Universidade Federal de Ouro Preto
Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Biomas Tropicais

Biologia reprodutiva de duas espécies de Cactaceae, pertencentes ao gênero *Cipocereus* no Parque Estadual do Rio Preto, Minas Gerais

Cristiane Martins Leandro

2013

Universidade Federal de Ouro Preto
Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Biomas Tropicais

Biologia reprodutiva de duas espécies de Cactaceae, pertencentes ao gênero *Cipocereus* no Parque Estadual do Rio Preto, Minas Gerais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia de Biomas Tropicais da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientação: Profª. Drª. Yasmine Antonini Itabaiana
Co-orientação: Drª. Reisla da Silva Oliveira

Ouro Preto
2013

L437b Leandro, Cristiane Martins.
Biologia reprodutiva de dois táxons de Cactaceae, pertencentes ao gênero *Cipocereus* no Parque Estadual do Rio Preto, Minas Gerais [manuscrito] / Cristiane Martins Leandro - 2013.
vi, 46f.: il., color; graf.; tab.

Orientadora: Profª Drª Yasmine Antonini Itabaiana.
Coorientadora: Profª Drª Reisla da Silva Oliveira.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Biomas Tropicais.
Área de concentração: Ecologia.

1. Cacto - Teses. 2. Reprodução - Teses. 3. Polinização - Quiropterofilia - Teses. 4. Endemismo - Teses. 5. Espinhaço, Serra do (MG e BA) - Teses. I. Itabaiana, Yasmine Antonini. II. Oliveira, Reisla da Silva. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.
CDU: 581.5(815.1):582.661.56

Catalogação: sisbin@sisbin.ufop.br

Ministério da Educação
Universidade Federal de Ouro Preto
Programa de Pós-graduação em Ecologia de Biomas Tropicais
ICEB - Campus – Morro do Cruzeiro
Ouro Preto – MG – CEP 35.400-000
Fone: (031)3559-1747
E-mail: biomas@iceb.ufop.br

"Biologia reprodutiva de duas espécies de *Cactaceae* no Parque Estadual do Rio Preto, Minas Gerais"."

Autora: Cristiane Martins Leandro

Dissertação defendida e aprovada, em 27 de fevereiro de 2013, pela banca examinadora constituída pelos professores:

Professora Dra. Yasmine Antonini Itabaiana
Universidade Federal de Ouro Preto

Professora. Dra. Edivani Villaron Franceschinelli
Universidade Federal de Goiás

Professora Dra. Cláudia Maria Jacobi
Universidade Federal de Minas Gerais

Canção da tarde no campo

Caminho do campo verde,
estrada depois de estrada.
Cercas de flores, palmeiras,
serra azul, água calada.

Eu ando sozinha
no meio do vale,
mas a tarde é minha.

Meus pés vão pisando a terra
que é a imagem da minha vida:
tão vazia, mas tão bela,
tão certa, mas tão perdida!

Eu ando sozinha
por cima de pedras,
mas a flor é minha.

Os meus passos no caminho
são como os passos da lua:
vou chegando, vais fugindo,
minha alma é a sombra da tua.

Eu ando sozinha
por dentro dos bosques,
mas a fonte é minha.

De tanto olhar para longe,
não vejo o que passa perto.
Subo monte, desço monte,
meu peito é puro deserto.

Eu ando sozinha,
ao longo da noite,
mas a estrela é minha.

Cecília Meireles

AGRADECIMENTOS

Dentre o mundo de pessoas a quem devo meus agradecimentos pelo desenvolver deste trabalho, peço perdão por aquilo que nem um coquetel de Rescue com Stressdorom foi capaz de resolver, meu “problema de memória”. Peço minhas sinceras desculpas por aqueles que eu venha me esquecer neste momento.

Muitíssimo obrigada a Rodrigo, Juliana e Aurinha, que “na base da amizade” toparam a empreitada de um campo noturno, assombrado por muitos barulhos, sombras, morcegos e uma lendária onça.

Obrigada também...

Aos amigos do Biomas Ricardo, Débora, Vinícios Amauri (vulgo colisão) e Dani pelas trocas de ideias e pelas conversas jogadas foras, que tanto nos ajudaram a aliviar as tensões. Débora e Vini obrigada pelas “caronas” para o Parque.

Aos velhos amigos que ganhei durante a graduação, Elisa e Maurilim, pela força.

Ao casal Viviane e João, são tantas coisas a agradecer que não vai ser possível listá-las aqui. Enfim, obrigada por tudo!!!

Á Éster Bastos e ao Clemens Schlindwein pela ajuda com a análise polínica.

Á Valéria Tavares, Ligiane Moras e Ludimilla Aguiar pela identificação dos morcegos.

Ao Marco Aurélio pela força e pelos causos que incrementaram algumas das noites de campo.

Ao Robert pela ajuda com as análises estatística.

Ao Laboratório de Biodiversidade, que foi minha segunda casa nestes últimos anos. Ao pessoal hoje presente, em especial a Nathália, que muito já me ajudou, e aqueles que já seguiram outros caminhos, como meu grande amigo Ríudo o responsável por me apresentar o mundo da biodiversidade.

Aos laboratórios de Anatomia vegetal, Fisiologia vegetal, Liminologia e ao Herbário pelos tantos empréstimos.

Aos funcionários do Parque Estadual do Rio Preto, que foi minha terceira casa, nos últimos dois anos. Em especial, ao Tonhão pelo apoio e ao Zé Rocha pelas conversas ao longo das várias semanas de campo.

Aos funcionários do setor de transporte da UFOP pelo suporte.

Aos funcionários da secretaria, Rubens, Greice e Simone, pela paciência diante aos vários pedidos.

À minha família, que sempre esteve presente e torcendo por mim. Obrigada mãe pelas orações.

Ao Álvaro, por não desistir de mim, suportando bravamente minha ausência. Fica firme! Faltam só mais quatro anos.

À Cláudia Jacobi e Edivani Franchesquini por gentilmente terem aceitado o convite para a banca.

À CAPES pela concessão da bolsa e pelo custeio das atividades de pesquisa.

E finalmente, as tutoras...

À Reisla, pelos ensinamentos, conselhos e, sobretudo, pelas longas conversas e tantas risadas no laboratório, nos corredores, no campo, no bar do Alecrim...

À Yasmine, por todos esses anos de orientação, ensinamentos, por ter me confiado este trabalho e me proporcionado um dos mais lindos cenários de trabalho de campo que alguém poderia ter. Obrigada pelo PERPRETO, foi um presente!

Sumário

Introdução Geral..... 1

Capítulo 1: Biologia reprodutiva de *Cipocereus crassisepalus* (Buining & Brederoo) Zappi & N.P. Taylor (Cactacaceae: Cereeae), uma espécie endêmica da Serra do Espinhaço, Brasil..... 7

Capítulo 2: Biologia reprodutiva de *Cipocereus minensis* subsp. *leiocarpus N.P.Taylor & Zappi* (Cactaceae: Cereeae), um cacto endêmico dos campos rupestres de Minas Gerais, Brasil..... 31

Conclusões gerais..... 48

Introdução Geral

A família Cactaceae é uma das mais notáveis famílias de plantas e desde a época Pré-colombiana fascinam as pessoas, seja por suas diversas utilidades ou simplesmente por sua beleza peculiar (Anderson 2001). Os cactos são nativos do Novo Mundo, com exceção da espécie *Rhipsalis baccifera*, que também ocorre em Madagascar, no Sri Lanka e no sul da Índia. São mais de 1300 espécies distribuídas ao longo do continente Americano, desde o Canadá até o extremo sul da América do Sul (Anderson 2001; Hunt *et al*. 2006). Trata-se da segunda família de angiosperma mais diversa e endêmica do Novo Mundo (Zappi *et al*. 2011). No continente americano são considerados quatro principais centros de diversidade para a família, no primeiro lugar está o México e o sudeste dos Estados Unidos. Em seguida encontram-se os Andes, particularmente Peru e Bolívia, além do sul do Equador, nordeste do Chile e noroeste da Argentina (Taylor 1997). Mais de 70% das espécies de Cactaceae estão nessas regiões do Novo Mundo (Gibson & Nobel 1986). Considera-se o terceiro centro de diversidade o leste do Brasil, abrangendo a região nordeste e a maior parte do sudeste, com exceção do sul do Rio de Janeiro e o Estado de São Paulo (Taylor 1997; Taylor & Zappi 2004). As regiões que juntas ocupam o quarto lugar em diversidade, são o centro-oeste e sul do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina, excluindo as partes norte-oeste e sul (Taylor 1997).

Ao longo do continente americano as espécies de Cactaceae são encontradas nos mais variados ambientes, que podem ser os mais extremos desertos ou as exuberantes florestas tropicais. Concomitantemente, as espécies apresentam grande variedade de formas e tamanhos (formas simples, ramificados, globosos, colunares, epífitos e até mesmo subterrâneos) (Anderson, 2001). Outra característica importante nas cactáceas é a presença de uma estrutura exclusiva para a família, a aréola (Pimienta-Barrios & Del Castillo 2002). Uma aréola é uma estrutura altamente especializada, elevada na região nodal dos cactos e onde deveria haver uma folha, sendo que delas partem os espinhos, os gloquídeos e as flores (Gonçalves & Lorenzi 2011). A flor do cacto é uma das características mais distintivas da família, pois possui um conjunto de características importantes para uso de taxonomistas (Pimienta-Barrios & Del Castillo 2002). A característica mais fundamental para a identificação de uma flor de cactácea é o seu ovário ínfero, o que significa que o ovário ocorre abaixo do perianto e estames, apenas

algumas espécies do gênero *Pereskia* apresentam ovários súperos (Bravo-Hollis 1978; Gibson e Nobel 1986).

A variedade de síndromes florais das Cactaceae é notável, o que sugere uma interação com diferentes tipos de animais (Anderson 2001). A lista de animais que visitam flores de diferentes espécies de cactos é grande sendo registradas visitas de abelhas (nativas e introduzidas), vespas, gafanhotos, formigas, besouros, beija-flores, mariposas e morcegos (Pimienta-Barrios & Del Castillo 2002; Mandujano *et al*. 2010). Além de fonte de pólen e néctar, as cactáceas também oferecem seus frutos como recurso energético para vários animais dispersores (Zappi *et al.* 2011). Pássaros, morcegos, mamíferos terrestres, lagartos e formigas estão entre os animais que se alimentam dos frutos de cactáceas e ao mesmo tempo dispersam suas sementes (Valiente-Banuet & Arizmendi 1997; Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000; Fonseca *et al.* 2012; Lopes 2012). As espécies de Cactaceae apresentam um importante papel ecológico nas comunidades dos diferentes biomas e sua perda poderia afetar negativamente o funcionamento de determinados ecossistemas (Zappi *et al.* 2011).

Somado à sua importância ecológica, destacando-se como um importante componente florístico do Novo Mundo, a família Cactaceae também possui grande importância econômica e cultural. Desde milhares de anos atrás os cactos são um dos principais elementos de subsistência para o homem em regiões desérticas e semidesérticas. O uso de cactáceas é conhecido na alimentação humana e animal; como planta medicinal; em cerimônias religiosas; fonte de corantes e na ornamentação (Anderson 2001). Além disso, há registros, para determinadas comunidades de regiões áridas, de cactos (e suas partes) sendo utilizados como cercas vivas; fonte de fibra e material para enchimento; lenha; fonte de madeira para construções e mobílias; escova de cabelo (*Pachycereus pectenaboriginum* produz longos espinhos somente de um lado do caule); cola e resina (utilizada para vedar embarcações); controle de mosquitos; agulhas; perfume; sabão; entre outros (Anderson 2001). *Cipocereus minensis* subsp. *leiocarpus* N.P.Taylor & Zappi, uma das espécies apresentadas no presente estudo, também possui relatos de seu uso na alimentação por comunidades do entorno do Parque Estadual do Rio Preto, Diamantina (MG), onde é conhecido popularmente como “quiabo-da-lapa”.

A exploração dos cactos ocorre desde a época pré-colombiana (Boyle & Anderson 2002) e no decorrer deste tempo, direta ou indiretamente, as atividade humanas impuseram sérias ameaças a várias espécies da família. Assim como para

outras famílias de plantas, as cactáceas estão fortemente ameaçadas, principalmente pela destruição de habitats, que se dá pelos avanços da urbanização, construção de rodovias, monoculturas e mineração (Taylor 1997; Boyle Anderson 2002; Zappi *et al* 2011).

A mineração, especificamente a exploração de minério de ferro, é uma das atividades mais impactantes já que o substrato minerado encontra-se coberto pelos campos rupestres ferruginosos, uma formação vegetacional peculiar e com alto grau de endemismo tanto para fauna quanto para a flora (Jacobi & Carmo 2012). Como exemplo pode ser citada a espécie *Arthrocereus glaziovii*, de ocorrência restrita a afloramentos de campos rupestres Ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, que sofreu uma nítida redução de seu habitat (Zappi *et al* 2011).

Soma-se a essas ameaças a coleta ilegal e indiscriminada de cactos, seja para fins comerciais ou para colecionadores (Boyle & Anderson 2002). Este problema é tão alarmante em determinadas regiões que alguns pesquisadores estão adotando a política de não informar detalhadamente as localidades de espécies raras recentemente descritas em suas publicações, receosos de que seja alvo de extração predatória, como tem acontecido (Boyle & Anderson 2002). Aproximadamente 35% das espécies de Cactaceae constam na lista de espécies ameaçadas da IUCN (Boyle & Anderson 2002) e todas as espécies da família estão presentes no Apêndice II da CITES (Anderson 2001).

