

BIOLOGIA REPRODUTIVA DE TRÊS ESPÉCIES DE *BYRSONIMA* RICH. EX KUNTH (MALPIGHIACEAE) EM UM CERRADO *SENSU STRICTO* NO CAMPUS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS, ANÁPOLIS, GOIÁS, BRASIL

JORDANA ALVES BATISTA
MÔNICA FLEURY JUBÉ PACHECO
MIRLEY LUCIENE DOS SANTOS

Universidade Estadual de Goiás, Campus Henrique Santillo, Anápolis, Goiás, Brasil; e-mails: jordanabio@yahoo.com.br, monicajube@gmail.com, mirley.santos@ueg.br

RESUMO: A biologia reprodutiva de *Byrsonima crassa*, *B. verbascifolia* e *B. coccolobifolia* (Malpighiaceae) foi estudada no período de março de 2004 a março de 2005, numa área de Cerrado, no campus da Universidade Estadual de Goiás, Município de Anápolis, Goiás, Brasil. A floração foi seqüencial e com sobreposição. As espécies apresentaram padrão de floração tipo Cornucópia. As flores são hermafroditas, pentâmeras, zigomorfas e agrupadas em inflorescências racemosas e terminais. Apresentam glândulas oleíferas na base do cálice, corola amarela, exceto *B. coccolobifolia* (alborósea). A antese é diurna, sendo uma parte do pólen liberada já em pré-antese. As três espécies estudadas são xenógamas facultativas e autocompatíveis. Os principais possíveis polinizadores foram abelhas dos gêneros *Centris*, *Tetrapedia*, *Augochloropsis* e *Trigona*, sendo as espécies do gênero *Trigona* as mais freqüentes. Os valores obtidos para a eficácia reprodutiva foram altos, 0,64 para *B. crassa*, 0,68 para *B. verbascifolia* e 0,53 para *B. coccolobifolia*. Estes valores indicam que tais espécies estão com boa produção de frutos, o que deve estar relacionado à presença de sistema autocompatível e à eficiência dos agentes polinizadores.

PALAVRAS-CHAVE: Biologia floral, *Byrsonima*, fenologia, Malpighiaceae, melitofilia.

ABSTRACT: The reproductive biology of *Byrsonima crassa*, *B. verbascifolia* and *B. coccolobifolia* (Malpighiaceae) was studied from March 2004 to March 2005 in an area of Cerrado of the Campus of the State University of Goiás, Anápolis, Goiás, Brazil. The flowering of the species was sequential and with superimposition. The species presented the standard flowering of the 'Cornucopia' type. The flowers are hermafroditic, pentamerous, zygomorphic and arranged in terminal, racemose inflorescences. The flowers have oil glands at the base of the calyx and yellow corollas, with the exception of *B. coccolobifolia*, which has pinkish-white corollas. The anthesis occurs during day time with some pollen is released at pre-anthesis. The three species studied are self-compatible and facultative xenogamous. The main possible pollinators observed were bees of the genera *Centris*, *Tetrapedia*, *Augochloropsis* and *Trigona*, and the *Trigona* species were the most frequent visitors. The values obtained for the reproductive effectiveness were high: 0.64 for *B. crassa*, 0.68 for *B. verbascifolia* and 0.53 for *B. coccolobifolia*. These values indicate that these species have good fruit production, which is probably related with the presence of the autocompatible system and the efficiency of the pollinators.

KEY WORDS: floral biology, *Byrsonima*, phenology, Malpighiaceae, melittophily.

INTRODUÇÃO

A maioria das flores das espécies de Malpighiaceae neotropicais produz óleo em glândulas (elaióforos) localizadas no cálice, utilizadas por abelhas fêmeas, enquanto que no Velho Mundo apenas 52% das espécies de Malpighiaceae oferecem óleo como recompen-

sa aos visitantes/polinizadores, podendo ser encontrados, nas outras espécies, nectários extraflorais (Vogel, 1990). As Malpighiaceae do bioma Cerrado florescem por longo período, sendo que a maioria das espécies está em flor na época quente e chuvosa (outubro-abril),

o que aparentemente coincide com o período de atividade dos seus polinizadores (Gottsberger, 1986).

O gênero *Byrsonima* Rich. ex Kunth está distribuído pela América Tropical, apresentando cerca de 150 espécies, 60 delas encontradas no Brasil (Mamede, 1982). Em relação a estudos sobre a biologia reprodutiva de Malpighiaceae e de espécies de *Byrsonima*, foram encontrados alguns trabalhos que enfocam o comportamento e ação das abelhas na polinização e na taxa de reprodução (Kerr, 1960; Vogel, 1974; Anderson, 1979; Simpson & Neff, 1981; Sazima & Sazima, 1989; Barros, 1992; Vinson et al., 1997; Teixeira & Machado, 2000). A ausência de glândulas de óleo em Malpighiaceae ocorre em alguns gêneros neotropicais, sendo esta uma condição derivada (Anderson, 1979; Sazima & Sazima, 1989; Teixeira & Machado, 2000).

O estudo das espécies brasileiras teve início com o levantamento florístico das espécies de *Byrsonima* que ocorrem no Distrito Federal, realizado por Giulietti (1971), com análise de dez espécies, três delas ocorrentes em florestas ciliares e sete em vegetação de Cerrado *sensu stricto*. No Brasil, representantes desse gênero são freqüentemente apontados como importantes componentes da flora do Cerrado. Dessa maneira, tornam-se necessários trabalhos sobre o gênero *Byrsonima*, objetivando o levantamento da maior quantidade de informações sobre os aspectos de sua ecologia e biologia reprodutiva (Barros, 1992).

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende um fragmento de Cerrado localizado no Campus Henrique Santillo da Universidade Estadual de Goiás, 16°20'34"S, 48°52'51"W, Município de Anápolis, Goiás, Brasil. A área de Cerrado deste Campus compreende três fitofisionomias: Cerrado *sensu stricto*, floresta semidecídua e floresta de galeria. No entanto, o estudo foi efetuado apenas no Cerrado *sensu stricto*. *Byrsonima crassa* Nieid., *B. verbascifolia* (L.) Rich. ex A. L. Juss. e *B. coccolobifolia* Kunth foram as espécies escolhidas por apresentarem uma população reprodutiva com grande número de indivíduos, possibilitando maior amostragem.

O acompanhamento fenológico para as três espécies do gênero *Byrsonima* foi realizado mensalmente entre os meses de março de 2004 e março de 2005. Foram selecionados para cada uma das três espécies estudadas dez indivíduos, os quais foram marcados com etiqueta metálica, para coleta de informações sobre as seguintes fenofases: brotação, botões florais e flores abertas, frutos verdes, frutos maduros e caducifolia. Os valores obtidos em campo seguiram o método de intensidade semiquantitativo de Fournier (1974).

