sendo necessária a preservação destas áreas para manutenção dos processos ecossistêmicos.

Palavras-chave: distribuição de recursos, diversidade funcional, síndromes de polinização, Caatinga

## INTRODUÇÃO

O momento inicial de uma floração é uma característica da história de vida das plantas para maximizar o sucesso reprodutivo em diversos ambientes, podendo ser influenciado pelas variações sazonais climáticas (Amasino, 2010). Tanto as plantas quanto os animais que dependem dos recursos das plantas são afetados pelo efeito da sazonalidade no ciclo reprodutivo (Wolf, 1970; Newstrom *et al.*, 1994), sendo as diferenças fenológicas entre as plantas importantes por tornar possível a partilha eficaz de numerosas espécies de plantas por um recurso de polinizador limitado (Gentry, 1974). Além disso, a oferta contínua de recursos reduz o deslocamento de animais polinizadores em busca de alimentação, auxiliando na permanência desses animais no local (Quirino e Lopes, no prelo).

O efeito dessas variações já foi observado em diversas espécies de florestas tropicais secas (Jansen, 1967; Morellato e Leitão-Filho, 1996; Anderson *et al.*, 2005) e até em florestas úmidas, porém de forma menos acentuada (Talora e Morellato, 2000). A Caatinga é um tipo vegetacional que ocorre no semiárido, com marcada sazonalidade e baixos índices de precipitação (entre 500-750 mm por ano) (Sampaio, 1995). Segundo Quirino e Machado (no prelo), neste ecossistema, os maiores picos de disponibilidade de recursos são durante a estação chuvosa, havendo, porém uma continuidade na disponibilidade de recursos, néctar e pólen, nas espécies pertencentes às diversas síndromes de polinização devido às diferenças fenológicas entre as plantas. Desse modo, análises que levam em consideração as síndromes de polinização na distribuição dos recursos florais permitem entender se ela é suficiente para a manutenção dos grupos funcionais de polinizadores (Quirino e Machado, no prelo).

Segundo Sampaio (1995), em algumas regiões do semiárido, onde há elevações de 400-500 metros até 1000 m há um microclima mais úmido. Esse microclima é descrito por Andrade *et al.* (2004) para áreas sedimentares, como no local deste estudo, o Parque Nacional do Catimbau, que apresenta um padrão de vegetação complexo (Gomes *et al.*, 2006). Segundo Rodal *et al.* (1998), a vegetação arbustiva perenifólia das chapadas sedimentares é formada por refúgios vegetacionais constituídos por espécies de Caatinga, que é o bioma circundante, Floresta, Campo rupestre e Cerrado, dos quais pouco se conhece.

Portanto, devido às análises de distribuição dos recursos florais ao longo do tempo serem essenciais para o entendimento das interações entre grupos funcionais de plantas e animais polinizadores, e ser essencial o estudo de uma área tão peculiar para o conhecimento do semiárido, este trabalho pretende responder as seguintes questões: (1) qual o padrão de disponibilidade de recursos na comunidade estudada? (2) a disponibilidade de recursos e das

síndromes de polinização é suficiente para a manutenção dos grupos de polinizadores? (3) há diferenças na diversidade funcional entre a época seca e época chuvosa?

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local de estudo

Este estudo foi realizado no período de fevereiro de 2011 a janeiro de 2013 na “Serrinha” (08°31’S 37°13’O, Alt.: 904,5 m), localizada na Chapada São José, no Parque Nacional do Catimbau, município de Buíque, agreste de Pernambuco, Brasil. O Parque Nacional do Catimbau apresenta altitude média de 798 m, temperatura média anual de 25 °C e precipitação anual de 1098 mm, sendo o período chuvoso entre janeiro e junho, com os maiores índices de chuva registrados entre abril e junho (CPTEC/INPE, 2011).

A chapada de São José é formada por rocha sedimentar e apresenta condição climática peculiar onde o relevo cria uma barreira às massas de ar, que acabam depositando umidade nas vertentes a barlavento, grotões e vale (Andrade *et al.*, 2004). Nas partes mais elevadas do Parque (900 a 1000 m), onde se encontra a “Serrinha” a fisionomia e florística difere um pouco da caatinga (Andrade *et al.*, 2004; Gomes *et al.*, 2006), apresentando semelhanças à campo rupestre (Andrade *et al.*, 2004).

### Disponibilidade dos recursos florais

Foram analisadas as 89 espécies já encontradas no local de estudo e listadas no capítulo 1 desta dissertação (Costa *et al.*, em prep; capítulo 1 desta dissertação). Em torno de dez indivíduos diferentes de cada espécie ocorrente na área de estudo foram marcados e analisados quanto à presença e ausência de flores e botões entre fevereiro de 2011 e janeiro de 2013, totalizando dois anos de monitoramento. Entretanto, nas espécies mais raras, em que havia menos de 10 indivíduos na população, foram marcados todos os indivíduos encontrados da população. A abundância de cada espécie na área de estudo foi verificada através da contagem de todos os indivíduos a partir de caminhada por toda a área de estudo, que compreende cerca de 3 ha.