Neste contexto, ações prioritárias para a conservação de cactáceas vêm sendo implementadas em todo continente americano (Taylor 1997; Boyle & Anderson 2002). No Brasil, o Plano de Ação Nacional para Conservação das Cactáceas (PAN-Cactaceae), implementado no ano de 2010 e coordenado pelo Instituto Nacional Chico Mendes em parceria com outras instituições nacionais e internacionais, vem propor uma série de metas e ações de conservação para a família. O plano propõe as seguintes metas: 1) Ampliação do conhecimento sobre as espécies de Cactaceae; 2) Divulgação e proteção das áreas de ocorrência de Cactaceae ameaçadas e 3) Aprimoramento e fortalecimento das políticas públicas relacionadas às Cactaceae. Grande parte das ações sugeridas para alcançar estas metas aponta a necessidade de pesquisas científicas básicas e que o conhecimento das espécies é imprescindível para estratégias de conservação (Ribeiro-Silva *et al.* 2011).

Este trabalho foi dividido em dois capítulos que tratam dos estudos sobre biologia reprodutiva de duas espécies de Cactaceae, que se encontram distribuídas em regiões apontadas pelo PAN-Cactaceae como uma das áreas de maior prioridades para as ações de conservação, os campos rupestres do Estado de Minas Gerais (Zappi &

Taylor 2011). No primeiro capítulo abordo a espécie *Cipocereus crassisepalus* (Buining & Brederoo) Zappi & N.P. Taylor e no capítulo seguinte *Cipocereus minensis* subsp. *leiocarpus* N.P.Taylor & Zappi. Os dois táxons estudados são endêmicos do Estado de Minas Gerais, assim como acontece com todas as espécies do gênero (Taylor & Zappi 2004; Taylor e Zappi 2008). O principal objetivo desses trabalhos foi contribuir com a ampliação do conhecimento sobre as cactáceas brasileiras, fornecendo informações de aspectos envolvidos no processo reprodutivo das referidas espécies, como biologia floral, sistema reprodutivo e polinização.

Referências Bibliográficas

Anderson E.F. (2001) *The cactus family*. Timber Press, Portland, Oregon, USA: 776 pp.

Boyle T.H. & Anderson E.F. (2002) Biodiversity and Conservation. In: Nobel P.S. (Ed), *Cacti: Biology and uses*. University of California Press, Berkeley, California, USA: 125-141.

Bravo-Hollis, H. 1978. *Las Cactáceas de México,* Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City. 744p.

Fonseca R.B.S., Funch, L.S., Borba E.L. (2012) Dispersão de sementes de *Melocactus glaucescens e M. paucispinus* (Cactaceae), no Município de Morro do Chapéu, Chapada Diamantina – BA. *Acta Botanica Brasilica* **26**(2): 481-492.

Gibson A.C. & Nobel P.S. (1986) *The Cactus Primer*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. 287p.

Gonçalves E.G. & Lorenzi H. (2011) *Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares*. Segunda Edição. Instituto Plantarum de Estudos da Flora. São Paulo. 512p.

Hunt D., Taylor N.P., Charles, C. (2006) *The New Cactus Lexicon*, 2 vols., DH Publications, Milborne Port. UK.

Jacobi C.M. & Carmo F.F. (2012) Diversidade florística nas cangas do Quadrilátero Ferrífero. Belo Horizonte, Minas Gerais. 240p.

Lopes L.T. (2012) Fenologia, biologia reprodutiva, germinação e desenvolvimento inicial de *Cipocereus minensis* subsp. *leiocarpus* N. P. Taylor & Zappi (Cactaceae) no Planalto de Diamantina-MG. Dissertação de mestrado, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Minas Gerais. 123p.

Mandujano M.C., Carrillo-Angeles I.G., Martínez-Peralta C., Golubov J. (2010) Reproductive biology of Cactaceae. In: K. G. Ramawat (Ed.), *Desert Plants – Biology and Biotechnology*, Springer Berlin, Heidelberg, DE: 197–230.

Pimienta-Barrios E. & Del Castillo R.F. (2002) Reproductive biology. In*:* Nobel S.P. (Ed), *Cacti, biology and uses*. University of California Press, Berkeley, California, USA: 75–90.

Ribeiro-Silva S., Zappi D., Taylor N., Machado M. (Org.), *Plano de ação nacional para a conservação das cactáceas,* Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBIO, Brasília, Brasil.113p.

Rojas-Aréchiga M. & Vázquez-Yanes C. (2000) Cactus seed germination: a review. *Journal of Arid Environments* **44**, 85–104.

Taylor N. (1997) Cactaceae. In: Oldfield S. (comp.). *Cactus and Succulent Plants – Status Survey and Conservation Action Plan*. IUCN/SSC Cactus and Succulent Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK: 212 pp.

Taylor N.P. & Zappi D.C. (2004) *Cacti of Eastern Brazil*. Kew: Royal Botanic Gardens, Kew, UK: 499 pp.

Taylor N.P. & Zappi D.C. (2008) A neglected species of *Cipocereus*. *Cactaceae Systematics Initiatives,* **24**, 8-11.

Valiente-Banuet, A. & Arizmendi, M. del C. (1997) Interacción entre cactáceas y animales: polinización, dispersión de semillas y nuevos individuos. In: Valles Septién, C. (Ed.), *Suculentas Mexicanas/Cactáceas*. D.F.: CVS Publicaciones. México: 61–67.

Zappi D., Ribeiro-Silva S., Aona L.Y.S., Taylor N. (2011) Aspectos ecológicos e biologia reprodutiva. In: Ribeiro-Silva S., Zappi D., Taylor N., Machado M. (Org.), *Plano de ação nacional para a conservação das cactáceas,* Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBIO, Brasília, Brasil: 38-43.

Zappi D. & Taylor N. (2011) Status de Conservação. In: Ribeiro-Silva S., Zappi D., Taylor N., Machado M. (Org.), *Plano de ação nacional para a conservação das cactáceas,* Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBIO, Brasília, Brasil: 57-63.

Zappi D., Taylor N., Larocca J. (2011) A riqueza das Cactaceae no Brasil. In: Ribeiro-Silva S., Zappi D., Taylor N., Machado M. (Org.), *Plano de ação nacional para a conservação das cactáceas,* Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBIO, Brasília, Brasil: 17-29.

Zappi D., Taylor N., Machado M., Santos, M.R. (2011) Ameaças. In: Ribeiro-Silva S., Zappi D., Taylor N., Machado M. (Org.), *Plano de ação nacional para a conservação das cactáceas,* Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBIO, Brasília, Brasil: 55-57.

Capítulo 1. **Biologia reprodutiva de *Cipocereus crassisepalus* (Buining & Brederoo) Zappi & N.P. Taylor (Cactacaceae: Cereeae), uma espécie endêmica da Serra do Espinhaço, Brasil**

Resumo

A família Cactaceae é nativa do novo mundo e o leste do Brasil é seu terceiro centro de diversidade. *Cipocereus crassisepalus* é uma espécie de cacto colunar rara, endêmica da porção mineira da Cadeia do Espinhaço e ameaçada de extinção. O principal objetivo deste estudo foi investigar a biologia reprodutiva de uma população de *C. crassisepalus* que ocorre no Parque Estadual do Rio Preto, Minas Gerais. Para isso, foram realizados estudos sobre a biologia floral, sistema reprodutivo e visitantes florais. Os resultados demonstram que as características florais da espécie estudada encaixam-se na síndrome de quiropterofilia. O sistema reprodutivo é auto-incompatível, o que torna a espécie dependente de polinizadores para sua reprodução sexuada. Experimentos de exclusão de visitantes, juntamente com o tratamento de polinização manual diurno, demonstraram que os visitantes mais efetivos para a polinização são os noturnos. Onze espécies de morcegos foram capturadas e quatro delas eram espécies nectarívoras. No entanto, grãos de pólen de *Cipocereus* foram encontrados somente em uma espécie, *Anoura caudifer*, que certamente é o principal polinizador de *C. crassisepalus*..

Palavras-chave: cacto-colunar; espécie ameaçada; quiropterofia; auto-incompatibilidade; polinização.

Abstract

The Cactaceae family is native to the New World and eastern Brazil is his third center of diversity. *Cipocereus crassisepalus* is a kind of columnar cactus rare, endemic to the Espinhaço Mountain and endangered. The aim of this study was to investigate the reproductive biology of a population of *C. crassisepalus* occurring in the State Park of Rio Preto, Minas Gerais. For this, studies were carried out on the floral biology, reproductive system and floral visitors. For this, studies were carried out on the floral biology, reproductive system and floral visitors. The results demonstrate that floral characteristics of the studied species fit on chiropterophily syndrome. The reproductive system is self-incompatible, which makes the species dependent on pollinators for sexual reproduction. The reproductive system is self-incompatible, which makes the species dependent on pollinators for sexual reproduction. Experiments of exclusion of visitors along with the hand pollination treatment day demonstrated that the most effective for pollination visitors are nocturnal. Eleven species of bats were captured and four of them were nectarivorous species. However, pollen grains of *Cipocereus* were found only in one species, the *Anoura caudifer*, which certainly is the main pollinator of *C. crassisepalus*.

Keywords: cactus-columnar; endangered species; quiropterofia; self-incompatibility; pollination.

Introdução

A família Cactaceae é natural do novo mundo, com apenas uma espécie ocorrendo fora do continente Americano. Nas regiões neotropicais suas espécies estão distribuídas desde o Canadá até o extremo sul da América do Sul (Anderson 2001), compreendendo mais de 1300 espécies (Hunt *et al.* 2006). Os três principais centros de diversidade no novo mundo são o México e os Estados Unidos, seguidos pelos Andes, mais especificamente no Peru e Bolívia. O Brasil possui o terceiro centro de diversidade de cactáceas, sendo registradas mais de 220 espécies, com um percentual de endemismo de 78% (Taylor & Zappi 2004; Zappi *et al.* 2010; Taylor 1997). Espécies de Cactaceae ocorrem em uma grande variedade de ambientes, consequentemente resultando em cactos de diferentes formas e tamanhos, e que apresentam uma grande diversidade de tipos florais (Anderson 2001; Grant & Grant 1979).

As espécies de Cactaceae apresentam uma variedade de síndromes florais devido à sua ampla diversidade floral, com variações em relação à forma, tamanho, horário de antese e recursos oferecidos (Grant & Grant 1979; Faegri & Van der Pijl 1979). As flores de cactos são exclusivamente zoófilas (Grant & Grant 1979; Anderson 2001), sendo possível observar espécies de diferentes grupos visitando-as como abelhas (nativas e introduzidas), vespas, gafanhotos, formigas, besouros, beija-flores, mariposas e morcegos (Pimienta-Barrios & Del Castillo 2002; Mandujano *et al*. 2010).Vários estudos têm demonstrado que grande parte das espécies de cactos reproduzem-se obrigatoriamente por fertilização cruzada e muitas espécies apresentando sistema reprodutivo de auto-incompatibilidade (AI) (Ross 1981). Acredita-se que a AI ocorra em cerca de 30% dos gêneros de três das subfamílias mais diversas de Cactaceae, sendo uma condição reprodutiva amplamente difundida nesta família (Boyle 1997), o que torna essas espécies extremante dependente dos serviços de polinização em seu processo reprodutivo. Embora a necessidade de polinizadores na produção de semente possa ser um fator limitante para o crescimento das populações, a reprodução por meio de cruzamentos contribui diretamente para a diversidade genética da espécie, induzindo a manutenção do fluxo gênico entre as populações (Hamrick & Godt 1996).

Estudos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de conhecer quais são os polinizadores das espécies de cactáceas distribuídas no novo mundo, e estes têm revelado questões importantes quanto ao padrão geográfico desta interação. Estudos

desenvolvidos com cactos colunares no México indicam a existência de diferentes graus de dependência quanto a polinizadores específicos (Fleming *et al.* 2001; Munguía-Rosas *et al.* 2009). Os morcegos nectarívoros são considerados os principais polinizadores de grande parte das espécies dos cactos colunares, apresentando um sistema de polinização especializado, com uma forte dependência destes animais na produção de sementes (Nassar *et al.* 1997; Fleming *et al.* 2001, 2009; Valiente-Banuet *et al*. 2004, Munguía-Rosas *et al.* 2009). No entanto, este sistema parece ser predominante nas regiões tropicais, pois com o aumento da latitude em direção as regiões extra-tropicais, os sistemas de polinização apresentam-se mais generalista, com outros grupos de polinizadores como abelhas, mariposas e beija- flores, contribuindo fortemente na formação de sementes (Munguía-Rosas *et al*. 2009).

Em Cactaceae, os cactos colunares estão distribuídos principalmente dentro de quatro tribos, todas pertencentes à subfamília Cactoideae (Browningieae, Cereeae, Pachycereeae, e Trichocereeae) e são representados por cerca de 25 gêneros e 170 espécies (Fleming & Valiente-Banuet 2002). Inserido na tribo Cereeae, a mais bem representada tribo do leste do Brasil, encontra-se o gênero *Cipocereus*, o qual compreende seis espécies com distribuição restrita à Cadeia do Espinhaço, especificamente a porção inserida no estado de Minas Gerais (Taylor & Zappi 2004; Zappi *et al*. 2010). Região esta reconhecida internacionalmente pela sua importância biológica e geológica como Reserva da Biosfera pelo Programa Homem e Biosfera da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) desde 2005 (Rapini *et a.* 2009). A Serra do Espinhaço é marcada pelo elevado grau de endemismo, abrangendo três importantes biomas brasileiros, a Mata Atlântica, o Cerrado e a Caatinga. A espécie de cacto colunar *Cipocereus crassisepalus* (Buining & Brederoo) Zappi & N.P.Taylor é uma das poucas espécies de cactos terrestres que habitam o cerrado e sua distribuição esta associada a áreas arenosas deste bioma interligadas aos afloramentos de rochas cristalinas (Taylor & Zappi 2004). Trata-se de uma espécie rara, de ocorrência e ocupação restrita com poucas populações registradas. Os municípios de Diamantina, Itamarandiba e Rio Vermelho são os únicos locais de registros para a espécie até então (Taylor & Zappi 2004; Machado 2009). *C. crassisepalus* encontra-se na lista da IUCN, na categoria de vulnerável (VU), ameaçada principalmente pela crescente destruição de seu habitat pelos produtores de carvão (IUCN 2012).