Foram registradas, nas flores de cada espécie, informações sobre os seguintes aspectos: emissão de odor, horário e seqüência de antese, duração da flor, processo de senescência dos componentes florais, receptividade do estigma, viabilidade e disponibilidade dos grãos de pólen. Calculou-se também a razão pólen/óvulo (P/O), mediante a utilização da técnica de Cruden (1977).

Para definir o horário de antese foram marcados, no pedicelo, quinze a vinte botões de cada espécie, determinados preferencialmente em dois a três indivíduos e em fase de pré-antese. Estes foram acompanhados ao longo do dia e, posteriormente, avaliados os eventos que aconteceram durante a abertura da flor e a exposição de seus elementos florais.

As flores utilizadas para registro do horário de antese foram também acompanhadas para definir o tempo de duração, observando-se as condições do estigma, dos estames, o murchamento e a coloração das pétalas. A flor foi considerada senescente quando havia diminuição acentuada na receptividade do estigma, murchamento e queda dos estames, murcha e mudança na cor das pétalas.

A receptividade do estigma foi determinada em campo, em flores de diferentes estágios. Para tanto, sobre o estigma foi aplicada uma gota da solução de peróxido de hidrogênio (Kearns & Inouye, 1993).

Para a determinação do sistema reprodutivo, foram realizados experimentos de polinizações manuais controlados (Bawa, 1974) para as três espécies em botões em pré-antese. Esses foram emasculados e ensacados ou somente ensacados, com sacos de organza fina de *nylon* no dia anterior à antese para evitar possíveis visitas de polinizadores e/ou predadores. As cinquenta flores selecionadas

para cada experimento foram marcadas no pedicelo com linhas de cores distintas, de acordo com o tratamento realizado. Os tratamentos foram feitos em sete indivíduos de *B. crassa*, sete indivíduos de *B. verbascifolia* e nove indivíduos de *B. coccolobifolia*, os quais estão indicados na Tabela 1. Com os resultados obtidos em campo, o sistema de auto-incompatibilidade (ISI) foi verificado segundo Bullock (1985).

O índice de eficácia reprodutiva foi determinado de acordo com Zapata & Arroyo (1978). O estudo dos visitantes florais englobou observações visuais diretas no campo,

durante o período diurno, e envolveu principalmente os seguintes aspectos: o comportamento na flor, o horário e a duração das visitas. A coleta, a identificação e a classificação dos visitantes florais seguiram os critérios do comportamento de visita propostos por Gottsberger (1986), que considera um polinizador como principal ou primário quando este poliniza com mais eficiência do que outros, e adicional quando se apresenta como polinizador secundário, que é aquele que, ao buscar o pólen ou o óleo, acaba realizando ocasionalmente a polinização por tocar no estigma da flor.

Tabela 1. Resultados dos experimentos de polinização realizados nas flores das três espécies de *Byrsonima* estudadas no Cerrado *sensu stricto* do campus da UEG, município de Anápolis, GO. Simbologia empregada: FL – flor; FR – fruto; AP – autopolinização; PC – polinização cruzada

Espécies/tratamentos	FL/FR*	Sucesso
<i>Byrsonima crassa</i>		
Autopolinização espontânea	50/02	4,00
Autopolinização manual	50/11	22,00
Polinização cruzada manual	50/28	56,00
Agamospermia	50/00	0,00
Controle	50/18	36,00
Flores senescentes com AP	50/03	6,00
Flores senescentes com PC	50/05	10,00
<i>Byrsonima verbascifolia</i>		
Autopolinização espontânea	50/02	4,00
Autopolinização manual	50/10	20,00
Polinização cruzada manual	50/31	62,00
Agamospermia	50/00	0,00
Controle	50/21	42,00
Flores senescentes com AP	50/01	2,00
Flores senescentes com PC	50/04	8,00
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>		
Autopolinização espontânea	50/00	0,00
Autopolinização manual	50/05	10,00
Polinização cruzada manual	50/19	38,00
Agamospermia	50/00	0,00
Controle	50/10	20,00
Flores senescentes com AP	50/00	0,00
Flores senescentes com PC	50/01	2,00

*frutos imaturos

RESULTADOS

Os resultados das atividades fenológicas para os dez indivíduos de *Byrsonima crassa*, *B. verbascifolia* e *B. coccolobifolia* acompanhados no período de março de 2004 a março de 2005 estão representados nas Figuras 1, 2 e 3, respectivamente. Para a fenofase da floração, foi feito também um fenograma comparativo para as três espécies, que está representado na Figura 4.

Para as três espécies descritas, observou-se que a queda e a produção de folhas acompanharam a estacionalidade climática e que o fluxo de produção de folhas novas ocorreu ao longo de quase todo o ano. De acordo com estas fenofases, as espécies apresentaram dois padrões de comportamento: decidual, para *B. crassa*, e semidecidual, para *B. verbascifolia* e *B. coccolobifolia*.

Em relação ao período de floração, as espécies de *Byrsonima* estudadas floresceram seqüencialmente seguindo a ordem: *B. crassa*, *B. verbascifolia* e *B. coccolobifolia*, ocorrendo sobreposição desta fenofase entre as espécies. O florescimento de cada espécie foi de aproximadamente três meses: *B. crassa* (julho – setembro), *B. verbascifolia* (agosto – outubro) e *B. coccolobifolia* (outubro – dezembro). As espécies apresentaram diferentes estratégias florais: floração tardia em *B. crassa* e floração precoce em *B. verbascifolia* e *B. coccolobifolia*. Já o período de frutificação observado nas espécies foi de quatro (*B. crassa* e *B. coccolobifolia*) e cinco meses (*B. verbascifolia*).

As flores das três espécies estudadas são hermafroditas e apresentam morfologia similar, estando reunidas em inflorescências racemosas e terminais, com brácteas e bractéolas persistentes. O cálice gamossépalo é composto de cinco sépalas, cada uma com duas glândulas externas produtoras de óleo, denominadas elaióforos. A corola dialipétala é formada por cinco pétalas, flabeladas, unguiculadas, fimbriadas, glabras, amarelas em *B. crassa* e *B. verbascifolia*, ou albo-róseas em *B. coccolobifolia*. Nas corolas, a pétala mais interna é geralmente menor, quase côncava, em forma de concha com bordos enrugados e margem mais recortada, e em *B. coccolobifolia* apresentando coloração diferenciada das demais pétalas.