O principal tipo de recurso floral, assim como a síndrome de polinização de cada espécie e suas proporções na área de estudo foram apresentados no capítulo 1 dessa dissertação (Costa *et al.*, em prep; capítulo 1 desta dissertação). Portanto, para responder as duas primeiras perguntas foi analisado o período de floração de cada espécie e verificada a proporção da distribuição dos recursos disponíveis em cada estação. Além disso, foi analisada

a floração dos indivíduos que ofertam o mesmo recurso, sendo estimado o número de indivíduos total dentro da comunidade que apresentavam flores em cada mês e, conseqüentemente disponibilizavam os diferentes tipos de recursos florais. Para isso, através do número de indivíduos marcados de cada espécie que apresentavam flor foi calculado o número proporcional de indivíduos total da comunidade que estariam floridos, a partir da abundância de cada uma dessas espécies. Posteriormente foi somado o número de indivíduos com flor de cada espécie em cada mês, dentro de cada categoria de recurso. Com isso, foi possível analisar a distribuição de cada um dos recursos disponíveis em cada estação, seca e chuvosa, determinando os períodos em que os recursos eram mais abundantes.

#### Distribuição das síndromes de polinização

De forma semelhante, para responder a segunda pergunta foi analisado o período de floração de cada espécie dentro de cada síndrome e verificada a proporção da distribuição das síndromes na comunidade ao longo do ano. Além disso, foi analisada a floração dentro de cada síndrome, sendo estimado o número de indivíduos total de cada síndrome de polinização em cada mês que apresentavam flores. Esta estimativa foi feita através do número de indivíduos marcados de cada síndrome que apresentavam flor, sendo calculado o número proporcional de indivíduos da comunidade que estariam floridos, a partir da abundância de cada uma destas síndromes. Posteriormente, foi somado o número de indivíduos com flor de cada síndrome em cada mês. Com isso, foi possível analisar a distribuição de cada uma das síndromes em cada estação, seca e chuvosa, determinando os períodos em que eram mais abundantes. Para essa análise não foi considerada a única espécie que apresentou a síndrome de anemofilia, uma vez que esta planta não foi visitada por nenhum animal polinizador, não sendo um recurso para os visitantes.

#### Diversidade funcional

A partir da determinação das síndromes de polinização do local de estudo, descrito no capítulo 1 desta dissertação, a diversidade funcional tanto na estação chuvosa quanto na estação seca foram determinadas. Para isso, foram medidos o índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), calculado com logaritmo na base 2, e o índice de Simpson ( $1-\lambda'$ ), além de medidas a riqueza ( $S$ ) e a equitabilidade ( $J'$ ).

Para o cálculo destes índices foi utilizada a variável categórica “síndromes de polinização” como equivalentes a espécies e o número de espécies ( $N_{total}=89$ ) e indivíduos ( $N_{total}= 4989$ ) dentro de cada categoria como abundância (Girão *et al.*, 2007). Os índices

foram calculados com o auxílio do programa Primer 5.0 (Clarke e Warwick, 2001). Para responder a terceira questão desse estudo foi realizada uma comparação entre a estação chuvosa e seca.

#### Definição do período seco e chuvoso

Os períodos chuvoso e seco do local de estudo foram determinados a partir de dados obtidos no *Website* do Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA), pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O local mais próximo ao local de estudo em que variações ambientais são monitoradas é o município de Arcoverde, localizado cerca de 25 Km do Parque Nacional do Catimbau. O período chuvoso em 2011 ocorreu de fevereiro a julho. O ano de 2012 foi um atípico, de seca, tendo ocorrido maior precipitação nos meses de Janeiro e Julho (Fig. 1).

#### Análises estatísticas

Para verificar influência da sazonalidade na distribuição de cada recurso floral e das síndromes de polinização nas estações seca e chuvosa foi realizado um teste t para amostras independentes, através do programa BioEstat 5.3 (Ayres *et al.*, 2007). A unidade amostral foram os meses de cada estação, sendo sete meses chuvosos e cinco meses secos. Esta comparação foi realizada apenas para o primeiro ano de estudo, visto que no segundo ano apenas um mês, julho, foi chuvoso. Para executar o teste, as variâncias foram testadas a fim de verificar a homocedasticidade dos dados. Os que apresentaram variâncias desiguais foram padronizados. Além disso, o índice de Shannon-Weiner, calculado para a diversidade funcional, foi comparado entre a estação chuvosa e seca através do teste t, adaptado para índice de diversidade (Hutcheson, 1970).