Apesar da grande diversidade e peculiaridade das espécies, o conhecimento da biologia reprodutiva de cactáceas brasileiras é escasso (Zappi *et al.* 2011). Os estudos com cactos colunares já realizados no Brasil são Locatelli *et al.* 1997 (*Pilosocereus catingicola*), Aona *et al.* 2006 (*Micranthocereus flaviflorus, M. steckeri e M. purpureus*), Rocha *et al*. 2007 (*Pilosocereus tuberculatus*) e Rego *et al*. 2012 (*Cipocereus laniflorus*) e *C. minensis* subsp. *leiocarpus* (Lopes 2011; Cristiane Martins ver cap. 2) . A maior parte dos estudos sobre biologia reprodutiva de cactáceas está restrita à espécies do México, América central e Noroeste da América do Sul (Rocha *et al*. 2007).

Dessa forma, considerando a importância e a carência de estudos ecológicos envolvendo cactáceas brasileiras, sua relevância no entendimento de padrões reprodutivos envolvendo as espécies desta família ao longo de sua distribuição global, e considerando sobretudo a condição de endemismo e ameaça de *Cipocereus crassisepalus* (Buining & Brederoo) Zappi & N.P. Taylor este estudo teve por objetivo caracterizar sua biologia reprodutiva, enfocando aspectos da biologia floral, sistema reprodutivo e polinização.

Materiais e Métodos

Área de Estudo

O presente estudo foi realizado no período de Maio de 2011 a Janeiro de 2012. As populações estudadas estão inseridas no Parque Estadual do Rio Preto (PERPRETO) que possui uma área total de 10.750 hectares localizado no município de São Gonçalo do Rio Preto (Figura 1). Está situado na região alta do Vale do Jequitinhonha, inserido no complexo da Serra do Espinhaço. A vegetação do PERPRETO é característica do bioma Cerrado, com a presença de formações campestres, savânicas, além de floresta estacional semidecidual nas vertentes de rios e córregos. O clima da região é tipicamente tropical com uma estação chuvosa e outra seca bem definida. A estação chuvosa ocorre no período de novembro a março e a estação seca de junho a agosto, com médias de precipitação pluviométrica de 223,19 mm e 8,25 mm, respectivamente. A temperatura média anual é de 18,9 °C. As médias mensais apresentam pequena variação ao longo do ano, sendo fevereiro o mês mais quente, com 20,9 °C e julho o mais frio, com 16,1 °C (IEF 2004).

Figura 1. Área de estudo no PERPRETO (A) e indivíduo de *Cipocereus crassisepalus* (B).

Espécie estudada

O gênero *Cipocereus* pertence à subfamília Cactoideae, tribo Cereeae e possui um total de seis espécies descritas (Zappi *et al*. 2010). O gênero é caracterizado por seus frutos azuis, ovoides e indeiscentes com polpa translúcida, o que os distinguem dos demais gêneros da tribo (Taylor & Zappi 2004). A espécie *Cipocereus crassisepalus* (Buining & Brederoo) Zappi & N.P.Taylor é um cacto colunar, alcançando até 3 metros de altura, de caule verde, pouco ramificado, com 4 a 6 costelas. Suas flores são de cor creme, apresentam antese noturna e frutos azul-escuros ovoides (Taylor & Zappi 2004, Machado 2009) (Figura 2). Esta espécie é endêmica do estado de Minas Gerais, Brasil, com distribuição restrita a Cadeia do Espinhaço, ocorrendo em áreas com abundantes depósitos de areia quartzítica (Taylor & Zappi, 2004) (Figura 1). A população estudada é simpátrica a quatro outras espécies de Cactaceae, sendo duas delas em estreita simpatria, que são *Discocactus pseudoinsignis* N. P. Taylor & Zappi e *Cereus sp*. As outras duas espécies que ocorrem em afloramentos rochosos nas proximidades de onde localizam-se a população de *C. crassisepalus* são *Pilosocereus aurisetus* (Werderm.) Byles & G.D. Rowley e *Cipocereus minensis* subsp. *leiocarpus* (F. Ritter) N.P. Taylor & Zappi.

A floração de *C. crassisepalus* acontece em dois períodos no ano, com uma floração na época seca, compreendendo principalmente os meses de junho a agosto; e

outra na estação chuvosa, por volta dos meses de dezembro e janeiro. Ocorre sobreposição nas florações de *C. crassisepalus* e *C. minensis* subsp. *leiocarpus*, durante a estação seca, sendo que a intensidade de floração da última é visivelmente menor, com poucos indivíduos em estágio reprodutivo e com poucos botões. Na estação chuvosa, é *Discocactus pseudoinsignis* que floresce concomitantemente com *C. crassisepalus*.

Figura 2. Flor (A), botão e fruto (B) de *Cipocereus crassisepalus*.

Morfologia e Biologia Florais

Em campo foram realizadas observações sobre a coloração, odor, horário de antese e duração das flores. Um total de 25 flores de diferentes indivíduos foram previamente ensacadas, com saco de voal, ainda em estágio de botão para determinação do volume acumulado e concentração de néctar. Para isso, foram utilizados seringa (100 µL) e refratômetro de mão. A produção de néctar foi medida pela avaliação do volume de néctar acumulado durante todo o período de antese. As flores permaneceram ensacadas durante este período e a retirada do néctar foi realizada entre 8:00 e 09:30 da manhã. A receptividade do estigma foi testada com peróxido de hidrogênio a 10%.

Para descrição da morfologia floral foram coletadas 20 flores de diferentes indivíduos, preservadas em FAA por 24 horas e então transferidas para álcool 70%. Foram mensurados: diâmetro da corola, comprimento externo da flor, comprimento do

tubo interno, comprimento e largura da câmara de néctar, comprimento do estigma+estilete, número de lóbulos do estigma, comprimento dos estames, número de anteras e de óvulos.

Sistema Reprodutivo

Para identificação do sistema reprodutivo foram realizados os seguintes tratamentos: (1) autopolinização espontânea: botões florais foram ensacados em fase de pré-antese e as flores não foram manipuladas; (2) autopolinização manual: flores previamente ensacadas na pré-antese receberam grãos de pólen oriundos das próprias anteras e foram novamente ensacadas. (3) polinização cruzada: flores previamente ensacadas em fase de pré-antese foram emasculadas e polinizadas manualmente com grãos de pólen oriundos de flores (no mínimo duas flores de diferentes indivíduos) de outros indivíduos distantes entre si a pelo menos 10 metros; (4) polinização natural (controle): flores foram marcadas e não manipuladas, permanecendo expostas à polinização natural. Todas as flores, com exceção do grupo controle, foram ensacadas, com sacos de voal, ainda em estágio de botão floral e permaneceram ensacadas até a coleta dos frutos ou até que a flor fosse abortada. Foram utilizadas um mínimo de 30 flores e um máximo de 45 flores para os tratamentos de polinização (Tabela 2). As flores utilizadas nos tratamentos estavam distribuidas por um total de 30 indivíduos. Todos os tratamentos manuais foram realizados entre 19:30 e 21:00 horas.

Os frutos foram coletados aproximadamente 45 a 60 dias após a realização dos tratamentos. A produção de frutos e sementes foi avaliada em cada tratamento para determinar qual sistema reprodutivo é predominante. Para comparação das porcentagens de frutos produzidos a partir dos diferentes tratamentos onde houve formação de fruto utilizou-se teste X^2 e para os números de sementes o teste *t*-Student e pelo Mann-Whitney. Como programa estatístico utilizou-se o Statsoft Statistica 8.

Visitantes florais e polinizadores

Observações diurnas foram realizadas entre 06:00 e 10:30 horas, durante quatro dias, totalizando 27 horas de amostragem. A frequência de visitantes florais foi verificada registrando o número de visitas durante 20 minutos de observação em cada

flor. Exemplares dos visitantes foram coletados, quando possível, para identificação, com exceção de *Apis mellifera*, para qual somente foi registrado o número de visitas.

A ocorrência de visitantes noturnos foi inferida através da análise de pólen aderido ao corpo de morcegos capturados com redes de neblida instaladas entre indivíduos de *C. crassissepalus*. Também foi analisado o pólen no corpo de esfingídeos e abelhas *Megalopta* coletados com uso de armadilhas de luz negra instaladas no mesmo local. A coleta de morcegos foi realizada em dois diferentes períodos, o primeiro durante 19 dias do mês de julho de 2012 e e outro durante quatro dias de dezembro de 2012, um total de 285 e 60 horas, respectivamente. Foram utilizadas três redes de neblina ("mist net"), de tamanho 3 x 10 m, que eram erguidas a partir das 18:00 horas e permaneciam abertas até as 23:00 hs. Os esfingídeos e as abelhas foram atraídos por duas armadilhas luminosas (Biocontrole; luz negra T12; 30W; Fig. 2) instaladas em meio à vegetação, das 18:00 horas ao amanhecer, durante duas noites do mês de julho de 2012. Para cada animal capturado na rede foi preparada uma lâmina dos grãos de pólen aderidos a seu corpo, no caso dos morcegos, em duas localidades: rostro e peito. O pólen aderido no corpo dos animais foram removidos utilizando pequenas porções de gelatina glicerinada corada com fucsina que era passada pelo corpo dos mesmos (Beattie 1971). As amostras de pólen dos animais foram comparadas com lâminas feitas a partir dos grãos de pólen obtidos diretamente das duas espécies de *Cipocereus* que ocorrem na região. Para as 11 espécimes de morcegos capturadas no mês de dezembro foi mesurado o comprimento do rostro e para checar se as espécies diferiam quanto à essa variável morfométrica utilizou-se uma ANOVA, seguido do teste de Tukey. Além disso, com o uso de filmadora digital Sony HDR-XR160 foram realizadas filmagens das flores durante quatro noites consecutivas, entre 20:30 e 22:30 horas, totalizando oito horas de filmagens.

A efetividade dos visitantes diurnos e noturnos foi avaliada realizando os seguintes tratamentos: (1) Polinização natural noturna: flores disponibilizadas somente para polinizadores noturnos. Os polinizadores diurnos foram excluídos usando sacos de voal; (2) Polinização natural diurna: flores disponibilizadas somente para polinizadores diurnos, e polinizadores noturnos foram excluídos usando sacos de voal. A remoção e/ou colocação dos sacos de isolamento ocorreu ao anoitecer e/ou amanhecer. A produção de frutos e sementes foi avaliada em cada tratamento para determinar quais visitantes contribuem efetivamente para o sucesso reprodutivo. A produção de frutos e sementes foram avaliadas por meio dos teste X^2 e teste *t*-Student, respectivamente. As

análises foram realizadas por meio das porcentagens de frutos produzidos para cada tratamento. Como programa estatístico utilizou-se o Statsoft Statistica 8. Foram utilizadas no mínimo 33 flores em cada tratamento.

Para averiguar se as flores de *C. crassisepalus* ainda estavam funcionais na manhã seguinte ao início da antese, foram realizados teste de polinização cruzada entre 08:30 e 10:00 horas. Para verificar se a produção de frutos da polinização manual cruzada diurna diferia da polinização natural e da polinização manual cruzada realizada no início da antese, foi realizado um teste X^2, utilizando a porcentagem de frutos formados para cada tratamento.

Resultados

Morfologia e Biologia Florais

As flores de *Cipocereus crassisepalus* são hermafroditas, perfeitas, solitárias, robustas, grandes, tubulares com ampla abertura, pétalas de coloração creme, grande número de estames, produz um odor adocicado e grande quantidade de néctar, relativamente diluído (Tabela 1; Figura 3). As flores possuem antese noturna iniciando-se por volta das 17 horas, com a abertura lenta das sépalas seguidas pelas pétalas. Os estames apresentam-se curvados para o centro, com suas anteras voltadas em direção ao estilete. Durante o processo de antese, os estames vão tornando-se eretos até formarem um anel em torno do estigma, sendo que este possui em média de 8 a 10 lóbulos que não se abrem. O estigma não está receptivo até às 19:30 horas que é o horário correspondente à abertura das anteras e consequente liberação dos grãos de pólen. Por volta das 20:30 horas as flores alcançam sua abertura máxima e só iniciam seu fechamento na manhã do dia seguinte por volta das 09:00 horas, não sendo mais possível observar flores abertas entre 11:00 e 11:30 da manhã. Assim, *C. crassisepalus* apresenta um ciclo floral de aproximadamente 18:00 horas. Essa situação foi observada para a floração que ocorre na estação seca, mês de julho. Na floração de dezembro (estação chuvosa) as flores já estavam fechadas no período da manhã.

Tabela 1. Dimensões florais de *Cipocereus crassisepalus*.

	n	Média/ DP	Mín.	Máx.
Diâmetro da corola	20	5.59 ± 0.66 cm	4.24	6.79
Comprimento externo da flor (CE)	20	9.29 ± 1.09 cm	6.28	1.09
Comprimento do tubo interno da flor (CTI)	20	5.57 ± 0.54 cm	4.57	6.51
Comprimento da câmara nectarífera (CCN)	20	1.96 ± 0.30 cm	1.5	2.59
Largura da câmara nectarífera	20	0.61 ± 0.11 cm	4.32	0.94
Comprimento do estigma	20	6.22 ± 0.71 cm	4.836	7.83
Número de lóbulos do estigma	20	9.2 ± 0.1	7	11
Comprimento dos estames	17	2.16 ± 0.23 cm	0.73	3.91
Número de estames/flor	20	468.95 ± 59.53	330	619
Número de óvulos/flor	20	2023 ± 508.72	1192	3082

O volume de néctar acumulado por flor foi em média 1034.27 ± 375.31 µL (99.5-1642.5 µL; *n*=25) e a concentração registrada foi de 17.45 ± 2.02 % (14-22%; *n*=25). Apesar de não ter sido realizada uma medida sistemática acerca da produção de néctar ao longo da antese, é possível afirmar que a flor já produz néctar no início da antese, antes mesmo da abertura máxima das flores.