Nas três espécies o androceu é formado por dez estames férteis, com filetes filiformes e densamente pilosos, concrecidos na base; anteras ovaladas com deiscência longitudinal. O conectivo ultrapassa os lóbulos das anteras em *B. verbascifolia* e *B. coccolobifolia* e é menor que os lóbulos das anteras em *B. crassa*. Os grãos de pólen são brancos e pulverulentos. O gineceu possui três estiletos filiformes que ultrapassam o limite superior das anteras, sendo agudos no ápice e livres entre si; estigmas apicais, ovário súpero com coloração avermelhada, trilocular de seção circular, com um óvulo por lóculo; piloso em *B. crassa* e *B. verbascifolia*, e glabro em *B. coccolobifolia*. As flores apresentam simetria zigomorfa e há pequena variação no comprimento dos elementos florais, entre as três espécies.

As flores não exalaram odor perceptível ao olfato humano e permaneceram atrativas por aproximadamente três dias. Suas pétalas estavam vistosas e os estames bem conservados e repletos de pólen nos dois primeiros dias. No terceiro dia, as pétalas apresentaram-se murchas e com coloração diferente da inicial. Em *B. crassa*, as flores senescentes apresentaram-se avermelhadas e em *B. verbascifolia* alaranjadas. Já em *B. coccolobifolia* a coloração permaneceu a mesma, verificando-se apenas uma diminuição de sua vistosidade. Posteriormente, houve queda das pétalas e ressecamento das anteras, que também tiveram queda consecutiva. As glândulas do cálice (praticamente sem óleo) já apresentavam sinais de ressecamento. Os estiletos, entretanto, permaneceram na flor sem receptividade até a formação do fruto.

As três espécies apresentaram antese diurna, abrindo diariamente de cinco a oito flores por inflorescência. O horário de antese foi variado. Houve flores cuja abertura iniciou-se por volta das 6:00 e outras que continuaram abrindo durante todo o dia, até aproximadamente às 16:30. Foi observado que, mesmo flores senescentes de cor avermelhada, como em *B. crassa*, ou alaranjada, como em *B. verbascifolia*, recebem visitas de polinizadores, embora com pouca frequência.

Os resultados dos experimentos de polinização manual estão representados na Tabela 1. Estes dados evidenciam que as espécies de *Byrsonima* estudadas são xenógamas

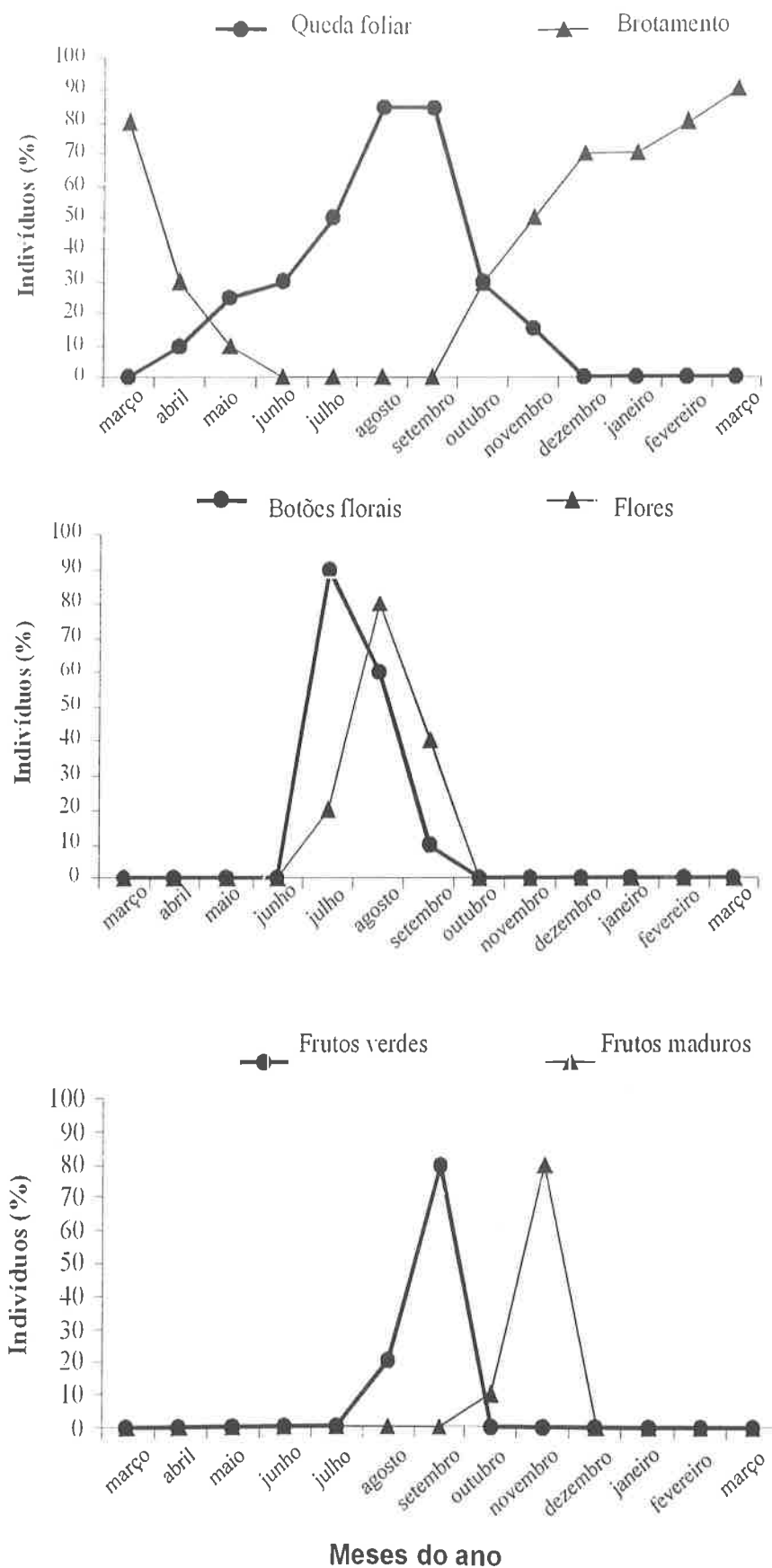


Figura 1 - Fenograma da espécie *Byrsonima crassa*, estudada no Cerrado *sensu stricto* do campus da UEG em Anápolis, durante o período de março de 2004 a março de 2005.