## RESULTADOS

#### Disponibilidade dos recursos florais

A comunidade estudada apresentou floração durante todo o período de estudo. Os recursos florais néctar, pólen e óleo estavam disponíveis ininterruptamente aos animais polinizadores durante os dois anos de estudo, e a resina só não estava disponível no último mês de estudo, janeiro de 2013 (Fig. 2A). A oferta de néctar, o principal recurso, presente em 79,78% das espécies e presente em 85,64% de todos os indivíduos da área de estudo foi maior em todos os meses em relação aos demais recursos. A média de espécies que apresentaram

esse recurso tanto no período chuvoso quanto no período seco foi bastante similar no primeiro ano. Com relação à floração dos indivíduos que ofertam néctar pode-se observar que foi constante durante o período chuvoso, havendo pico na estação seca, nos meses de setembro e outubro de 2011, contudo comparando as duas estações não houve diferença significativa. Já em 2012, mesmo havendo seca, houve pico nos meses de fevereiro e dezembro de 2012 (Fig. 2B).

Espécies com flores que ofereceram pólen apresentaram frequência contínua e regular durante os dois anos de monitoramento, não havendo também diferenças significativas entre sua produção no período seco e chuvoso no primeiro ano de estudo (Fig. 2A). No primeiro ano de estudo a proporção de indivíduos que ofertam pólen que floresceram no período chuvoso foi menor do que no período seco ( $t=-2,34$ ,  $g.l.=10$ ,  $p=0.04$ ) (Fig. 2B). Pode-se observar também que no segundo ano houve pico entre os meses de junho e setembro, incluindo, portanto, o mês chuvoso, julho, e outro pico no mês de novembro.

A proporção de espécies que produzem óleo como recompensa floral foi contínua e regular, apesar de ser ofertado por apenas quatro espécies da família Malpighiaceae, não havendo diferenças significativas entre sua produção nas estações seca e chuvosa, no primeiro ano de monitoramento (Fig.2A). A proporção da floração dos indivíduos que ofertava óleo apresentou diversos picos, em fevereiro, junho, setembro e novembro de 2011, não havendo diferenças entre as duas estações. No segundo ano, houve pico nos meses de fevereiro a abril, outro pico em agosto (Fig. 2B). A resina foi um recurso ofertado por uma única espécie de Euphorbiaceae, *Dalechampia scandens*, durante todo o período de estudo, com exceção do mês de janeiro de 2013, sendo portanto ofertado independente da estação (Fig. 2 A e B).

#### Distribuição das síndromes de polinização

Tanto no período chuvoso quanto no período seco as nove síndromes de polinização estavam presentes. O número de espécies em cada síndrome foi semelhante no período chuvoso ( $n=81$ ) e no período seco ( $79$ ). Além disso, o número de indivíduos na estação chuvosa ( $n= 7121$ ) foi um pouco maior do que na estação seca ( $n= 6974$ ). A proporção das flores de todas as síndromes de polinização que estavam disponíveis em cada mês foi variável durante o ano de estudo (Fig. 3A), havendo, contudo, predomínio de espécies melitófilas em todos os meses dos dois anos de monitoramento. Durante este estudo, as espécies com flores enquadradas nas síndromes de polinização de melitofilia, generalista, psicofilia, ornitofilia, quiropterofilia e miofilia estavam presentes.

A proporção de espécies que apresentavam a síndrome de melitofilia foi semelhante no período seco e chuvoso (Fig. 3A). No primeiro ano de estudo a proporção de indivíduos nesta síndrome apresentou pico de floração em junho de 2011, final da estação chuvosa, entre setembro e novembro na estação seca e o maior pico em dezembro de 2011, final da estação seca, não havendo diferenças significativas entre as proporções destes indivíduos em ambas as estações (Fig. 3B). Além disso, no segundo ano de monitoramento, houve pico em fevereiro de 2012, mês considerado seco.

Espécies generalistas apresentaram maior proporção de espécies floridas na estação seca ( $t=-2.3218$ ,  $g.l.=10$ ,  $p=0.04$ ) (Fig. 3A), contudo a proporção de indivíduos floridos nas estações seca e chuvosa do primeiro ano de estudo foi semelhante. Entretanto, no segundo ano de estudo, houve pico nos meses de fevereiro, março, abril e dezembro, considerados secos.

A frequência de espécies psicófilas presente na comunidade foi constante, sem diferenças entre as estações. Considerando a proporção de indivíduos psicófilos na comunidade, houve um pico no final da estação chuvosa, em junho, e outro pico durante a estação seca, durante os meses de setembro a novembro de 2011, não havendo diferenças entre a proporção de indivíduos nas duas estações. Além disso, em 2012, houve pico no mês de outubro, mês seco.

Espécies ornitófilas apresentaram frequências semelhantes de espécies floridas em ambas as estações no primeiro ano de estudo. Da mesma forma, a proporção de indivíduos floridos foi semelhante nas duas estações, com pico no final da estação chuvosa, em junho de 2011, e no final da estação seca, em novembro de 2011. No segundo ano de monitoramento a proporção de indivíduos apresentou pico nos meses de fevereiro, abril, julho e dezembro de 2012.