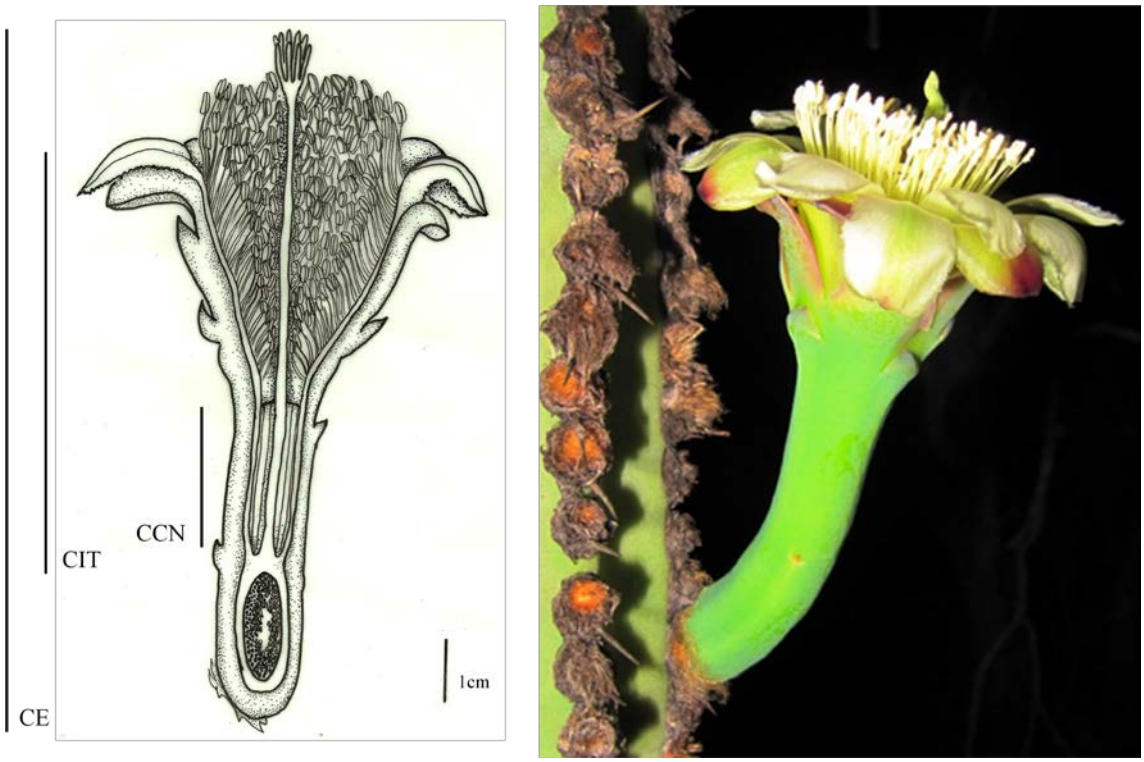


Figura 3. Flor de *Cipocereus crassisepalus* indicando algumas medidas morfométricas (CE= ; CIT= ; CCN= ;). (Desenho: Viviane Scalon. Foto: Cristiane Martins)

Sistema Reprodutivo

Os tratamentos de auto-polinização espontânea e manual não produziram frutos. A formação de frutos ocorreu somente nas flores que sofreram polinização cruzada manual e polinização natural (controle), com uma porcentagem de 90% e 42.22%, respectivamente. Flores submetidas à polinização manual cruzada geraram mais frutos (χ^2=17.27; gl=1; $p < 0.05$) e mais sementes (t= -2.71; gl=43; $p < 0.05$) que aquelas polinizadas naturalmente (Tabela 2).

Tabela 2. Produção de frutos (%) e sementes para os tratamentos de polinização manual e polinização natural (controle) em flores de *Cipocereus crassisep*alus.

Tratamento	Flores (*n*)	Porcentagem de frutos formados	Média de sementes produzidas
Autopolinização espontânea	40	0 (0%)	-
Autopolinização manual	31	0 (0%)	-
Polinização cruzada manual	30	27 (90%)	1591.81 ± 523.83
Polinização natural (controle)	45	19 (42.22%)	1114.22 ± 656.81
Polinização cruzada manual diurna	20	15 (75%)	não contabilizadas

Visitantes florais e polinizadores

Não foi possível diferenciar morfologicamente os grãos de pólen da espécie estudada dos grãos da simpátrica *Cipoceres minensis* subsp *leiocarpus*. Dessa forma, fazemos referência ao gênero, e não à espécie estudada, em nossas considerações a respeito da análise da carga polínica presente nos corpos dos morcegos.

Foram capturados 45 morcegos, 34 no mês de julho e 11 no mês de dezembro, pertencentes a 11 espécies distintas (Tabela 3; Figura 6). Dos 21 indivíduos de morcegos nectarívoros, foi encontrado pólen de *Cipocereus* em 11, todos *Anoura caudifer* (E. Geoffroy, 1818), subfamília Glossophaginae (Tabela 4). Nas três outras espécies da subfamfília, *Anoura geoffroyi* Gray, 1838; *Glossophaga soricina* Pallas, 1766 e *Lonchophylla dekeyseri* Taddei, Vizotto & Sazima, 1983 não foram encontrados grãos de pólen de *Cipocereus*, embora tenha-se encontrado pólen de outras espécies de plantas. Somente em 3 indivíduos de Glossophaginae (um *Anoura geoffroyi*, um *Glossophaga soricina* e um *Lonchophylla dekeyseri*) não foram encontrados nenhum tipo polínico. Em *Anoura caudifer* além de pólen de *Cipocereus* também foram detectados grãos de pólen de outras espécies de plantas não identificadas (Tabela 4).

Foram encontrados grãos de pólen de outras espécies de plantas em três espécies de morcegos não nectarívoros, *Micronycteris megalotis* Gray 1842 (um tipo polínico), *Platyrrhinus lineatus* E. geoffroyi,1810 (três tipos polínicos) e *Artibeus* (dermanura) sp (um tipo polínico). Nos esfingídeos (quatro indivíduos) e abelhas *Megalopta* (sete indivíduos) capturadas em armadilha luminosas não foram encontrados grãos de pólen de *Cipocereus*.

As duas espécies de *Anoura* apresentam o comprimento do rostro maior do que o das espécies de *Glossophaga soricina* e *Lonchopylla dekeyseri*, estes últimos não diferiram entre si ($p<0.05$) (Figura 4).

Figura 4. *Lonchophylla dekeyseri* (A) e *Anoura caudifer* (B).

Tabela 3. Espécies de morcegos amostrados, com suas respectivas abundâncias e indicação da presença ou ausência de grãos de pólen de *Cipocereus* aderidos a seus corpos.

Espécies	Número de indivíduos	N° tipos polinínicos	Pólen Cipocereus
Anoura caudifer (E. Geoffroy, 1818)	12	14	**sim**
Anoura geoffroyi (Gray, 1838)	2	1	-
Artibeus obscurus (Schinz, 1821)	1	0	
Artibeus (Artibeus) sp	2	0	-
Artibeus (Dermanura) sp	8	1	-
Carollia cf perspicillata (Linnaeus, 1758)	1	0	-
Glossophaga soricina (Pallas, 1766)	3	7	-
Lonchophylla dekeyseri (Taddei, Vizotto & Sazima, 1983)	4	2	-
Micronycteris megalotis (Gray, 1842)	2	1	-
Platyrrhinus cf lineatus (E. geoffroyi,1810)	9	3	-
Platyrrhinus sp	1	0	-

Tabela 4. Espécimes de *Anoura caudifer* amostrados, número de tipos polínicos e presença de grãos de pólen de *Cipocereus* aderidos a seus corpos.

Espécie	Total de tipos polínicos	Total de grãos pólen	Total de grãos de *Cipocereus*
Anoura caudifer	1	48	0
	1	127	127
	2	2	1
	2	52	44
	2	190	41
	2	192	4
	4	105	37
	3	112	5
	3	123	26
	4	11	40
	6	227	140
	7	355	327

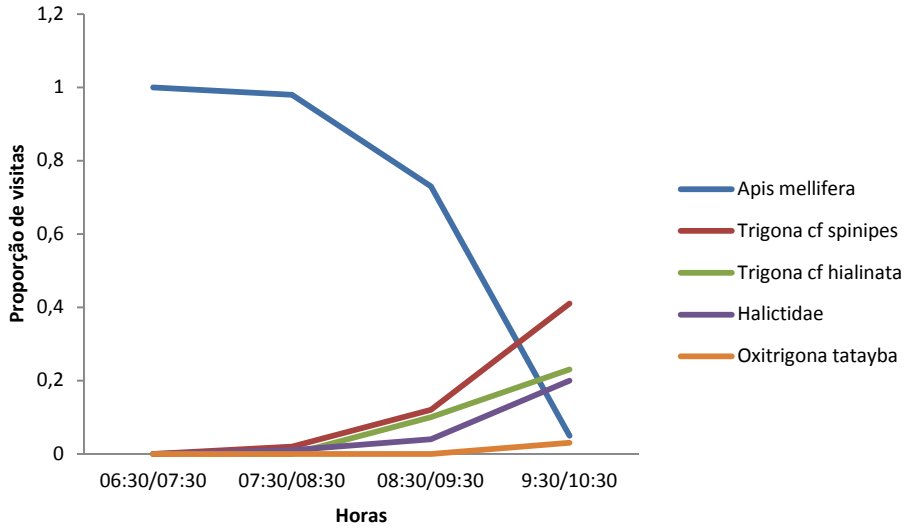
Nas filmagens dos visitantes noturnos foram registradas uma média de cinco visitas de morcegos por flor/noite. As visitas são extremamente rápidas durando menos de um segundo e os morcegos pairam sob as flores (Figura 6B). Além disso, foram observados vários voos de aproximação. Foi registrada apenas uma visita de um esfingídeo não identificado, a qual teve a duração de cerca de cinco segundos (Figura 6C).

No início da antese, em torno das 17:30 e 18:00 horas observou-se uma intensa atividade de *Apis mellifera* Lepeletier (1836), porém as flores ainda não estavam totalmente abertas. A abundância e a intensidade das visitas eram muito grande, o que tornou difícil a contagem exata do número de visitas que ocorriam neste intervalo de tempo. Porém pode-se assegurar que mais de 20 abelhas sobrevoavam a mesma flor no mesmo espaço de tempo (Figura 6A). A intensa atividade dessas abelhas neste curso espaço de tempo deixava danificadas muitas flores, causando injurias às anteras e ao estigma.

Os visitantes diurnos observados foram: abelhas (*Apis mellifera* Lepeletier (1836), *Trigona spinipes* Fabricius (1793), *Trigona hyalinata (Lepeletier, 1836)*, espécies de Halictidae e *Oxitrigona tatayba*), o beija-flor da espécie *Eupetomena macroura* (Gmelin, 1788), para o qual foi registrada apenas uma visita, e besouros da família Nitidulidae. A espécie de visitante diurno mais frequente foi *A. mellifera*. Indivíduos dessa espécie eram as primeiras a serem avistados nas flores, o que acontecia por volta das 07:00 horas. Sua atividade permaneceu por cerca de uma hora quando o

número de visitas começava a diminuir (Figuras 5 e 6D). Quando o número de *A. mellifera* era muito grande foi possível observar que algumas abelhas tocavam o estigma. Com a diminuição das visitas das espécies de *A. mellifera* observa-se a chegada das espécies de *Trigona* e no final da antese alguns indivíduos de Halictidae. As espécies de *Trigona* que chegavam ao final da antese, causavam aparentes danos à flor, principalmente ao estigma.

Figura 5. Gráfico da frequência da visita de abelhas a *C. crassisepalus*.



As flores que foram disponibilizadas aos visitantes noturnos produziram mais frutos (χ^2=53,45; gl=1; p<0,05) e sementes (p < 0,05) que aquelas disponibilizadas para os visitantes diurnos (Tabela 5).

As flores que sofreram polinização cruzada manual no período da manhã produziram frutos em proporção similar ao mesmo procedimento realizado no período noturno. Houve diferença significativa somente quando comparado à produção de frutos na polinização natural (Tabela 2).

Tabela 5. Produção de frutos (%) e sementes para os tratamentos de exclusão em flores de *Cipocereus crassisep*alus.

Tratamento	Flores (*n*)	Porcentagem de frutos formados	Média de sementes produzidas
Polinização natural (controle)	45	19 (42.22%)	1114.22 ± 656.81
Polinização noturna	33	23 (69.69%)	1432.17 ± 605.68
Polinização diurna	33	2 (6.06%)	143.5 ± 17.68

Figura 6. Visitantes florais de *C. crassisepalus*. *Apis mellifera* na fase de pré-antese (A), morcego não identificado (B), Esfingídeo não identificado (C) e *A. mellifera* na fase final da antese (D).

Discussão

C. crassisepalus é uma espécie auto-incompatível com reprodução sexuada obrigatoriamente cruzada, dependente de morcegos nectarívoros como vetores de pólen.

A morfologia e a biologia florais de *Cipocereus crassisepalus* refletem adaptações para quiropterofilia senso Faegri & Van der Pijl (1979). São flores de antese noturna, robustas, tubulares com ampla abertura, com forte odor e grande quantidade de néctar. A concentração de açúcar dentro do intervalo de 17-26% e o grande volume de néctar acumulado encontra-se dentro do que é observado para espécies de Cactaceae (Opler 1983; Scogin 1985). As flores de *C. crassisepalus* não apresentam um odor desagradável, o aroma exalado aproxima-se a um perfume adocicado, mas não repulsivo como descrito e sugerido para grande parte de espécies polinizadas por morcegos (von Hervelsen & Winter 2003). A quiropterofilia é amplamente difundida dentro das tribos Pachycereae e Cereeae (Nassar *et al.* 2007). Outros dois táxons de *Cipocereus* estudados, *C. minenis* subsp *leiocarpus* (Cristiane Martins, obs pess) e *C. laniflorus* (Rego *et al.* 2012), apresentam características florais de polinização por morcegos. Devido à morfologia floral das demais espécies do gênero, os morcegos podem ser animais de considerável importância para a reprodução deste grupo de plantas (Taylor & Zappi 2004; & Taylor & Zappi 2008).