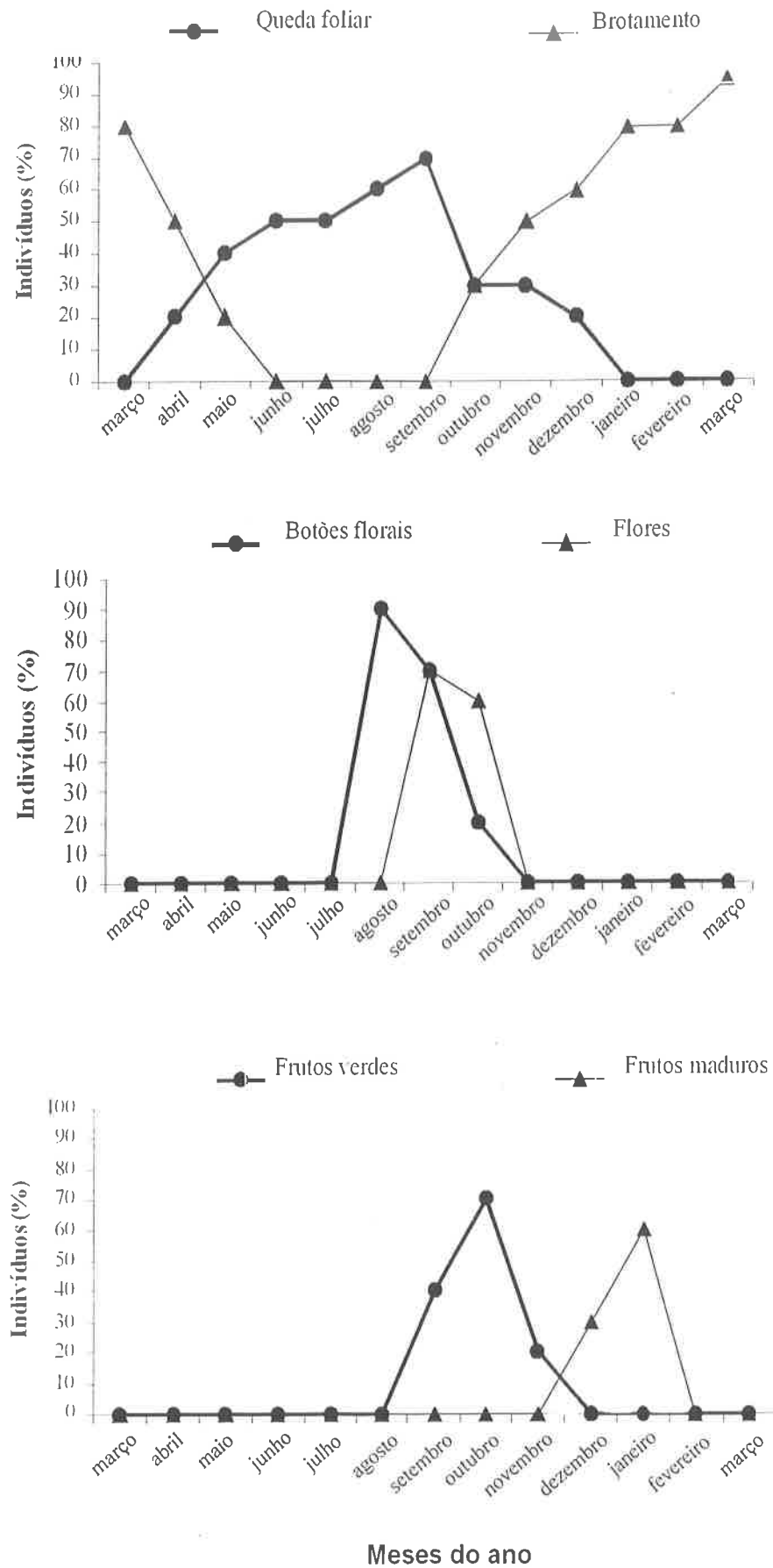


Figura 2 - Fenograma da espécie *Byrsonima verbascifolia*, estudada no Cerrado *sensu stricto* do campus da UEG em Anápolis, durante o período de março de 2004 a março de 2005.

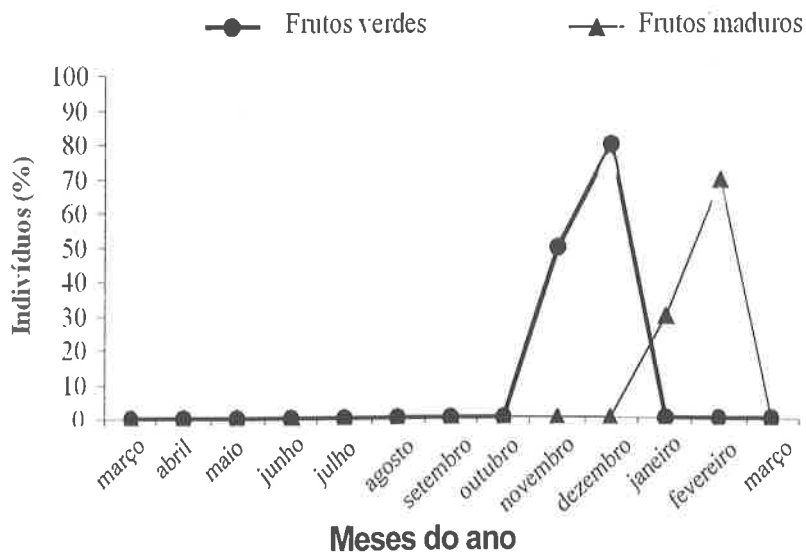
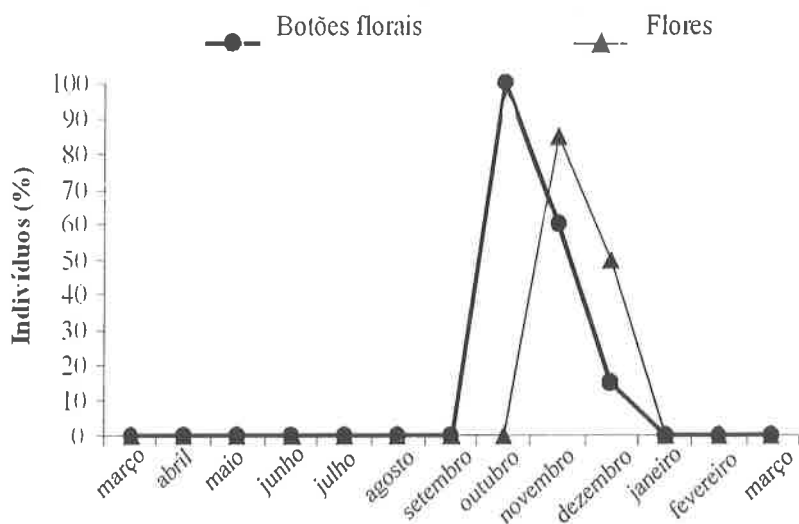
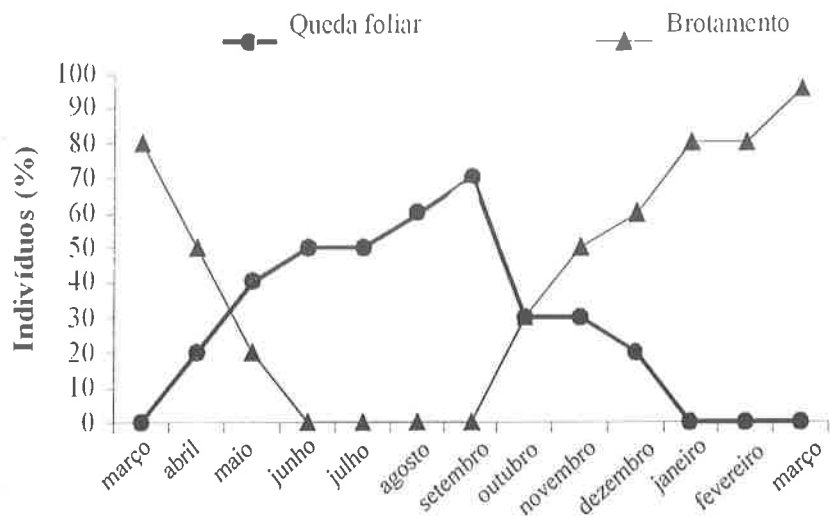