A síndrome de quiropterofilia estava presente com proporção semelhante de espécies ao longo do ano, sem diferenças entre o período seco e chuvoso. Contudo, a proporção de indivíduos floridos foi maior na estação seca do que na estação chuvosa ( $t=-5.2172$ ,  $g.l.=10$ ,  $p<0.01$ ), apresentando pico de agosto a novembro de 2011. Em 2012, a proporção de indivíduos foi baixa, havendo apenas um pico em maio.

A miofilia estava presente na comunidade com proporções semelhantes de espécies e indivíduos nas estações chuvosa e seca, com maiores picos de indivíduos floridos em junho e novembro de 2011 e em julho e setembro de 2012.

A síndrome de cantarofilia foi representada apenas por três espécies, observadas com flores tanto na estação seca quanto na estação chuvosa. A proporção de espécies e indivíduos que floriram nas duas estações foi semelhante. Apenas uma espécie apresentou a síndrome de

esfingofilia, apresentando floração principalmente durante a estação seca, havendo florido também em fevereiro de 2012, período chuvoso. Ambas as síndromes não estiveram presentes de forma contínua no local de estudo.

#### Diversidade Funcional

Considerado o número de espécies em cada síndrome como abundância, verificou-se que os valores dos índices de equitabilidade ( $J'$ ), diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e Simpson ( $1-\lambda'$ ), na estação chuvosa ( $J'= 0,8110$ ,  $H'= 2,5708$  e  $1-\lambda'= 0,7904$ ) e seca ( $J'= 0,8018$ ,  $H'= 2,5417$  e  $1-\lambda'= 0,7900$ ) foram similares, não havendo diferenças significativas do índice de Shannon-Weiner entre as estações ( $p > 0.05$ )

Considerando o número de indivíduos em cada síndrome como abundância, O valor de equitabilidade ( $J'$ ) do período chuvoso ( $J'=0,6440$ ) foi menor que no período seco ( $J'=0,7109$ ), apresentando menor valor de Shannon-Wiener ( $H'=2,0416$ ) e Simpson ( $1-\lambda'=0,6502$ ) do que no período chuvoso ( $H'= 2,2537$  e  $1-\lambda'= 0,7382$ ), não havendo diferença significativa do índice de Shannon-Weiner entre as estações ( $p > 0.05$ ).

## DISCUSSÃO

As análises realizadas neste estudo nos permitiram entender melhor a distribuição dos recursos florais e síndromes de polinização, importante para a manutenção dos polinizadores e conseqüentemente para entender melhor o funcionamento de diferentes ecossistemas no semiárido. A proporção semelhante de espécies e indivíduos que produzem néctar tanto na estação seca quanto na estação chuvosa torna este recurso disponível para os animais polinizadores durante todo o ano. Contudo, mesmo não havendo diferença entre essa proporção nas estações, maiores índices pluviométricos mais altos fazem com que a produção de néctar seja maior, podendo assim, haver maior volume deste recurso durante o período chuvoso (Quirino e Machado, no prelo). Este recurso tem grande importância na alimentação de indivíduos adultos e das larvas de abelhas (Faegri e Pijl, 1979; Endress, 1994).

O pólen, um recurso também contínuo ao longo do ano na caatinga, que é o ecossistema circundante do local de estudo, é importante para alimentação das larvas (Faegri e Pijl, 1979; Endress, 1994), de forma que a presença dos dois recursos, néctar e pólen, ao longo do ano na comunidade permite a manutenção dos animais polinizadores adultos, além da próxima geração de insetos.

Apesar de o óleo ser ofertado por um baixo número de espécies, sua disponibilidade também contínua, faz com que um grupo de abelhas, bastante especializado (Alves-dos-Santos *et al.*, 2007), capaz de coletar e manipular este recurso possa ser mantido ao longo do ano. A produção exclusiva deste recurso por apenas uma família, Malpighiaceae, no local de estudo, também é bastante restrita em Caatinga, ocorrendo em apenas duas famílias (Scrophulariaceae e Malpighiaceae), justificando a baixa produção neste ecossistema (Segundo Aguiar *et al.*, 2003; Machado, 2004, Machado e Lopes, 2003, 2004; Quirino e Machado no prelo).

A produção de resina de forma ininterrupta por apenas uma espécie também é bem restrita, não sendo verificada em algumas áreas de Caatinga (Quirino e Machado no prelo). A produção ao longo do ano permite a manutenção de abelhas que dependem deste recurso para a construção de ninhos (Armbruster 1984; Faegri e Pijl 1979; Endress, 1994; Proctor *et al.* 1996).