O pólen de *Cipocereus* encontrado nos corpos de indivíduos de *Anoura caudifer* (Glosssophaginae) foi considerado uma comprovação da visita destes animais às flores. Olfato, ecolocalização, visão e uma memória espacial bem desenvolvida são habilidades dos morcegos envolvidas na busca de alimento (von Hervelsen & Winter 2003). Além disso, o grupo dos Glosssophaginae ainda conta com diversas adaptações morfológicas e comportamentais para utilização de néctar como alimento. Eles apresentam pequeno porte, rostro alongado, dentição reduzida com incisivos deslocados lateralmente ou ausentes, sulco mediano no lábio inferior e língua longa altamente extensível com papilas especiais (Freeman, 1995; Von Hervelsen & Winter 2003). Além disso, durante as visitas, estes morcegos pairam sobre as flores, não necessitando de qualquer tipo de plataforma de pouso, uma característica importante na identificação do grupo (Freeman, 1995; Von Hervelsen & Winter 2003). Os morcegos Glossophaginae são capazes de percorrer distâncias consideravelmente longas quando comparada a outros polinizadores, o que favorece o fluxo e troca de pólen entre populações distantes (von Hervelsen & Winter 2003). A partir de suas observações de campo, von Hervelsen & Winter (2003) afirmam que pelo menos 60% das espécies de plantas visitadas por Glossophaginae são polinizadas quase que exclusivamente por esses morcegos e que as flores quiropterófilas são particularmente um bom exemplo do valor preditivo das síndromes florais.

Os três gêneros de Glossophaginae registrados para área de estudo também foram relatados em outros estudos realizados com cactáceas polinizadas por morcegos no Brasil (*Glossophaga soricina* em Locatelli *et al.* 1997; *Lonchophylla mordaz* em Aona *et al*. 2006; *G. soricina* em Rocha *et al.* 2007 e *G. soricina* e *Anoura geoffroyi* em Rego *et al.* 2012). No entanto, no presente trabalho foram encontrados grãos de pólen de *Cipocereus* somente para na espécie *Anoura caudifer*, indicando, possivelmente, uma relação estreita entre as espécies. As duas espécies de *Anoura* amostradas neste estudo, apresentam rostros mais alongados que o *Glossophaga soricina* e *Lonchophylla dekeyseri*. O comprimento da língua é um indicador do grau de especialização entre morcegos nectarívoros e, em geral, está correlacionado com o comprimento do rostro (Winter & von Helversen 2003). Este fato, por sua vez, pode indicar limitações quanto ao comprimento das flores que morcegos podem visitar com sucesso (Gonzalez-Terraza *et al.* 2012). Diferenças nas características morfológicas entre espécies de morcegos coexistentes podem contribuir para a partição de recursos entre guildas locais de nectarívoros (Gonzalez-Terraza *et al.* 2012).

As visitas dos morcegos às flores duram menos de um segundo e muitas vezes os morcegos aproximam-se das mesmas sem visitá-las, características também observadas por Sazima *et al.* (1999) e Locatelli *et al.* (1997). Os morcegos inserem a cabeça dentro das flores, podendo tocar anteras e estigma, com o rostro, a cabeça, o peito ou a garganta dependendo do ângulo que ele chega à flor. Como registrado para outras espécies e Glossophaginae, não há um ponto específico de contato entre os órgãos reprodutivos das flores e o corpo dos morcegos (von Helversen 1993). O único registro de visita de mariposa feito através das filmagens realizadas na estação chuvosa, mostrou uma visita possivelmente legítima desses animais, porém a frequência pode não ser suficiente para considerá-la como um polinizador importante para a espécie. Semelhante condição também foi observada para *Pilosocereus catingola*, para o qual visitas ocasionais de mariposas também foram registradas (Locatelli *et al.* 1997).

De certo modo, correspondendo ao proposto para as cactáceas mexicanas (Munguía-Rosas *et al*. 2009), trata-se de um cacto colunar com extensão territorial tropical apresentando sistema de polinização por morcegos. No entanto, dada à escassez de estudos sobre biologia reprodutiva das espécies de Cactaceae brasileiras assegurar a existência de um padrão seria precoce.

As visitas de polinizadores noturnos tiveram uma contribuição substancialmente maior para a produção de frutos que os diurnos. Apenas 6 % das flores polinizadas

durante o dia, em contraste com 70% das polinizadas à noite, formaram frutos. *Apis mellifera* foi a espécie mais frequente e sua abundância durante as visitas chegaram a mais 90 indivíduos em um intervalo de vinte minutos, podendo, eventualmente polinizar as flores. O pequeno tamanho dessas abelhas e seu comportamento não favorece a polinização efetiva das flores, como também observado por outros autores em outras espécies de cactos (Ortega-Baes *et al*. 2011; Rocha *et al*. 2007; Rivera-Marchand & Ackerman 2006). As demais abelhas, além de também não fazerem visitas legítimas, apresentam frequência muito baixas, e comportaram-se apenas como visitantes oportunistas roubando pólen e néctar. O mesmo pode ser sugerido para os besouros Nitidulidae encontrados nas flores, pois estes parecem permanecer durante toda antese no interior de uma mesma flor e são muito pequenos (Pimienta-Barrios & Del Castillo 2002). A presença destes besouros em flores de Cactaceae é frequentemente registrada (Locatelli *et al.* 1997, Aona *et al.* 2006, Rocha *et al.* 2007, Rego *et al.* 2012).

A produção de frutos similar a partir de polinização cruzada manual efetuada durante a manhã e à noite reforça a ideia de que os visitantes diurnos não são polinizadores efetivos. A formação de frutos a partir de flores polinizadas manualmente de dia também indica que os estigmas de *C. crassisepalus* ainda encontram-se receptivos no período da manhã e que a fertilização possivelmente não ocorreu pela ineficiência das visitas.

A auto-incompatibilidade é sugerida como um dos fatores que contribuem para a limitação polínica dentro de uma população, pois o sucesso reprodutivo estaria diretamente dependente de vetores de pólen (Larson & Barrett 2000). Neste contexto, outra questão a ser considerada é a presença de *C. minensis* subsp. *leiocarpus*, além de outras espécies quiropterófilas, na área de estudo. De acordo com Zimmerman (1984) limitação polínica seria uma precondição de competição entre plantas por polinizadores. Adicionalmente, a polinização pode ser limitada ou inadequada caso a carga de pólen transferida pelo polinizador seja composta por uma mistura de pólen interespecífico e que afete negativamente o “fitness” da planta (Silander & Primack 1978). Petit (2011) trabalhando com duas espécies simpátricas de cactos colunares observou um efeito negativo na produção de frutos e sementes com tratamentos de polinização manual de mistura de pólen interespecífico no estigma dessas espécies. Além disso, *Anoura caudifer*, o principal polinizador de *C. crassisepalus*, apresentou um elevado número de tipos polínicos aderidos a seu corpo, sugerindo um comportamento promíscuo dessa espécie. Estudos sobre fenologia reprodutiva e tratamentos de polinização com pólen

interespecífico podem prover dados para uma abordagem mais ampla do quanto a espécie está sendo afetada.

A partir dos resultados apresentados é possível afirmar que *C. crassisepalus* apresenta uma relação estreita com seu polinizador, *A. caudifer* e a falta ou diminuição deste pode elevar o estado de ameaça em que a mesma se encontra (Bond 1994, Aragón & Escudero 2008, Mandujano *et al.* 2010). Kwak a& Bekker (2006), demonstram em seu estudo que espécies de plantas raras foram mais suscetíveis à extinção que espécies comuns e os casos onde as ações de recuperação obtiveram sucesso foram aqueles onde haviam considerado informações sobre a ecologia das espécies.

Referências bibliográficas

Anderson E.F. (2001) *The cactus family*. Timber Press, Portland, Oregon, USA: 776 pp.

Aona L.Y.S., Machado M., Panarin E.R., Castro C.C., Zappi D., Amaral M.C.E. (2006) Pollination biology of three Brazilian species of *Micranthocereus* Backeb. (Cereeae, Cactoideae) endemic to the "campos rupestres". *Bradleya*, **24,** 39−52.

Aragón C.F. & Escudero A. (2008) Mating system of *Helianthemum squamatum* (Cistaceae), a gypsophile specialist of semi-arid Mediterranean environments. *Botanica Helvetica,* **118,** 129 – 137.

Beattie A.J. (1971) A technique for the study of insect-borne pollen. *Pan Pacific Entomologist,* **47,** 82.

Bond W.J. (1994) Do mutualisms matter? Assessing the impact of pollinator and disperser disruption on plant extinction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Biological Sciences,* **344,** 83–90.

Boyle T.H. (1997) The genetics of self-incompatibility in the genus *Schlumbergera* (Cactaceae). *Journal of Heredity,* **88**, 209–214.

Cruden R. (1977) Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution,* **31**, 32–46.

Faegri K. & Van Der Pijl L. (1979) *Principles of pollination ecology*. Pergamon Press, Oxford, UK: 244 pp.

Fleming T.H., Shaley C.T., Holland J.N., Nason J.D., Hamrick J.L. (2001) Sonoran desert columnar cacti and the evolution of generalized pollination systems. *Ecological Monographs,* **71**, 511–530.

Fleming T.H. & Valiente-Banuet A. (2002) Columnar cacti and their mutualisms: evolution, ecology and conservation. University of Arizona Press, Tucson, Arizona, USA: 371 pp.

Freeman P.W. (1995) Nectarivorous feeding mechanisms in bats. *Biological Journal of the Linnean Society,* **56** (3), 439-463.

Gonzalez-Terrazas T.P., Medellin R., Knörnschild M., Tschapka M. (2012) Morphological specialization influences nectar extraction efficiency of sympatric nectar-feeding bats. *The Journal of Experimental Biology,* **215**, 3989-3996.

Grant V.K. & Grant K.A. (1979) The pollination spectrum in the Southwestern American cactus flora. *Plant Systematics and Evolution,* **133,** 29–37.

Hamrick J.L. & Godt M.J.W. (1996) Effects of life history traits on genetic diversity in plant species. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B,* **351,** 1291–1298.

Hunt D., Taylor N.P., Charles, C. (2006) *The New Cactus Lexicon*, 2 vols., DH Publications, Milborne Port. UK.

Kwak M.M. & Bekker R.M. (2006) Ecology of plant reproduction: Extinction risks and restoration perspectives of rare plant species. In: Waser N.M. & Ollerton J. (Eds), *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization*. University of Chicago, Chicago, IL, USA: 362–386.

Instituto Estadual de Florestas – IEF (2004) Plano de manejo do Parque Estadual do Rio Preto, MG. Curitiba, PR. 355p.

IUCN. (2012) *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2012.2. Disponível em http://www.iucnredlist.org (acessado em novembro 2012)

Larson B.M.H. & Barrett S.C.H. (2000) A comparative analysis of pollen limitation on flowering plants. *Biological Journal of the Linnean Society,* **69**, 503–520.

Locatelli E., Machado I.C.S., Medeiros P. (1997) Floral biology and pollination in *Pilosocereus catingicola* (Cactaceae) in Northeastern Brazil. *Bradleya,* **15**, 28−34.

Mandujano M.C., Carrillo-Angeles I.G., Martínez-Peralta C., Golubov J. (2010) Reproductive biology of Cactaceae. In: K. G. Ramawat (Ed.), *Desert Plants – Biology and Biotechnology*, Springer Berlin, Heidelberg, DE: 197–230.

Machado M.C. (2009) Cactaceae. In: Giulietti A.M., Rapini A., Andrade M.J.G., Queiroz L.P., Silva J.M.C. (Eds), *Plantas raras do Brasil*. Belo Horizonte, Conservação Internacional, co-editora Universidade Estadual de Feira de Santana, Brasil: 496 pp.

Munguía-Rosas M.A., Sosa V.J., Ojeda M.M., De-Nova, J.A. (2009) Specialization clines in the pollination systems of agaves (Agavaceae) and columnar cacti (Cactaceae): a phylogenetically controlled meta-analysis. *American Journal of Botany*, **96**, 1887–1895.

Nassar J.M., Ramírez N., Linares O. (1997) Comparative pollination biology of Venezuelan columnar cacti and the role of nectar-feeding bats in their sexual reproduction. *American Journal of Botany,* **84**, 918–927.

Opler P.A. (1983) Nectar production in a tropical ecosystem. In: Bentley B., Elias T. (Eds), *The Biology of Nectaries.* Columbia University Press, New York, USA: 30-79.

Ortega-Baes P., Saravia M., Sühring S., Godínez-Alvarez H., Zamar M. (2011) Reproductive biology of *Echinopsis terscheckii* (Cactaceae): the role of nocturnal and diurnal pollinators. *Plant Biology,* **13** (1), 33–40.

Pimienta-Barrios E. & Del Castillo R.F. (2002) Reproductive biology. In*:* Nobel S.P. (Ed), *Cacti, biology and uses*. University of California Press, Berkeley, California, USA: 75–90.

Petit S. (2011) Effects of mixed-species pollen load on fruits, seeds, and seedlings of two sympatric columnar cactus species. *Ecological Research,* **26**, 461–469.

Rapini A., Ribeiro P.L., Lambert S., Pirani J.R. (2009) A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. *Megadiversidade,* **4**, 1-2.

Rego J.O., Franceschinelli E.V., Zappi, D.C. (2012) Reproductive biology of a highly endemic species: *Cipocereus laniflorus* N.P. Taylor & Zappi (Cactaceae). *Acta Botanica Brasilica,* **26** (1), 243-250.

Rivera-Marchand, B. & Ackerman J.D. (2006) Bat pollination breakdown in the Caribbean columnar cactus *Pilosocereus royenii. Biotropica,* **38** (5), 635–642.

Rocha E.A., Machado I.C., Zappi D.C. (2007) Floral biology of *Pilosocereus tuberculatus* (Werderm.) Byles & Rowley: a bat pollinated cactus endemic from the ‘‘Caatinga’’ in northeastern Brazil. *Bradleya,* **25**, 129-144.