Figura 3 - Fenograma da espécie *Byrsonima coccolobifolia*, estudada no Cerrado *sensu stricto* da *campus* da UEG em Anápolis, durante o período de março de 2004 a março de 2005.

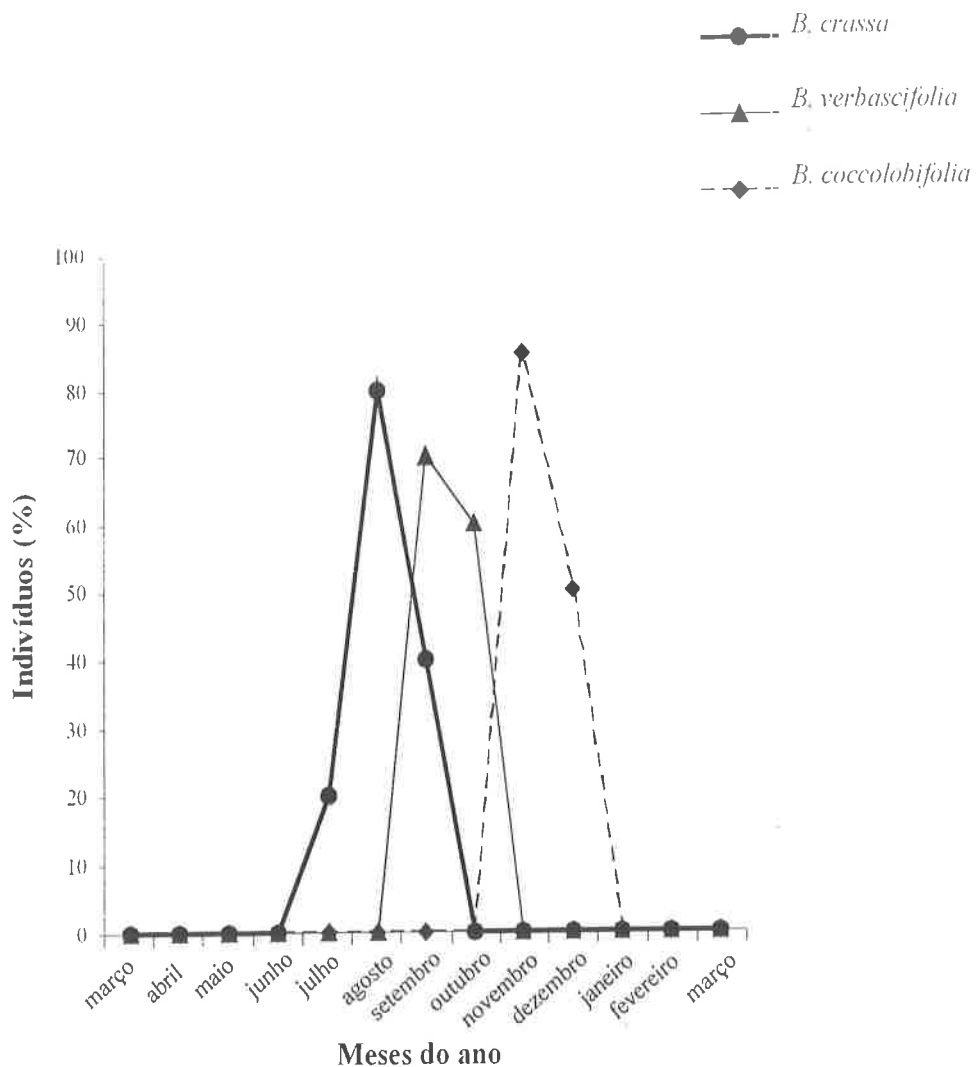


Figura 4. Fenograma comparativo do período de floração para as três espécies de *Byrsonima*, estudadas no Cerrado *sensu stricto* do campus da UEG em Anápolis, durante o período de março de 2004 a março de 2005.

facultativas e os valores encontrados para o índice de autoincompatibilidade (ISI) das três espécies foram de 0,39 em *B. crassa*, 0,32 em *B. verbascifolia* e 0,26 em *B. coccolobifolia*, evidenciando que as espécies possuem autocompatibilidade.

O índice de eficácia reprodutiva das três espécies de *Byrsonima* foi obtido a partir da relação de frutos formados em condições naturais (controle) sob frutos formados por polinização cruzada manual. A eficácia reprodutiva estima a produção de frutos sob condições máximas de polinização. Os resultados obtidos para essas espécies estão representados na Tabela 2.

Os resultados da viabilidade polínica para as três espécies de *Byrsonima* são apresentados na Tabela 3. Estes resultados

evidenciam alta porcentagem de grãos de pólen viáveis para as três espécies estudadas. Já os valores de P/O, estimados em laboratório, indicam que estas espécies possuem sistema reprodutivo xenogâmico facultativo. A razão pólen/óvulo é mostrada na Tabela 4.

Os visitantes observados em flores de *Byrsonima* foram exclusivamente abelhas fêmeas da família Anthophoridae, com predominância das tribos Centridini (3 spp.) e Tetrapediini (1 sp.), Halictidae com a única tribo Augochlorini (1 sp.), e Apidae, com a tribo Trigonini (2 spp.), registrando-se um total de sete espécies (Tabela 5).

O horário das visitas da maioria das espécies ocorreu entre 7:00 e 11:00 da manhã. As *Trigona* observadas apresentaram atividade durante todo o dia, porém com maior

Tabela 2 - Estimativa da eficácia reprodutiva obtida para as três espécies de *Byrsonima*, através da relação entre a porcentagem de frutos produzidos em condições naturais (controle) sob polinização cruzada manual. Simbologia empregada: Fl – flores; Fr – frutos.