A presença de flores melitófilas em ambas as estações seca e chuvosa permite a manutenção deste grupo de polinizadores, da mesma forma que o encontrado em Caatinga, havendo, contudo, nesse ecossistema um maior número de espécies que floresceram na estação chuvosa ou durante a transição para a estação seca. A maior frequência de espécies generalistas na estação seca pode ser considerado um fator importante para a manutenção de diversos grupos polinizadores, pois o recurso nessas flores é bastante acessível (Faegri e Pijl, 1979; Endress, 1994). Isto possibilita que na estação seca uma grande quantidade de animais polinizadores se alimente.

A proporção de espécies quiropterófilas semelhante nas duas estações também permite a manutenção dos morcegos. Quirino e Machado (no prelo) verificaram que em Caatinga não há continuidade na floração das espécies quiropterófilas, sendo neste ambiente compensado pela disponibilidade local de frutos, que também podem se alimentar de frutos. Dessa forma outros recursos podem suprir a necessidade desse grupo de animais quando a proporção de indivíduos que produzem flores quiropterófilas for pequena.

Mesmo as espécies classificadas nas síndromes de psicofilia, ornitofilia, miofilia, e quiropterofilia apresentando um baixo número de espécies, a proporção do número de espécies e indivíduos foi também semelhante nas duas estações. Contudo as descontinuidades da floração das espécies cantarófilas e esfingófilas não garantem a manutenção dos seus polinizadores ao longo do ano.

As análises considerando a proporção de espécies e indivíduos permitem ter um resultado mais real de como os recursos florais estão distribuídos no ambiente, visto que todos os indivíduos da comunidade são considerados, como visto neste estudo.

O fato de que a riqueza e número de espécies e indivíduos dentro de cada síndrome de polinização, e os índices de  $J'$ ,  $H'$  e  $1-\lambda'$  são semelhantes na época chuvosa e seca pode-se afirmar que este ecossistema é bastante diverso independente da estação. Dessa forma, no local de estudo, há uma grande variedade de síndromes de polinização, permitindo que diferentes grupos de polinizadores sejam atraídos e tenham acesso aos recursos florais.

Portanto, neste estudo, pode-se concluir que a distribuição de recursos e das síndromes de polinização no ecossistema estudado é mais contínuo e regular do que em Caatinga. Essa distribuição dos recursos e síndromes permite a manutenção dos animais polinizadores ao longo do ano, com exceção das espécies cantarófilas e esfingófilas. Além disso, o fato de não haver diferenças na diversidade funcional entre a época seca e chuvosa pode-se concluir que o local de estudo é bastante diverso, sendo necessária a preservação destas áreas para manutenção dos processos ecossistêmicos.

## AGRADECIMENTOS

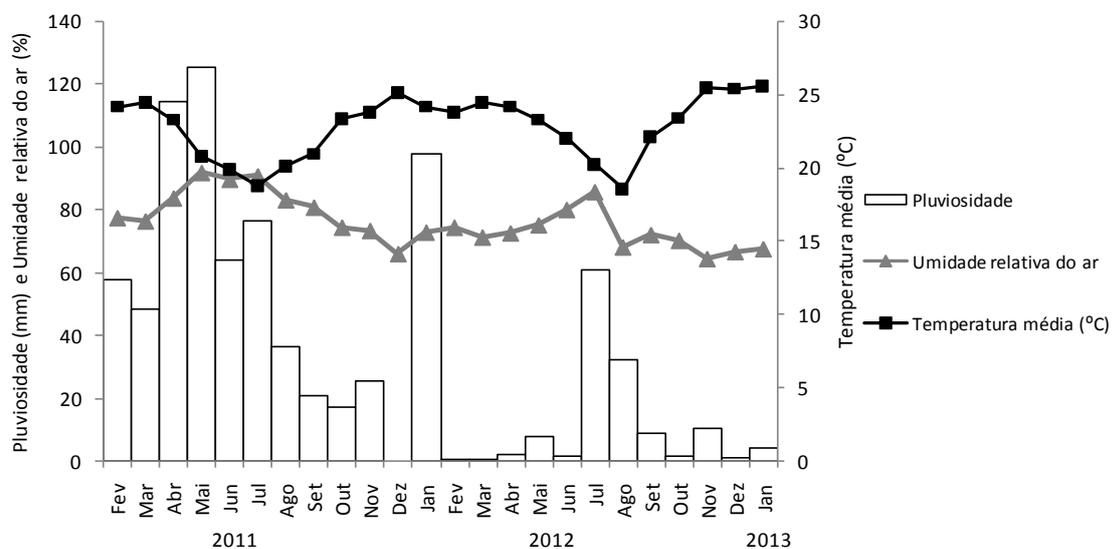
Gostaríamos de agradecer à Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo financiamento e bolsa de pesquisa de Mestrado para a primeira autora (IBPG-0452-2.05/10) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (CNPq/ICMBio) pelo financiamento do projeto “Perturbação antrópica, invasão biológica e biologia reprodutiva no Parque Nacional do Catimbau: estaria a Caatinga se transformando em um ecossistema emergente?” ( 55205/2011-9), que este estudo está incluído. Gostaríamos de agradecer também ao Dr<sup>o</sup> André Maurício Santos (UFPE) pela ajuda e indicação do teste estatístico para comparação da diversidade funcional entre os ecossistemas, à Tasso Brito pela ajuda na confecção das placas utilizadas para a marcação dos indivíduos para acompanhamento fenológico, e à Elivania Barral (UFPE) e Shirlei Ferreira (UFPE) pela ajuda na marcação dos indivíduos em campo e na coleta de dados.