Ross R. (1981) Chromosome counts, cytology, and reproduction in the Cactaceae. *American Journal of Botany,* **68** (4), 463-470.

Sazima M., Buzato S., Sazima I. (1999) Bat-pollinated flower assemblages and bat visitors at two Atlantic Forest Sites in Brasil. *Annals of Botany,* **83** (6), 705-712.

Scogin R. (1985) Nectar constituents of the Cactaceae. *Southwestern Naturalist,* **30**, 77−82.

Silander J.A. & Primack R.B. (1978) Pollination intensity and seed set in the evening primrose (*Oenothera fruticosa*). *American Midland Naturalist,* **100**, 213–216.

Taylor N. (1997) Cactaceae. In: Oldfield S. (comp.). *Cactus and Succulent Plants – Status Survey and Conservation Action Plan*. IUCN/SSC Cactus and Succulent Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK: 212 pp.

Taylor N.P. & Zappi D.C. (2004) *Cacti of Eastern Brazil*. Kew: Royal Botanic Gardens, Kew, UK: 499 pp.

Taylor N.P. & Zappi D.C. (2008) A neglected species of *Cipocereus*. *Cactaceae Systematics Initiatives* **24**, 8-11.

Valiente-Banuet A., Molina-Freaner F., Torres A., Arizmendi M.C., Casas A. (2004) Geographic differentiation in the pollination system of the columnar cactus *Pachycereus* pecten-aboriginum. *American Journal of Botany,* **91**, 850–855.

von Helversen O. & Winter Y. (2003) Glossophagine bats and their flowers: costs and benefits for plants and pollinators. In: Kunz T.H. & Fenton M.B. (Eds), *Bat Ecology*. The University of Chicago Press, Chicago, USA: 346-398.

von Helversen O. (1993) Adaptations of flowers to the pollination by glossophagine bats. In: Barthlott W., Naumann C.M., Schmidt-Loske K., Schuchmann K.L. (Eds), *Plant-animal interactions in tropical environments*. Museum Alexander König, Bonn, DE: 41-59.

Zappi D., Ribeiro-Silva S., Aona L.Y.S., Taylor N. (2011) Aspectos ecológicos e biologia reprodutiva. In: Ribeiro-Silva S., Zappi D., Taylor N., Machado M. (Org.), *Plano de ação nacional para a conservação das cactáceas,* Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBIO, Brasília, Brasil: 38-43.

Zappi D.C., Taylor N.P., Machado M.C. (2010) Cactaceae. In: Forzza R.C., Baumgratz F.A., Bicudo C.E.M., Canhos D.A.L., Carvalho Jr. A.A., Costa A., Costa D.P., Hopkins M., Leitman P.M., Lohmann L.G., Nic Lughadha E., Maia L.C., Martinelli G., Menezes M., Morim M.P., Nadruz-Coelho M.A., Peixoto A.L., Pirani J.R., Prado J., Queiroz L.P., Souza S., Souza V.C., Stehmann J.R., Sylvestre L.S., Walter B.M.T., Zappi D.C. (Eds), *Catálogo de plantas e fungos do Brasil,* Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil: **1,** 822–832.

Winter Y. & von Helversen O. (2003) Operational tongue length in Phyllostomid nectar-feeding bats. *Journal of Mammalogy,* **84**, 886-896.

Zimmerman M. (1984) Reproduction in *Polemonium*: a five-year study of seed production and implications for competition for pollinator service. *Oikos,* **42,** 225–228.

Capítulo 2. **Biologia reprodutiva de *Cipocereus minensis* subsp. *leiocarpus N.P.Taylor & Zappi* (Cactaceae: Cereeae): um cacto endêmico dos campos rupestres de Minas Gerais, Brasil**

Resumo

O Brasil é o terceiro centro de diversidade da família Cactaceae. No entanto, pouco se conhece sobre a biologia reprodutiva das mais de 200 espécies registradas para o país. Dessa forma, o principal objetivo deste estudo foi analisar a biologia reprodutiva de *Cipocereus minensis* subsp. *leiocarpus*, uma espécie endêmica do estado de Minas Gerais, Brasil. A biologia floral demonstra que *C. minensis* subsp. *leiocarpus* possui síndrome de quiropterofilia, como é sugerido para espécies de cactos colunares. As flores são hermafroditas, de antese noturna, com duração aproximada de 16 horas, iniciando sua abertura por volta das 19 h. O sistema reprodutivo é auto-incompatível, consequentemente, com reprodução sexuada acontecendo obrigatoriamente por meio de cruzamento. Os experimentos de exclusão de visitantes revelaram que tanto visitantes noturnos quanto diurnos são capazes de polinizar e levar à formação de frutos, porém, os primeiros são mais efetivos no sucesso reprodutivo de *C. minensis* subsp. *leiocarpus*, formando maior número de frutos. Os resultados sugerem que os morcegos sejam os principais polinizadores da espécie.

Palavras-chave: cactos-colunares; sistema reprodutivo; síndrome de polinização; polinizadores efetivos.

Abstract

Brazil is the third center of diversity of the family Cactaceae. However, little is known about the reproductive biology of more than 200 species recorded for the country. Thus, the aim of this study was to analyze the reproductive biology of *Cipocereus minensis* subsp. *leiocarpus*, an endemic species of the State of Minas Gerais, Brazil. The floral biology shows that *C. minensis* subsp. *leiocarpus* features of chiropterophily syndrome, as suggested for species of columnar cacti. The flowers are hermaphrodite, of anthesis, lasting about 16 hours, starting its opening around 19 h. The reproductive system is self-incompatible, therefore, with sexual reproduction necessarily going through crossing. Visitors exclusion experiments revealed that both night as day visitors are able to pollinate and lead to the formation of fruit, but the noturnal visitors are more effective for the reproductive success of *C. minensis* subsp. *leiocarpus*, forming larger number of fruits. The results suggest that possibly the pollination bats are the main species.

Keywords: cacti-columnar; reproductive system; pollination syndrome; effective pollinators.

Introdução

A família Cactaceae com mais de 1300 espécies distribuídas ao longo do continente Americano (Hunt *et al.* 2006), além de um importante componente florístico destaca-se também pelo seu notável emprego nas mais diversas atividades humanas (Anderson 2001). Os cactos são explorados desde a época Pré-colombiana e possuem grande importância econômica e cultural, que transcendem as fronteiras de sua distribuição, sendo cultivados em diversas partes do mundo (Nobel 2002; Boyle & Anderson 2002). Há registros do uso de espécies de Cactaceae na alimentação humana e animal, assim como fonte de madeira, ornamentação e na medicina tradicional (Anderson 2001; Nobel 2002; Andrade 2008). Na América do Norte, sobretudo no México, as cactáceas são fortemente utilizadas na alimentação humana, com uma extensa lista de espécies presente na dieta de muitas comunidades (Casas & Barbera 2002). As cactáceas também são usadas na alimentação pelos nativos do hemisfério sul do continente americano, porém, ainda não alcançam a proporção do que ocorre na região norte das Américas (Anderson 2001). No Brasil, por exemplo, a interação dos homens com os cactos é frequentemente relatada para a região nordeste e muitas vezes restrita a pequenas comunidades locais (Lima 1996; Andrade 2008).

O manejo de espécies vegetais, seja para fins de cultivo ou conservação, requer conhecimento sobre biologia, reprodução, dinâmica populacional, dentre outros. Assim, estudos sobre a biologia reprodutiva dessas espécies são extremamente relevantes (Oaxaca-Villa *et al*. 2006). O Brasil, apesar de ser o terceiro centro de diversidade de Cactaceae nas Américas, apresenta poucos estudos envolvendo aspectos reprodutivos, abrangendo menos de 10% das 227 espécies que ocorrem no país (Zappi *et al*. 2011). Estudos demonstram que cerca de 30% dos gêneros de três das subfamílias mais diversas de Cactaceae apresentam sistema reprodutivo de auto-incompatibilidade, o que torna essas espécies dependentes de vetores de pólen para a produção de frutos (Boyle 1997). Consequentemente, faz-se necessário conhecer também quais são os polinizadores das espécies de cactos, pois a perda destes poderia colocar em risco a manutenção de suas populações (Bond 1994; Mandujano *et al.* 2010).

Diferentes flores de Cactaceae podem ser polinizadas pelos mais diversos tipos de animais. Sua ampla diversidade de forma, tamanho, horário de antese e recursos oferecidos, permitem que diferentes polinizadores diurnos, noturnos, ou ambos

contribuam com seu sucesso reprodutivo. Encontram-se para a família registros de visitas de abelhas (nativas e introduzidas), vespas, gafanhotos, formigas, besouros, beija-flores, mariposas e morcegos (Pimienta-Barrios & Del Castillo 2002; Mandujano *et al*. 2010).

O gênero *Cipocereus* Ritter pertence à subfamília Cactoideae, tribo Cereeae e possui seis espécies descritas, todas endêmicas de campos rupestres quartzíticos do Estado de Minas Gerais, Brasil (Taylor & Zappi 2004; Zappi *et al*. 2010). Para a espécie *Cipocereus minensis* (Werderm.) Ritter são reconhecidas duas subespécies: *Cipocereus minensis* subsp. *leiocarpus* N.P.Taylor & Zappi e *Cipocereus minensis* (Werderm.) Ritter subsp. *minensis*. Além da Serra do Espinhaço, o *C. minensis* subsp. *leiocarpus* também ocorre na parte oriental da Serra do Cabral (Taylor & Zappi 2004). A espécie *C. minensis* subsp. *leiocarpus*, aqui estudada, é conhecida popularmente como "quiabo-da-lapa" por seu uso na alimentação de comunidades nos arredores do Parque Estadual do Rio Preto (PERPRETO), com consumo especificamente de seu caule e frutos.

Dessa forma, com o objetivo de contribuir com o conhecimento a respeito das cactáceas brasileiras e fornecer informações passíveis de utilização em ações futuras para cultivo e conservação desta espécie, foi estudada a biologia reprodutiva do *Cipocereus minensis* subsp. *leiocarpus* F. Ritter, com enfoque para aspectos de sua biologia floral e sistema reprodutivo.

Materiais e Métodos

Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido entre maio de 2011 e dezembro de 2012 em uma população de cactos localizada no Parque Estadual do Rio Preto (PERPRETO) no município de São Gonçalo do Rio Preto, Minas Gerais, Brasil (Figura 1). O PERPRETO possui uma área total de 10.750 ha e é parte do complexo da Serra do Espinhaço. A vegetação é característica do bioma Cerrado, com a presença de formações campestres, savânicas, além de floresta estacional semidecidual nas vertentes de rios e córregos. O clima da região é tipicamente tropical com uma estação chuvosa e outra seca bem definida. A estação chuvosa ocorre de novembro a março e a seca de junho a agosto, com médias de precipitação pluviométrica de 223,19mm e 8,25mm,

respectivamente. A temperatura média anual é de 18,9 °C com médias mensais de pequena variação ao longo do ano, sendo fevereiro o mês mais quente, com 20,9 °C e julho o mais frio, com 16,1 °C (IEF 2004).

Figura 1. Área de estudo no Parque Estadual do Rio Preto, São Gonçalo do Rio Preto, MG. (Foto: Cristiane Martins)

Espécie estudada

O gênero *Cipocereus* Ritter é caracterizado por frutos azuis, ovoides e indeiscentes com polpa translúcida, o que o distingue dos demais gêneros da tribo Cereeae. A subespécie estudada, C. *minensis* subsp. *leiocarpus* é um cacto de forma colunar, com cerca de 2m de altura e numerosos ramos, compostos de 12 a 16 costelas (Anderson 2001; Taylor & Zappi 2004) (Figura 2; 4). As flores possuem pétalas de coloração creme, enquanto suas sépalas apresentam coloração azulada (Anderson 2001; Taylor & Zappi 2004). A espécie estudada ocorre em simpatria de mais quatro espécies de Cactaceae: *Pilosocereus aurisetus* (Werderm.) Byles & G.D. Rowley, *Discocactus*

pseudoinsignis N. P. Taylor & Zappi, *Cereus sp*. e outra espécie do gênero, *C. crassisepalus* (Buining & Brederoo) Zappi & N.P. Taylor.

Figura 2. Espécime de *Cipocereus minensis* subsp. *leiocarpus* N.P.Taylor & Zappi em período de floração. (Foto: Cristiane Martins)

Biologia Floral

Em campo foram realizadas observações sobre a coloração, odor e horário de antese. Além disso, foram coletadas sete flores de diferentes indivíduos para descrição morfológica. Foram mensurados: o diâmetro da corola, comprimento externo e do tubo interno da flor, profundidade da câmara de néctar e comprimento do estigma+estilete. Com o uso de refratômetro de mão foi aferida a concentração do néctar produzido pelas flores (*n*=30) no período da manhã, entre 8:00 e 9:00 horas.

Sistema Reprodutivo

Com a finalidade de identificar o sistema reprodutivo de *C. minensis* subsp *leiocarpus* foram utilizados quatro tratamentos de polinização: (1) autopolinização

espontânea: botões florais foram ensacados em fase de pré-antese e as flores não foram manipuladas; (2) autopolinização manual: flores previamente ensacadas na pré-antese receberam grãos de pólen oriundos das próprias anteras e foram novamente ensacadas. (3) polinização cruzada: flores previamente ensacadas em fase de pré-antese foram emasculadas e polinizadas manualmente com grãos de pólen oriundos de flores de outros indivíduos distantes a pelo menos 10 metros (no mínimo duas flores de diferentes indivíduos); (4) polinização natural (controle): flores foram marcadas e não manipuladas, permanecendo expostas à polinização natural.