Espécies	Eficácia reprodutiva				Eficácia reprodutiva
	Condições Naturais		Polinizações Cruzadas		
	Fl (n)	Fr (%)	Fl (n)	Fr (%)	
<i>Byrsonima crassa</i>	50	36	50	56	0,64
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	50	42	50	62	0,68
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	50	20	50	38	0,53

Tabela 3 - Viabilidade dos grãos de pólen para as três espécies de *Byrsonima* testadas com carmim acético. Os valores correspondem à média (%) e ao erro padrão.

Espécies	Viabilidade dos grãos de pólen		
	Flores (n)	Pólen (n)	Carmim-acético (X% ± EP)
<i>Byrsonima crassa</i>	30	3000	96,22 ± 0,47
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	30	3000	98,78 ± 0,32
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	30	3000	92,61 ± 0,69

Tabela 4 - Razão pólen/óvulo (P/O) para as três espécies de *Byrsonima* que ocorrem no Cerrado *sensu stricto* do campus da UEG, município de Anápolis, GO.

Espécies	Flores (n)	Nº de grãos (X)	Nº de óvulos (X)	P/O
<i>Byrsonima crassa</i>	5	456.737	3	152.246
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	5	399.468	3	133.156
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	5	271.432	3	90.477

117

Tabela 5 - Abelhas que visitaram as três espécies de *Byrsonima* estudadas no Cerrado *sensu stricto* do campus da UEG, município de Anápolis, GO.

Espécies de <i>Byrsonima</i>	Visitantes florais				
	Família	Tribo	Espécie		
<i>B. crassa</i>	Anthophoridae	Centridini	<i>Centris aenea</i>		
			<i>Centris flavifrons</i>		
			<i>Centris fuscata</i>		
	Halictidae	Tetrapediini	<i>Tetrapedia diversipes</i>		
			Augochlorini	<i>Augochloropsis crassigena</i>	
				<i>Trigona fulviventris</i>	
Apidae	Trigonini	<i>Trigona pallens</i>			
<i>B. verbascifolia</i>	Anthophoridae	Centridini	<i>Centris flavifrons</i>		
			<i>Tetrapedia diversipes</i>		
			<i>Augochloropsis crassigena</i>		
	Halictidae	Augochlorini	<i>Trigona fulviventris</i>		
			Apidae	Trigonini	<i>Trigona pallens</i>
Apidae	Trigonini	<i>Trigona fulviventris</i>			
		<i>Trigona pallens</i>			

e com o auxílio das mandíbulas prendiam-se nas anteras, vibrando-as em intervalos curtos de tempo. Os grãos de pólen eliminados em forma de "nuvem" aderiam-se nas pernas do inseto, assim como por todo o seu corpo. As abelhas visitavam todos os estames, um a um, até não obter mais pólen. *A. crassigena* não foi vista coletando óleo ou tendo qualquer contato com os elaióforos.

As espécies das tribos Centridini e Tetrapediini foram classificadas como especialistas na coleta de óleo. Já as Augochlorini e Trigonini, que apresentaram o maior número de indivíduos, foram classificadas como coletoras preferencialmente de pólen. Entretanto, as Trigonini foram vistas coletando eventualmente óleo. De acordo com o comportamento da visita, as tribos Centridini e Augochlorini foram consideradas como polinizadoras primárias e as Tetrapediini e Trigonini como polinizadoras secundárias (Tab. 6).

DISCUSSÃO

Os ciclos de floração de cada espécie estiveram relacionados, de um modo geral, aos fatores climáticos. De acordo com a produção e queda de folhas, foram determinados, segundo Morellato et al. (1989), dois padrões, que podem ser aplicados para as espécies de *Byrsonima*: decidual, em *B. crassa* (espécies com queda e produção de folhas concentradas em uma determinada época, ficando um período quase ou totalmente sem folhas), e semidecidual, em *B. verbascifolia*, e *B. coccolobifolia* (espécies com um período de maior intensidade de queda de folhas, mas nunca totalmente sem folhas).

Para *B. crassa*, a senescência com queda quase total de folhas e a floração foram as fenofases que estiveram relacionadas de forma mais evidente com a estação seca (maio a setembro), exemplificando um dos tipos de padrões de floração que ocorrem em ambientes de Cerrado, a floração tardia. Nesse tipo de floração, que ocorre isolada durante a estação seca, as plantas florescem com folhas senescentes ou sem folhas, antes da brotação (Oliveira, 1998). No caso de *B. crassa*, essa floração ocorreu com folhas senescentes que foram caindo durante a floração. A produção de novas folhas iniciou-se logo após a floração, com o início da frutificação.

freqüência entre 8:00 e 11:00, e em menor freqüência no período vespertino, até, aproximadamente, às 16:30. As espécies de *Centris* foram mais ativas entre 8:00 e 10:00, com pouquíssima atividade à tarde. *Augochloropsis crassigena* apresentou maior freqüência entre 8:00 e 10:00, permanecendo em atividade até às 15:00. Para *Tetrapedia diversipes*, observou-se o menor período de visita, restrito ao período da manhã, aproximadamente entre 9:00 e 10:00.

As abelhas do gênero *Centris* foram observadas coletando óleo e pólen em visitas distintas. Estas abelhas aproximam-se das inflorescências em vôo rápido, agarrando-se à pétala superior com o auxílio das mandíbulas e apoiando-se com as pernas posteriores nas flores vizinhas ou nas pétalas inferiores da flor que está sendo visitada. As abelhas raspam as glândulas de óleo de modo que, na maioria das vezes, todas as glândulas são exploradas. Várias flores são visitadas, em seqüência, no mesmo indivíduo, havendo a coleta de pólen por vibração do corpo caracterizada pela distensão e elevação das pernas posteriores. O pólen, por ser pulverulento, forma uma nuvem branca ao redor da abelha no ato da coleta. O contato com a regiões estigmáticas da flor ocorre durante as coletas de óleo e pólen com a porção ventral do tórax e proximal do abdômen. Botões em fase de pré-antese também foram visitados para a coleta de óleo.

Observou-se que *Tetrapedia diversipes* visita as flores de *B. crassa* e *B. verbascifolia* com menos freqüência que as espécies de *Centris*. Na coleta de pólen, os indivíduos dessa espécie colocavam a cabeça entre os estames, prendendo-se neles com o auxílio das mandíbulas. Posteriormente, raspavam os grãos das anteras, transferindo-os para as pernas posteriores, sem sair da flor. A coleta do óleo foi realizada tanto nas flores quanto nos botões. Quando em visita às flores, as abelhas pousavam na corola pelo lado inferior, não havendo contato com os órgãos sexuais. O visitante prendia-se ao pedicelo com o auxílio das mandíbulas e sem sair da flor raspava as glândulas, coletando e transferindo o óleo.