## REFERÊNCIAS

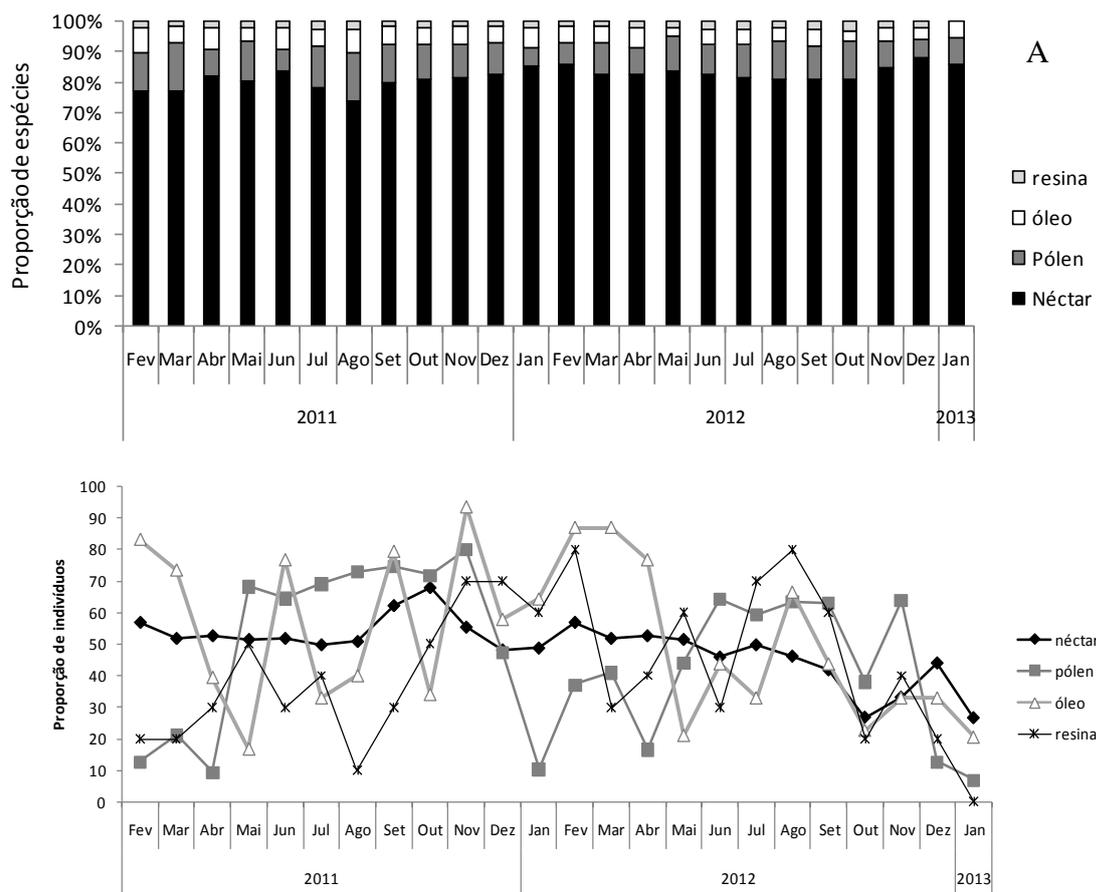
- Aguiar, C.M.L, Zanella, F.C.V., Celso F. Martins, C.F., Carvalho, C.A.L., 2003. Plantas Visitadas por *Centris* spp. (Hymenoptera: Apidae) na Caatinga para obtenção de recursos florais. *Neotropical Entomology* 32, 247-259.
- Alves-Dos-Santos, I., Machado, I.C., Gaglianone, M. C., 2007. História natural das abelhas coletoras de óleo. *Oecologia Brasiliensis* 11, 544-557.
- Amasino, R., 2010. *Arabidopsis*: A rich harvest 10 years after completion of the genome sequence. *The Plant Journal* 61, 1001–1013.
- Anderson, D.P., Nordheim, E.V., Moermond, T.C., Bi, Z.B.G., Boesch, C., 2005. Factors Influencing Tree Phenology in Tai National Park, C’ote d’Ivoire. *Biotropica* 37, 631–640.
- Andrade, K.V.S.A., Rodal, M.J.N., Lucena, M.F.A., Gomes, A.P.S., 2004. Composição florística de um trecho do Parque Nacional do Vale do Catimbau, Buíquê, Pernambuco - Brasil. *Hoehnea* 31, 337-348.
- Armbruster, W.S., 1984. The role of resin in Angiosperm pollination: ecological and chemical considerations. *American Journal of Botany* 71, 1149-1160.
- Ayres, M., Ayres Jr., M., Ayres, D.L., Santos, A.S., 2007. BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. IDSM/MCT/CNPq, Belém.
- CPTEC/INPE. 2011. Banco de dados climáticos. Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/climatologia/Controller>> (acesso em 17/01/2011).
- Endress, P. K. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge University Press, Cambridge.
- Faegri, K., Pijl, L. Van Der., 1979. The principles of pollination ecology. 3. ed. Pergamon Press. London.
- Gentry, A.H., 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6, 64-68.
- Girão, L.C., Lopes, A.V.L., Tabarelli, M., Bruna, E.M., 2007. Changes in tree reproductive traits reduce functional diversity in a fragmented Atlantic Forest landscape. *Plos one* 9, 1-12.
- Gomes, A.P.S., Rodal, M.J.N., Melo, A.L., 2006. Florística e fitogeografia da vegetação arbustiva subcaducifólia da Chapada de São José, Buique, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* 20, 37-48.
- Hutcheson, K., 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *Journal of Theoretical Biology* 29, 151-154