Os tratamentos incluiram um total de 154 flores e 20 indivíduos. Com exceção do tratamento 4, polinização natural, todas as flores tratadas foram ensacadas em estágio de botão floral, com sacos confeccionados com tecido do tipo voal. As flores de todos tratamentos foram ensacas após a antese, com o intuito de proteger os frutos de possível predação. A coleta dos frutos ocorreu em torno de 45 dias após a realização dos tratamentos. A determinação do sistema reprodutivo se deu com base na produção de frutos e sementes em cada tratamento. Para comparação das porcentagens de frutos produzidos a partir dos diferentes tratamentos utilizou-se teste X^2 e para os números de sementes o teste *t*-Student. Como programa estatístico utilizou-se o Statsoft Statistica 8.

Experimento de exclusão de visitantes: Polinizadores efetivos

A fim de verificar qual o papel relativo de polinizadores noturnos e diurnos no sucesso reprodutivo da espécie, foram realizados os seguintes tratamentos de exclusão de visitantes: (1) Polinização natural noturna (n = 51): flores foram disponibilizadas somente para polinizadores noturnos e ensacadas por volta das 05:00 horas com sacos de voal; (2) Polinização natural diurna (n = 56): flores disponibilizadas somente para polinizadores diurnos (por volta das 05:00 horas), e ensacadas de noite com sacos de voal. A produção de frutos e sementes foi avaliada em cada tratamento para determinar quais visitantes são mais efetivos como polinizadores. A produção de frutos e sementes foram avaliadas por meio dos teste X^2 e teste *t*-Student, respectivamente. As análises foram realizadas por meio das porcentagens de frutos produzidos para cada tratamento. Como programa estatístico utilizou-se o Statsoft Statistica 8.

Resultados

Foram observados dois períodos reprodutivos anuais para o *C. minensis* subsp *leiocarpus*, um na estação seca e outro na chuvosa. O primeiro ocorre aproximadamente entre os meses de julho e agosto, e nos meses de outubro a dezembro para a estação chuvosa. A floração de junho ocorre em concomitância com a de *Cipocereus crassisepalus*.

Biologia Floral

As flores de *C. minensis* subsp *leiocarpus* são hermafroditas, solitárias, robustas e tubulares (Figura 3; 4). O diâmetro da corola tem em média 3.06 ± 0.26cm; comprimento externo em média possui 4.90 ± 0.44cm e comprimento do tubo interno da flor 3.99 ± 0.41cm (Tabela 1). Apresentam antese noturna, pétalas de coloração creme, grande número de anteras, produzem um odor adocicado e oferecem néctar como recurso para visitantes. A abertura das flores iniciou-se por volta das 19:00 horas e ocorre de forma bem lenta, levando aproximadamente 2:30 horas até a antese total. Por volta das 08:00 às 08:30 horas, do dia seguinte, as flores iniciaram seu fechamento e estavam completamente fechadas em torno das 11:00 horas da manhã seguinte. A antese total dos espécimes estudados de *C. minensis* subsp *leiocarpus* teve duração aproximada de 16 horas. Essas condições de antese são observadas durante a floração da estação seca. Durante os períodos chuvosos as flores fecham relativamente mais cedo, por volta das 8 horas da manhã.

Tabela 1. Morfometria floral de *Cipocereus minensis* subsp *leiocarpus.*

	Média/ DP (cm)	**Mín.**	**Máx.**
Diâmetro da Corola (DC)	3.06 ± 0.26	2.69	3.27
Comprimento Externo da Flor (CE)	4.90 ± 0.44	4.46	5.47
Comprimento do Tubo Interno da Flor (CTI)	3.99 ± 0.41	3.63	4.52
Profundidade da Câmara Nectarífera (PCN)	1.16 ± 0.09	1.04	1.26
Comprimento do Estigma	3.31 ± 0.34	2.73	3.68

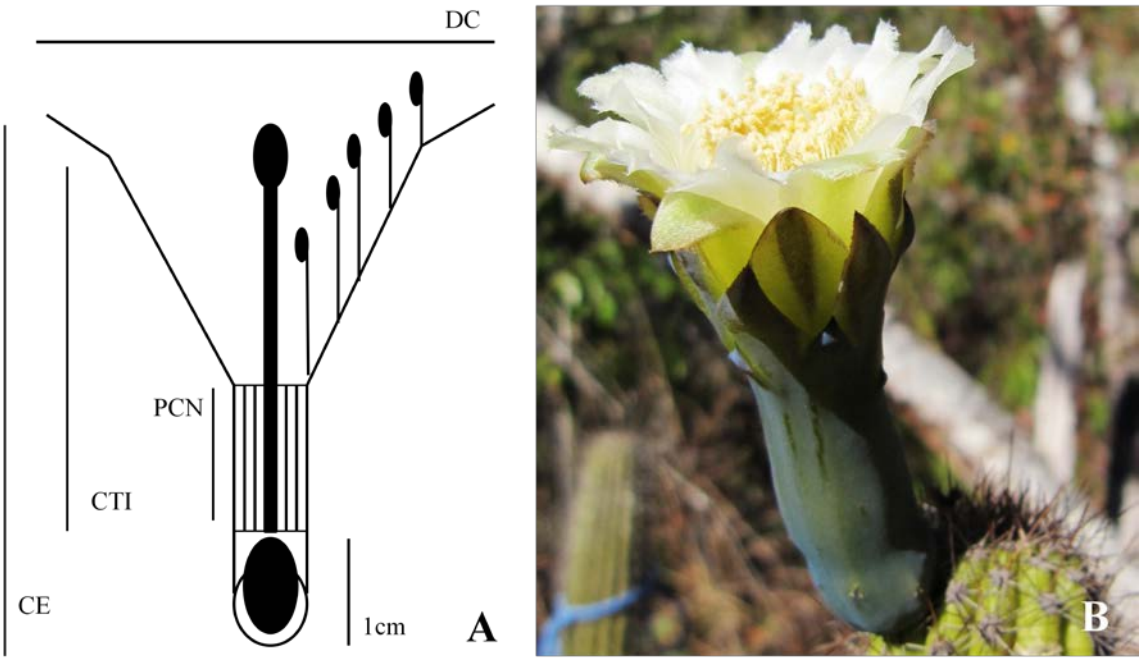


Figura 3. (A) Diagrama de flor indicando algumas medidas morfométricas (CE= comprimento externo; CTI= comprimento do tubo interno ; PCN= profundidade da câmara nectarífera ; DC= diâmetro da corola); (B) Flor de *Cipocereus minensis* subsp *leiocarpus* (Foto: Cristiane Martins).

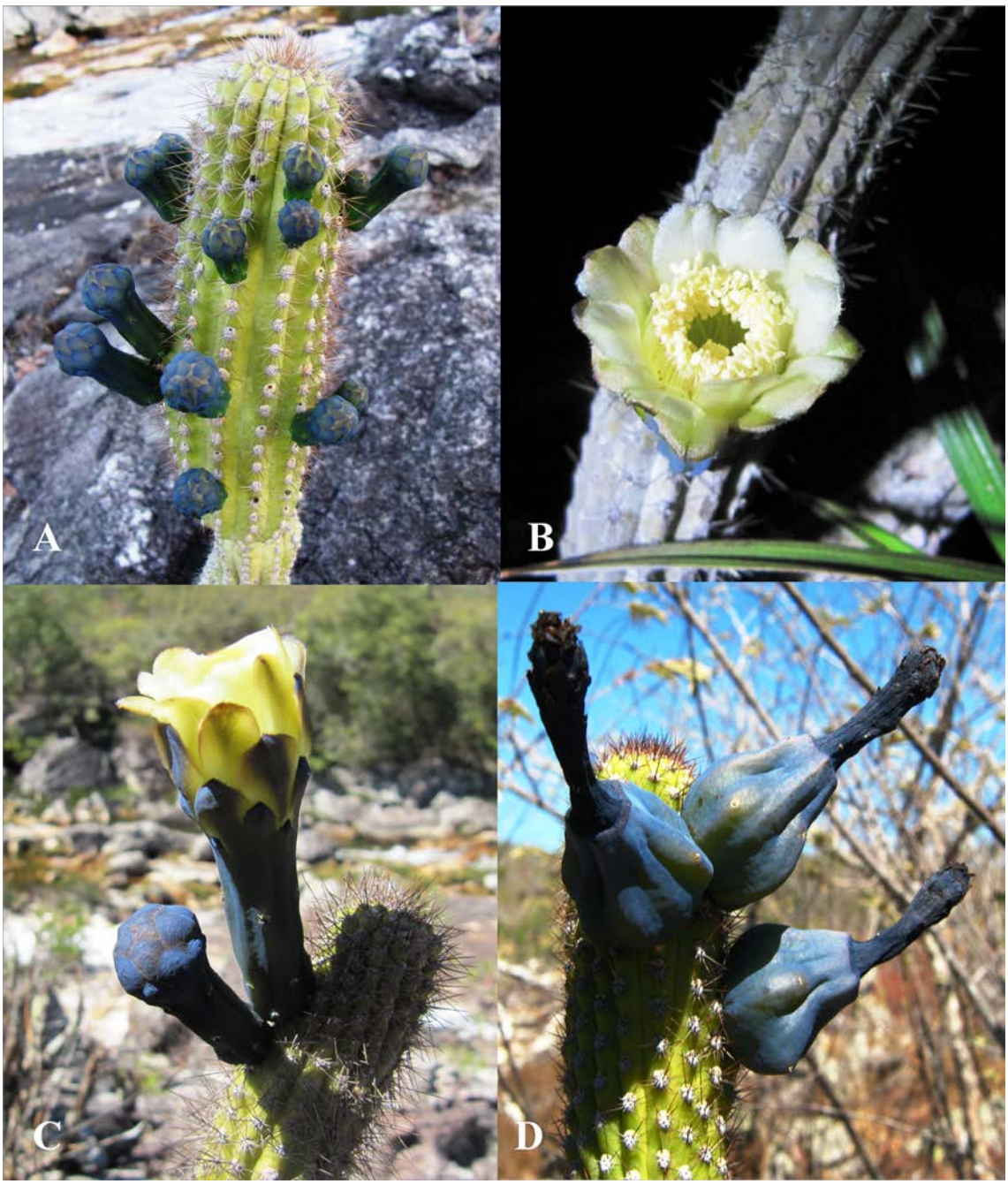
Apesar de não terem sido realizadas medidas sistemáticas de produção de néctar, foi possível constatar a presença de néctar no início e final da antese das flores e a concentração registrada para o néctar produzido foi de 20.13% ± 1.33 (Máx. 21.1 e Mín. 12.0).

Sistema Reprodutivo

As flores auto-polinizadas de forma espontânea e manualmente não produziram frutos. Estes só se formaram a partir dos tratamentos de polinização cruzada manual e polinização natural (controle), em uma taxa de 100% e 62.16%, respectivamente. Logo, *C. minensis* subsp *leiocarpus* é uma espécie de sistema reprodutivo auto-incompatível. A produção de frutos ($\chi^2 = 8.91$; gl = 1; $p < 0.05$) foi significativamente diferentes entre os tratamentos de polinização cruzada manual e natural. No entanto, o número de sementes não diferiu significativamente entre os tratamentos ($t = -1.19$; gl = 44; $p > 0.05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Produção de frutos (%) e número médio de sementes para os tratamentos de polinização manual e polinização natural (controle) em flores de *Cipocereus minensis* subsp *leiocarpus*.

Tratamento	Flores/ Frutos formados	%	Média de sementes produzidas
Autopolinização Espontânea	84/0	-	-
Autopolinização Manual	28/0	-	-
Polinização Cruzada Manual	16/16	100.00	962.13 ± 468.00
Polinização Natural (controle)	74/46	62.16	809.9 ± 379.62



igura 4. *Cipocereus minensis* subsp. *leiocarpus* N.P.Taylor & Zappi. (A) Botões; (B) Flor no início da antese e (C) flor no final da antese (D) Frutos. (Fotos: Cristiane Martins)

Experimento de exclusão de visitantes: Polinizadores efetivos

Flores apresentadas a visitantes noturnos ou diurnos diferiram quanto a produção de frutos ($\chi^2 = 19.69$; gl = 1; $p < 0.05$) e sementes ($t = -4.94$; gl = 22; $p < 0.05$) (Tabela 3). Visitantes noturnos converteram 52.94% das flores em frutos, enquanto a produção de frutos para as flores disponibilizadas para visitantes diurnos foi de 16.07%.

Tabela 3. Produção de frutos (%) e número médio de sementes para os experimentos de exclusão de visitantes em flores de *Cipocereus minensis* subsp *leiocarpus*.

Tratamento	Flores/ Frutos formados	%	Média de sementes produzidas
Polinização Natural (controle)	74/46	62.16	809.9 ± 379.62
Polinização Noturna	51/27	52.94	630.72 ± 340.24
Polinização Diurna	56/9	16.07	113.5 ± 56.09

Discussão

Com sistema reprodutivo auto-incompatível *Cipocereus minensis* subsp *leiocarpus* depende inteiramente de vetores de pólen para se reproduzir. Sua morfologia (flores solitárias, robustas, tubulares com abertura ampla, coloração creme, grande número de anteras) e biologia floral (flores noturnas, aromáticas) lhes conferem características típicas de flores quiropterófilas (Faegri & Van der Pijl 1979). A concentração média de néctar de 20.13% também encaixa-se nas estimativas previstas para espécies de cactáceas polinizadas por morcegos, que pode variar de 17-26% segundo Scogin (1985). Estas características também são observadas para duas outras espécies do gênero *Cipocereus laniflorus* N.P Taylor & Zappi (Rego *et al.* 2012) e *Cipocereus crassisepalus* (Cristiane Martins, obs. pess.). Conforme a descrição das espécies do gênero (Taylor & Zappi 2004; Zappi & Taylor 2008), somente uma das seis espécies apresentam antese exclusivamente diurna, o que chama atenção para a possível importância da quiropterofauna para o grupo. Tratando-se de um gênero com acentuado grau de endemismo, as relações com seus polinizadores podem tornar-se elementos de grande importância para a manutenção das espécies.