Augochloropsis crassigena coleta apenas o pólen. Os indivíduos dessa espécie, ao pousarem na flor, curvavam-se sobre os estames

floração. A produção de novas folhas iniciou-se logo após a floração, com o início da frutificação.

Segundo Janzen (1967), a floração na estação seca é vantajosa, pois as condições do tempo favorecem a atividade dos insetos polinizadores, porque não há chuvas pesadas que possam causar danos às flores. Além disso, a queda de folhas mais intensa nessa estação aumenta a visualização das flores e, conseqüentemente, a atração pelos polinizadores. De acordo com vários pesquisadores que já realizaram estudos fenológicos em savanas tropicais, a maioria das plantas floresce na estação seca, com poucas espécies que apresentam tal atividade no início da estação chuvosa (Janzen, 1967; Croat, 1969; Frankie et al., 1974). Nesse período a competição vegetativa é máxima (Croat, 1969).

Algumas espécies de Cerrado podem ter brotação continuada ao longo do ano com produção e troca de folhas, caracterizando espécies semidecíduas (Sarmiento & Monasterio, 1983). Essa troca concentrada no final da estação seca é precedida ou acompanhada por

caducifolia (sincronização entre caducifolia e brotação varia de espécie para espécie, entre indivíduos da mesma espécie e entre diferentes anos para um mesmo indivíduo). Quando o período de caducifolia e brotamento ocorre concomitante à floração, define-se, segundo Oliveira (1998), um outro tipo de padrão de floração: a floração precoce, que ocorre no início da estação chuvosa.

A floração precoce, que acompanha ou segue a troca de folhas, traz implicações para o processo reprodutivo, principalmente no que se refere à formação de frutos, o que pode ser mantido com o produto fotossintético que está sendo gerado naquele momento. Nesse sentido, a alocação dos recursos pode ser ajustada, sincronicamente, às variações ambientais (Oliveira, 1998). Da relação entre o brotamento e o período de reprodução se originariam as estratégias de floração descritas por Sarmiento & Monasterio (1983). *Byrsonima verbascifolia* e *B. coccolobifolia* apresentaram-se como representantes dessas estratégias.

Tabela 6. Abelhas visitantes das três espécies de *Byrsonima*, o recurso coletado, o resultado e a frequência da visita (classificação de acordo com Gottsberger, 1986). Simbologia empregada: P – pólen, O – óleo, PP – polinizador primário, PS – polinizador secundário, MF – muito freqüente, F – freqüente, PF – pouco freqüente.

Visitantes	Recompensa coletada	Resultado da visita	Frequência
Anthophoridae			
Centridini			
<i>Centris aenea</i>	O/P	PP	F
<i>Centris flavifrons</i>	O/P	PP	F
<i>Centris fuscata</i>	O/P	PP	F
Tetrapediini			
<i>Tetrapedia diversipes</i>	O/P	PS	PF
Halictidae			
Augochlorini			
<i>Augochloropsis crassigena</i>	P	PP	MF
Apidae			
Trigonini			
<i>Trigona fulviventris</i>	O/P	PS	MF
<i>Trigona pallens</i>	O/P	PS	MF

O florescimento seqüencial de *Byrsonima verbascifolia* pareceu funcionar como um mecanismo adaptativo dessa espécie para atrair os visitantes de *B. crassa*, já que se trata de espécies que possuem algumas semelhanças no que diz respeito ao local de ocorrência e às características florais, tais como a forma geral da flor, a coloração amarela, o horário de antese (diurno), o local de produção de óleo e o tipo de recompensa calórica. Esse florescimento seqüencial deve trazer benefícios para *B. verbascifolia*, quanto à utilização dos polinizadores, porque estes já se encontram condicionados à imagem de procura similar (Thomson, 1980).

De acordo com os padrões de floração propostos por Gentry (1974), as espécies apresentaram floração do tipo Cornucopia, em que as plantas desabrocham um razoável número de flores por inflorescência, durante várias semanas. As espécies floresceram seqüencialmente, fato que foi interpretado como uma estratégia para a redução da competição pelo agente polinizador. Assim, verificou-se que este foi um dos fatores responsáveis pela coexistência dessas espécies numa mesma área. A sobreposição evidenciada no período de floração das três espécies de *Byrsonima* contribuiu para o aumento dos recursos oferecidos (pólen e óleo) pelas flores, o que favoreceu a atração dos visitantes florais, especialmente das abelhas polinizadoras.

O padrão de frutificação sazonal observado para as três espécies, as quais frutificaram no final da estação seca (*Byrsonima crassa*) e por quase toda a estação úmida (*Byrsonima verbascifolia* e *B. coccolobifolia*), levou a confirmar que, com o início da estação chuvosa, ocorre um período de melhores condições para a germinação e o crescimento de plântulas, como evidenciaram Fournier & Salas (1966).

As espécies estudadas apresentaram como principal síndrome de dispersão a zoocoria. Tal fato foi relacionado ao tipo de fruto apresentado por tais espécies (fruto carnosos). Com relação às síndromes de dispersão da comunidade, observa-se que as espécies arbustivo-arbóreas são fortemente influenciadas pelo modo zoocórico (Spina, 1997).

Aspectos da morfologia e biologia floral foram muito similares para as três espécies, as quais apresentaram flores adaptadas à polinização por abelhas, como outras espécies de Malpighiaceae melitófilas estudadas. A presença de glândulas produtoras de óleo como recompensa calórica, a disposição das flores em inflorescências, o mecanismo de mudança de cor de pétala e a duração das flores por mais de um dia apresentada por essas espécies foram interpretados como adaptações florais para aumentar a eficiência dos polinizadores e, portanto, também a taxa de polinização.

As espécies descritas definiram-se como xenógamas facultativas com base nos resultados de polinizações manuais, diante do fato de se verificar a formação de frutos em flores submetidas à autopolinização manual e à polinização cruzada. Isto foi confirmado com os índices de autoincompatibilidade (ISI) de 0,39, 0,32 e 0,26, respectivamente em *B. crassa*, *B. verbascifolia* e *B. coccolobifolia*. Segundo Bullock (1985), os valores esperados para plantas com sistema reprodutivo compatível são superiores a 0,25. As espécies de *Byrsonima*, apesar de apresentarem requisitos de flores de polinização cruzada e sistema reprodutivo xenogâmico, demonstraram certo grau de autocompatibilidade. A autocompatibilidade foi anteriormente descrita para as espécies de *Byrsonima* estudadas por Barros (1992).

Os índices de eficácia reprodutiva encontrados para *B. crassa* (0,64), *B. verbascifolia* (0,68) e *B. coccolobifolia* (0,53) indicam que estas espécies apresentaram polinizadores eficientes na transferência dos grãos de pólen em condições de geitonogamia e xenogamia nas polinizações naturais (controle). O fato de o pólen apresentar-se abundante e viável nas três espécies e os estigmas receptivos por longo período (aproximadamente três dias) também contribuiu para uma boa taxa de formação de frutos sob condições naturais.