- Janzen, D.H., 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution* 21, 620-637.
- Machado, I.C., Lopes, A.V., 2003. Recursos florais e sistemas de Polinização E Sexuais Em Caatinga. In: Leal, I.R., Tabarelli, M., Silva, J.M.C., (Ed.). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Editora Universitária UFPE, Recife, pp. 515-563.
- Machado, I.C., 2004. Oil-collecting bees and related plants: a review of the studies in the last twenty years and case histories of plants occurring in Ne Brazil. In: B. M. Freitas, B.M., Pereira, J.O.P., (Ed.). *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Imprensa Universitária, Fortaleza, pp. 255-280.
- Machado, I.C., Lopes, A.V., 2004. Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Annals of Botany* 94, 365-376.
- Morellato, L.P.C., Leitão Filho, H.F., 1996. Reproductive phenology of climbers in a Southeastern Brazilian forest. *Biotropica* 28, 180-191.
- Newstrom L.E., Frankie, G.W., Baker, H.G., 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26, 141-159.
- Pauw, A., 2006. Floral syndromes accurately predict pollination by a specialized oil-collecting bee (*Rediviva peringueyi*, Melittidae) in a guild of South Orchids (Coryciinae). *American Journal of Botany* 93, 917-926
- Proctor, M., Yeo, P., Lack, A., 1996. *The natural history of pollination*. London, Harper Collins Publishers.
- Quirino, Z.G.M., Machado, I.C., no prelo. Pollination syndromes in a Caatinga plant community in northeastern Brazil: seasonal availability of floral resources in different plant growth habits. *Brazilian Journal of Biology*.
- Rodal, M. J. N., Andrade, K. V. A., Sales, M. F., Gomes, A. P. F. 1998. Fitossociologia do Componente Lenhoso de um Refúgio Vegetal no Município de Buíque, Pernambuco. *Revista Brasileira de Biologia* 58, 517-526.
- Sampaio, E.V.S.B., 1995. Overview of the Brazilian Caatinga. In: Bullock, S.H., Mooney, H.A., Medina, E. (Eds.) *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 35-63.
- Talora, D.C., Morellato, P.C., 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista brasileira de Botânica* 23, 13-26.
- Wolf, L.L., 1970. The Impact of Seasonal Flowering on the Biology of Some Tropical Hummingbirds. *The Condor* 72, 1-14.