Apesar dos cacteres florais apresentados por *C. minensis* subsp *leiocarpus* adequarem-se à síndrome de quiropterofilia (segundo Faegri & Van der Pijl 1979), assim como acontece com outras espécies de cactos colunares, a morfologia floral não impede que outros animais as visitem e até mesmo sejam capazes de promover a sua polinização (Fleming *et al*. 2001; Ortega-Baes *et al*. 2011). Apesar dos visitantes noturnos serem responsáveis por mais de 50% da produção dos frutos em *C. minensis* subsp *leiocarpus* e certamente sejam os principais polinizadores, visitantes diurnos também tiveram participação na formação de frutos.

Visitas de *Apis mellifera* a flores de *C. minensis* subsp *leiocarpus* foram observadas, mas os experimentos de exclusão de visitantes mostraram que a produção de frutos e sementes para flores disponibilizadas a visitantes diurnos foi muito inferior àquelas que ficaram disponíveis a visitas noturnas. A espécie introduzida *A. mellifera* já foi observadas visitando outras espécies de Cactaceae, porém as visitas não são consideradas eficientes, efetuando pouco ou nenhum toque ao estigma das flores (Rivera-Marchand & Ackerman 2006; Rocha *et al*. 2007; Ortega-Baes *et al*. 2011). Visitas de beija-flores foram observadas para outra população de *C. minesis* subsp *leiocarpus*, sugerindo que estes animais também contribuam para a produção de frutos (Lopes 2012). A contribuição de polinizadores diurnos na produção de frutos e sementes já foi atestada, por meio de experimentos de exclusão de visitantes, em outras espécies de Cactaceae com a mesma síndrome, como *Neobuxbaunia tetetzo* (Valiente-Banuet *et al.* 1996), *Neobuxbaunia mezcalaensis* (Valiente-Banuet *et a.l* 1997a), *Stenocereus queretaroensis* (Ibarra-Cerdeña *et al.* 2005) e *Pilosocereus tuberculatus* (Rocha *et al.* 2007).

Um ciclo floral que se estende a mais um turno do dia é sugerido por alguns autores, como uma estratégia, dentro das espécies de cactos colunares para assegurar a reprodução sexuada quando existe uma variação espacial e temporal na frequência de polinizadores noturnos (Fleming *et al*. 2001). Estudos realizados com diversas espécies de cactáceas colunares no México sugerem a existência de um padrão biogeográfico dos sistemas de polinização ao longo de sua distribuição: regiões tropicais predominariam os sistemas especializados (sobretudo quiropterofilia), enquanto em regiões extra-tropicais os sistemas apresentariam uma moderada generalização, com a adição de outros animais ao sistema, como insetos e beija-flores (Valiente-Banuet *et al*, 1996, 1997 a,b; Fleming 1996, 2001).

A maior contribuição para o sucesso reprodutivo do *C. minenis* subsp *leiocarpus* provem dos visitantes noturnos, que provavelmente são morcegos nectarívoros. A polinização por morcegos parece ser amplamente difundida entre cactos colunares das tribos Pachycereeae e Cereeae, com vários registros na literatura (Fleming *et al.* 1994; Valiente-Banuet *et al.* 1996, 1997; Nassar *et al.* 1997; Locatelli *et al.* 1997; Rocha *et al.* 2007; Munguia-Rosas *et al*. 2010).

A maior produção relativa de frutos a partir de polinização cruzada manual em relação à natural, ainda que com o mesmo número de sementes por fruto, sugere a ocorrência de limitação de polinização para *C. minesis* subsp *leiocarpus* no PERPRETO, como o observado para outras duas espécies do gênero, cujo sistema reprodutivo já foi investigado: *C. laniflorus* (Rego *et al.* 2012) e *C. crassisepalus* (Cristiane Martins obs. pess.). Espécies auto-incompatíveis são consideradas mais suceptíveis a limitação polínica, visto que o sucesso reprodutivo seria dependente de agentes de polinização (Larson & Barrett 2000). Baixas frequências de visitação, variações na eficiência de polinização e na composição da comunidade de polinizadores têm sido apontadas como algumas das causas da limitação polínica, incluindo espécies de Cactaceae (Clark-Tapia & Molina-Freaner 2004; Molina-Freaner *et al*. 2004; Hegland &Totland 2007). No caso de C. *minesis* subsp *leiocarpus*, estudos futuros em que se elucide os mecanismos de polinização, a eficiência e frequência relativa dos diferentes grupos de polinizadores são necessários para se estabelecer as causas e implicações da limitação de polinização e as condições ecológicas requeridas para a reprodução dessa Cactaceae.

Referência bibliográfica

Anderson E.F. (2001) *The cactus family*. Timber Press, Portland, Oregon, USA: 776 pp.

Andrade C.T.S. (2008) *Cactos úteis na Bahia: ênfase no semi-árido*. Ed. USEB, Pelotas, RS, Brasil: 125 pp.

Boyle T.H. (1997) The genetics of self-incompatibility in the genus *Schlumbergera* (Cactaceae). *Journal of Heredity*, **88**, 209–214.

Boyle T.H. & Anderson E.F. (2002) Biodiversity and Conservation. In: Nobel P.S. (Ed), *Cacti: Biology and uses*. University of California Press, Berkeley, California, USA: 125-141.

Bond W.J. (1994) Do mutualisms matter? Assessing the impact of pollinator and disperser disruption on plant extinction. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Biological Sciences*, **344**, 83–90.

Casas A. & Barbera G. (2002) Mesoamerican Domestication and Diffusion. In: Nobel, P.S. (Ed), *Cacti: biology and uses*. University of California Press, Berkeley, California, USA: 143-162.

Clark-Tapia R. & Molina-Freaner F. (2004) Reproductive ecology of the rare clonal cactus *Stenocereus eruca* in the Sonoran Desert. *Plant Systematics and Evolution*, **247**, 155–164.

Faegri K. & Van Der Pijl L. (1979) *Principles of pollination ecology*. Pergamon Press, Oxford, UK: 244 pp.

Fleming T.H., Shaley C.T., Holland J.N., Nason J.D., Hamrick J.L. (2001) Sonoran desert columnar cacti and the evolution of generalized pollination systems. *Ecological Monographs*, **71**, 511–530.

Fleming T.H., Tuttle M.D., Horner, M.A. (1996) Pollination biology and the relative importance of nocturnal and diurnal pollinators in three species of Sonoran Desert columnar cacti. *The Southwestern Naturalist*, **41**, 257–269.

Fleming T.H., Maurice S., Buchmann S., Tuttle M.D. (1994) Reproductive biology and the relative fitness of males and females in a trioecious cactus, *Pachycereus pringlei*. *American Journal of Botany*, **81,** 858–867.

Hegland S.J. & Totland Ø. (2007) Pollen limitation affects progeny vigour and subsequent recruitment in the insect-pollinated herb *Ranunculus acris*. *Oikos,* **116**: 1204-1210.

Hunt D., Taylor N.P., Charles C. (2006) *The New Cactus Lexicon*, 2 vols., DH Publications, Milborne Port. UK.

Ibarra-Cerdeña C.N., Iñiguez-Davalos L.I., Sánchez-Cordero V. (2005) Pollination ecology of *Steneocereus queretaroensis* (Cactaceae), a chiropterophilous columnar cactus, in a tropical dry forest of Mexico. *American Journal of Botany,* **92**, 503–509.

Instituto Estadual de Florestas – IEF (2004) Plano de manejo do Parque Estadual do Rio Preto, MG. Curitiba, PR. 355p.

Larson B.M.H. & Barrett S.C.H. (2000) A comparative analysis of pollen limitation on flowering plants. *Biological Journal of the Linnean Society,* **69**, 503–520.

Lima J.L.S. (1996) *Plantas forrageiras das caatingas: usos e potencialidades.* EMBRAPA-CPATSA, PNE, RBGKEW, Petrolina, Brasil: 44 pp.

Locatelli E., Machado I.C.S., Medeiros P. (1997) Floral biology and pollination in *Pilosocereus catingicola* (Cactaceae) in Northeastern Brazil. *Bradleya,* **15**, 28−34.

Lopes L.T. (2012) Fenologia, biologia reprodutiva, germinação e desenvolvimento inicial de *Cipocereus minensis* subsp. *leiocarpus* N. P. Taylor & Zappi (Cactaceae) no Planalto de Diamantina-MG. Dissertação de mestrado, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Minas Gerais. 73p.

Mandujano M.C., Carrillo-Angeles I.G., Martínez-Peralta C., Golubov J. (2010) Reproductive biology of Cactaceae. In: Ramawat K.G. (Ed), *Desert Plants – Biology and Biotechnology*. Springer Berlin, Heidelberg, DE: 197–230.

Molina-Freaner F., Rojas-Martínez A., Fleming T.H., Valiente-Banuet A. (2004) Pollination biology of the columnar cactus *Pachycereus pecten-arboriginum* in north-western Mexico. *Journal of Arid Environments,* **56**, 117–127.

Munguía-Rosas M.A., Sosa V.J., Jácome-Flores M.E. (2010) Pollination system of the *Pilosocereus leucocephalus* columnar cactus (tribe Cereeae) in eastern Mexico. *Plant Biology,* **12**, 578–586.

Nassar J.M., Ramírez N., Linares O. (1997) Comparative pollination biology of Venezuelan columnar cacti and the role of nectar-feeding bats in their sexual reproduction. *American Journal of Botany,* **84**, 918–927.

Nobel P.S. (2002) *Cacti: Biology and uses*. University of California Press, Berkeley, California, USA: 292 pp.

Oaxaca-Villa B., Casas A. & Valiente-Banuet A. (2006) Reproductive biology in wild and silvicultural managed populations of *Escontria chiotilla* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution,* **53**, 277–287.

Ortega-Baes P., Saravia M., Sühring S., Godínez-Alvarez H., Zamar M. (2011) Reproductive biology of *Echinopsis terscheckii* (Cactaceae): the role of nocturnal and diurnal pollinators. *Plant Biology,* **13** (1), 33–40.

Pimienta-Barrios E. & Del Castillo R.F. (2002) Reproductive biology. In*:* Nobel S.P. (Ed), *Cacti, biology and uses*. University of California Press, Berkeley, California, USA: 75–90.

Rego J.O., Franceschinelli E.V., Zappi D.C. (2012) Reproductive biology of a highly endemic species: *Cipocereus laniflorus* N.P. Taylor & Zappi (Cactaceae). *Acta Botanica Brasilica,* **26** (1), 243-250.

Rivera-Marchand B. & Ackerman J.D. (2006) Bat pollination breakdown in the Caribbean columnar cactus *Pilosocereus royenii*. *Biotropica,* **38** (5), 635–642.

Rocha E.A., Machado I.C., Zappi D.C. (2007) Floral biology of *Pilosocereus tuberculatus* (Werderm.) Byles & Rowley: a bat pollinated cactus endemic from the ‘‘Caatinga’’ in northeastern Brazil. *Bradleya,* **25**, 129-144.

Scogin R. (1985) Nectar constituents of the Cactaceae. *Southwestern Naturalist,* **30**, 77−82.

Taylor N.P. & Zappi D.C. (2004) *Cacti of Eastern Brazil*. Kew: Royal Botanic Gardens, Kew, UK: 499 pp.

Taylor N.P. & Zappi D.C. (2008). A neglected species of *Cipocereus*. *Cactaceae Systematics Initiatives,* **24**, 8-11.

Valiente-Banuet A., Arizmendi M. del C., Martinez-Rojas A., Davila P. (1997a) Pollination of two columnar cacti (*Neobuxbaumia mezcalaensis* and *Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacan Valley, central Mexico. *American Journal of Botany,* **84**, 452–455.

Valiente-Banuet A., Arizmendi M. del C., Martinez-Rojas A., Dominquez-Canesco L. (1996) Geographical and ecological correlates between columnar cacti and nectar-feeding bats in Mexico. *Journal of Tropical Ecology,* **12**, 103– 119.

Valiente-Banuet A., Rojas-Martinez A., Casas A., Arizmendi M. del C., Davila P. (1997b) Pollination biology of two winter-blooming giant columnar cacti in the Tehuacan Valley, Central Mexico. *Journal of Arid Environments,* **37**, 331–341.

Zappi D., Ribeiro-Silva S., Aona L.Y.S., Taylor N. (2011) Aspectos ecológicos e biologia reprodutiva. In: Ribeiro-Silva S., Zappi D., Taylor N., Machado M. (Org.), *Plano de ação nacional para a conservação das cactáceas,* Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBIO, Brasília, Brasil: 38-43.

Zappi D.C., Taylor N.P., Machado M.C. (2010) Cactaceae. In: Forzza R.C., Baumgratz F.A., Bicudo C.E.M., Canhos D.A.L., Carvalho Jr. A.A., Costa A., Costa D.P., Hopkins M., Leitman P.M., Lohmann L.G., Nic Lughadha E., Maia L.C., Martinelli G., Menezes M., Morim M.P., Nadruz Coelho M.A., Peixoto A.L., Pirani J.R., Prado J., Queiroz L.P., Souza S., Souza V.C., Stehmann J.R., Sylvestre L.S., Walter B.M.T., Zappi D.C. (Eds), *Catálogo de plantas e fungos do Brasil*, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil: **1**, 822–832.

Conclusões gerais

Os dois táxons de *Cipocereus* estudados apresentam características florais que se encaixam na síndrome de quiropterofilia, apresentam flores noturnas, tubulares com ampla abertura, com muitos estames e grande quantidade de néctar. As filmagens revelaram visitas de morcegos às flores de *C. crassisepalus* e os experimentos de exclusão de visitantes indicaram que estes são os principais polinizadores da espécie. Acredita-se que o mesmo aconteça para o *C. minensis* subsp. *leiocarpus*, mesmo que visitantes diurnos possam contribuir eventualmente na formação de frutos.

Tratando-se de dois táxons de distribuição restrita e dependentes dos serviços de polinização, eles podem ser considerados suscetíveis a alterações no ambiente que ocasionem a perda ou a diminuição de animais importantes para a reprodução destas espécies. O que reforça a necessidade de ampliar esses estudos para espécies de Cactaceae, além da criação e manejo adequado de áreas de proteção, para que assim espécies da fauna e da flora possam ser preservadas.