Os resultados de uma elevada razão pólen/óvulo (P/O), associados a uma alta viabilidade polínica, são fatores indicativos, segundo Cruden (1977), do sistema reprodutivo

xenogâmico. Os altos valores de razão pólen/óvulo encontrados em *B. crassa* (152.246), *B. verbascifolia* (133.156) e *B. coccolobifolia* (90.477) indicam que se trata de espécies xenogamas facultativas, em que está presente um sistema de autocompatibilidade, como discutido anteriormente para os índices de autoincompatibilidade (ISI).

As espécies das tribos Centridini e Tetrapediini foram classificadas como especialistas na coleta de óleo, por possuírem adaptações para a coleta de lipídios florais. Já as Augochlorini e Trigonini foram classificadas como coletoras preferencialmente de pólen. Registre-se, no entanto, que as Trigonini tenham sido vistas coletando eventualmente óleo. Vale assinalar que essas tribos também apresentaram o maior número de indivíduos.

A oferta de recursos – pólen e óleo – nas três espécies, possivelmente, influenciou no comportamento do polinizador em muitos aspectos, tais como a frequência de visita, o número de flores inspecionadas e o tempo de duração das visitas. Um outro fator que também pode gerar alterações no comportamento do polinizador é o clima. Variáveis como temperatura e umidade podem implicar diferentes respostas, tanto do comportamento do polinizador quanto da oferta de recursos pelas plantas. Uma possibilidade é de que as respostas dos organismos envolvidos nessa interação variam de forma sincrônica diante de tais condições impostas, refletindo uma otimização dos recursos (Uezu & Contrera, 2000).

REFERÊNCIAS

- Anderson, W.R. 1979. Floral conservatism in neotropical Malpighiaceae. *Biotropica* 11: 219-223.
- Barreto JR., N.M. & R. Angelini. 2003. Mapeamento topográfico e delimitação fitofisionômica da área natural do Campus da UEG (Anápolis). pp. 1-5. In: 1ª Mostra de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO.
- Barros, M.A.G. 1992. Fenologia da floração, estratégias reprodutivas e polinização de espécies simpátricas do gênero *Byrsonima* Rich. (Malpighiaceae). *Rev. Bras. Biol.* 52: 343-353.
- Bawa, K.S. 1974. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. *Evolution* 28: 85-92.
- Bullock, S.H. 1985. Breeding system in the flora of a tropical deciduous Forest in Mexico. *Biotropica* 17: 287-301.
- Croat, T.B. 1969. Seasonal flowering behavior in Central Panama. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 56: 295-307.
- Cruden, W. 1977. Pollen-ovule ratios: A conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution* 31: 32-46.
- Frankie, G.W., H.G. Baker. & P.A. Opler. 1974. Tropical plant and phenology: applications for studies in communities ecology. p. 287-296. In: H.Lieth (Ed.), Phenological and seasonality modeling, Ecological studies 8. Springer Verlag, New York.
- Fournier, L.A. 1974. Um método quantitativo para a medição de características fenológicas em árvores. *Turrialba* 25: 45-48.
- Fournier, L.A. & S. Salas. 1966. Algunas observaciones sobre la dinamica de la floracion en el bosque humedo de Villa Collon. *Rev. Biol. Trop.* 14: 75-85.
- Gentry, A.H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6: 64-68.
- Giulietti, A. M. 1971. *Byrsonima* do Distrito Federal. p. 133-149. In: III Simpósio sobre o Cerrado. USP, São Paulo.
- Gottsberger, G. 1986. Some pollination strategies in neotropical savannas and forests. *Pl. Syst. Evol.* 152: 29-45.
- Janzen, D.H. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution* 20: 620-637.
- Kearns, C.A. & D.W. Inouye. 1993. Techniques for pollination biologists. University Press Colorado, Niwot.

- Kerr, K. E.** 1960. Evolution of communication in bees and its role in speciation. *Evolution* 14: 386-387.
- Mamede, M.C.H.** 1982. Malpighiaceae. Flora fanerogâmica da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil. p. 153. XXXIII Congr. Nac. de Botânica. Resumos. Alagoas.
- Morellato, L.P.C.; R.R. Rodrigues, H. F. Leitão-Filho & C.A. Joly.** 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, São Paulo. *Rev. Bras. Bot.* 12: 85-98.
- Oliveira, P.E.** 1998. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies do cerrado. p. 169-188. In: Sano, S.M. & S.P. Almeida. (ed.), Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA - CPAC.
- Sarmiento, G. & M. Monasterio.** 1983. Life forms and phenology. p. 79-108. In: F. Bourliere (ed.), *Ecosystems of the world: Tropical Savannas*. Elsevier, Amsterdam.
- Sazima, M. & I. Sazima.** 1989. Oil gathering bees visit flowers of eglandular morphs of the oil-producing Malpighiaceae. *Botanica Acta* 102: 106-111.
- Spina, A. P.** 1997. Composição florística de uma floresta de brejo na região de Campinas, e algumas considerações sobre os sistemas sexuais, a fenologia de floração e de frutificação e as síndromes de dispersão das espécies da comunidade. Dissertação de Mestrado. Universidade de Campinas, Campinas, SP.
- Teixeira, L.A. & I.C. Machado.** 2000. Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima seriacea* DC. (Malpighiaceae). *Acta Bot. Bras.* 14: 347-357.
- Thomson, J.D.** 1980. Skewed flowering distributions and pollinator attraction. *Ecology* 61: 572-579.
- Uezu, A. & F.A.L. Contrera.** 2000. Número de flores abertas por inflorescência de *Serjania lethalis* (Sapindaceae) e sua relação com a frequência de visitas de *Apis mellifera*. *Projetos Orientados: Ecologia de Campo*.
- Vinson, S.B., H. J. Williams, G. W. Frankie & G. Shrum.** 1997. Floral lipid chemistry of *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae) and a use of floral lipids by *Centris* bees (Hymenoptera: Apidae). *Biotropica* 29 (1): 76-83.
- Vogel, S.** 1974. Ölblumen und ölsammelnde Bienen. Akademie der Wissenschaften und der Literatur. *Tropische und subtropische Pflanzenwelt* 7. Franz. Steiner Verlag. Wiesbaden.
- Vogel, S.** 1990. History of the Malpighiaceae in the light of pollination ecology. *Mem. New York Bot. Gard.* 55: 130-142.
- Zapata, T.R. & M.T.K. Arroyo.** 1978. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. *Biotropica* 10: 221-230.

Recebido em 24.X.2005

Aceito em 16.XII.2005