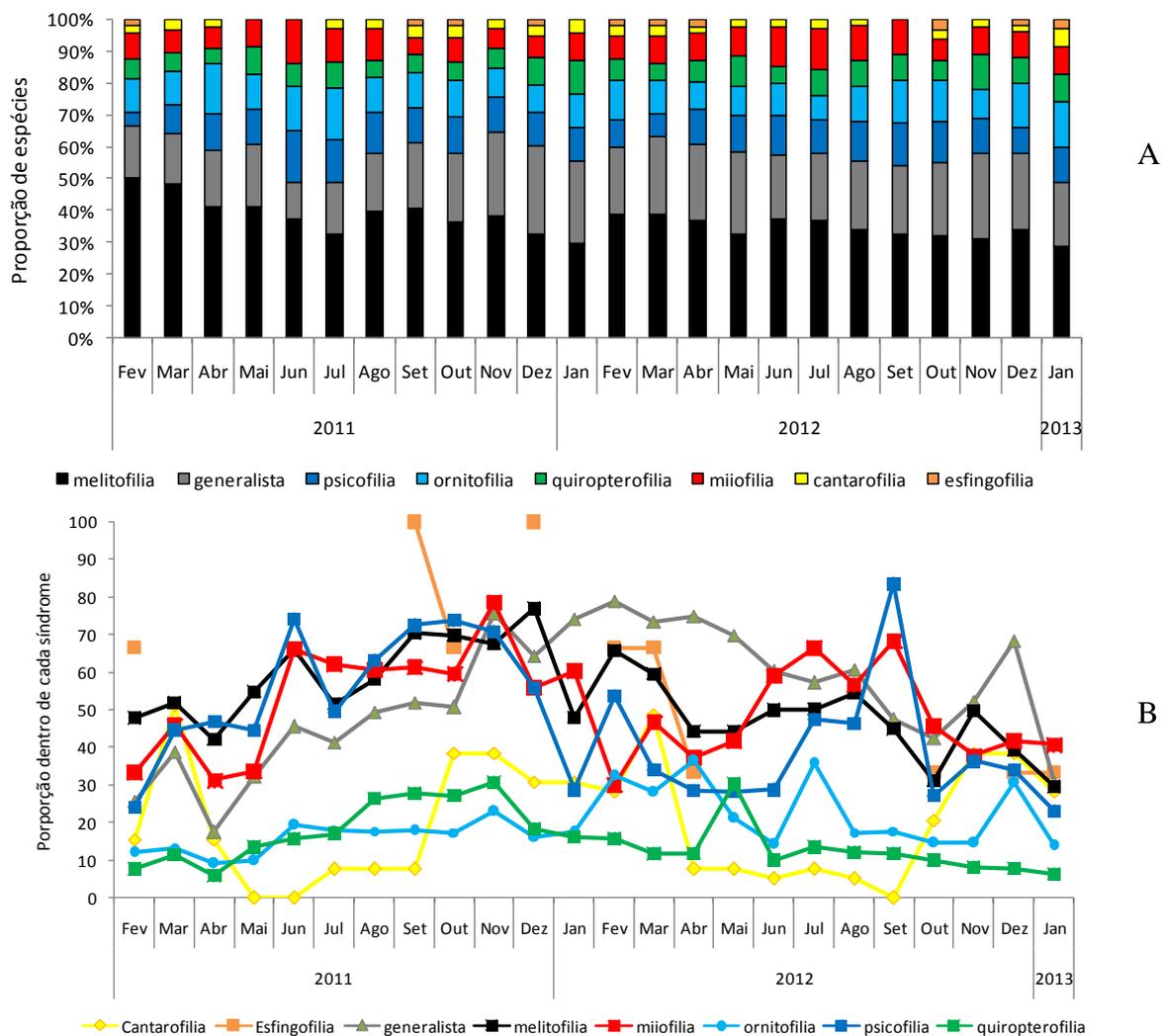
## FIGURAS



**Fig. 1.** Dados meteorológicos do município de Arcoverde, mais próximo do local de estudo, o Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco, Brasil, utilizado para definir o período chuvoso e seco, no período de fevereiro de 2011 a janeiro de 2013.



**Fig. 2** Proporção dos recursos florais pelo número de espécies (A) e número de indivíduos (B) no Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco, Brasil, durante o período de fevereiro de 2011 a janeiro de 2013.



**Fig. 3** Proporção das síndromes de polinização pelo número de espécies (A) e número de indivíduos (B) no Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco, Brasil, durante o período de fevereiro de 2011 a janeiro de 2012.

## ANEXO A. NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO BIOTROPICA

### BIOTROPICA

Author Guidelines

Categories of manuscripts

Preparing your manuscript

Submitting your manuscript

Accepted manuscripts

Download the manuscript template here

Biotropica is a leading source of original research on the ecology, conservation, and management of all tropical ecosystems, and on the evolution, behavior, and population biology of tropical organisms. Manuscripts for consideration in Biotropica may cover any aspect of tropical biology and conservation, but be of general interest to the global community of tropical biologists, with contents of lasting value and significance.

### IS YOUR MANUSCRIPT SUITABLE?

The number of submissions to Biotropica far exceeds the number of papers that we can publish. As a result, we must be very selective in what we choose to send out to review, and many manuscripts are rejected without review based on an evaluation of suitability by the Editors. Before submitting your manuscript to Biotropica please consider the following:

- Does your manuscript address a topic of broad general interest?
- Can you clearly describe the novelty of your study?
- Does it test clearly defined hypotheses and is advancing an ecological, evolutionary, or conservation concept of broad relevance?
- Will your study be relevant to readers in other tropical regions?

As normas completas para publicação podem ser acessadas em:  
<[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1744-7429/homepage/ForAuthors.html](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1744-7429/homepage/ForAuthors.html)>

## ANEXO B. NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO FLORA

### GUIDE FOR AUTHORS

#### Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details. Ensure that the following items are present: One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded: Manuscript:

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print Graphical Abstracts / Highlights files (where applicable) Supplemental files (where applicable) Further considerations
- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- Relevant declarations of interest have been made • Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements For further information, visit our Support Center.

As normas completas para publicação podem ser acessadas em:  
<<https://www.elsevier.com/journals/flora/0367-2530/guide-for-authors>>