

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE BIOLOGIA



Este exemplar corresponde à redação final
da tese defendida pelo(a) candidato(a)
Luiz Fernando R. M. Aguiar
Campinas 15/09/92 Luiz
e aprovada pela Comissão Julgadora.

FENOLOGIA , SISTEMA DE REPRODUÇÃO ,
ECOLOGIA DA POLINIZAÇÃO e DISPERSÃO DE Senna alata
(Caesalpinioideae, Leguminosae)

LUÍS FERNANDO RODDER MOREIRA AGUIAR

92-3492-98
Dissertação apresentada à Universidade
Estadual de Campinas (UNICAMP) para a
obtenção do grau de Mestre em Ciências
Biológicas (Ecologia)

Orientadora: Profa. Dra. FOSCA PEDINI PEREIRA LEITE, m

Campinas-SP
1992

Ag93f

18074/BC

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Agradecimentos .

Esse trabalho foi realizado junto aos Departamentos de Morfologia e Sistemática Vegetais e de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas (SP) . Agradeço aos professores e funcionários desses Departamentos e à todos que contribuíram em todas as etapas para a realização e conclusão dessa pesquisa .

À Professora Dra. Fosca Pedini Pereira Leite orientadora de tese agradeço pelo encaminhamento deste trabalho para a fase de defesa . Gostaria de deixar meus especiais agradecimentos aos professores Dr. Keith S. Brown Jr. orientador de programa e aos professores Drs. Mohamed Habib , Jyoti Patel , Adão José Cardoso, Flávio Antonio Maes do Santos e João Vasconcelos membros da banca examinadora .

Agradeço aos professores Dr. Woodruff Whitman Benson e Dr. Carlos Fernando S. de Andrade pelo incentivo para a elaboração e desenvolvimento desse trabalho .

Aos professores Drs. João Semir , Marlies Sazima , Antonio Gabrieli, Jorge Tamashiro , George Shepherd e Hermógenes L. Filho pelos comentários e acréscimos à esse trabalho .

À Profa. Dra. Lucy Roland Bego , da Universidade de São Paulo (USP / Ribeirão Preto-SP) pelo apoio e identificação dos polinizadores .

Sinceramente não teria sido possível a conclusão deste sem o apoio dos amigos e família aos quais ofereço meus agradecimentos .

Para a realização dessa pesquisa obtive o apoio financeiro da CAPES e FAPESP à cujos Senhores Diretores Científicos expressei meu agradecimento e consideração .

Fenologia , Sistema de Reprodução , Ecologia da Polinização
e Dispersão de Senna alata (L.) Rox. (Caesalpinioideae ,
Leguminosae) .

Conteúdo .

RESUMO .	1.
SUMMARY .	2.
I. INTRODUÇÃO .	4.
Fatores Relacionados à Fenologia de Comunidades Vegetais.	5.
II. MATERIAL e MÉTODOS .	10.
1. Aspectos Climáticos da Área de Trabalho .	10.
2. Espécies Vegetais .	11.
2.1. Considerações Taxonômicas .	11.
2.2. Identificação das Espécies Vegetais .	12.
3. Tipos Edáficos de Populações de <u>Senna alata</u> .	12.
4. Fenologia .	13.
5. Germinação de Sementes em <u>S. alata</u> .	14.
6. Transplante de <u>Senna alata</u> , Desenvolvimento e Fenologia Sob Condição Experimental .	15.
6.1. Procedimento no Cultivo de Plantas de <u>S. alata</u> em Diferentes Condições de Características de Solo .	16.
6.2. Desenvolvimento e Fenologia das Plantas Cultivadas (Teste).	16.
7. Sistema de Reprodução de <u>S. alata</u> .	17.
8. Polinização .	19.
8.1. Identificação das Espécies Polinizadoras .	19.
8.2. Observação e Captura de Espécies .	20.

III. RESULTADOS .	22.
1. Aspectos Climáticos da Região de Estudo .	24.
2. Espécies dos Gêneros <u>Senna</u> , <u>Cassia</u> e <u>Chamaecrista</u> Encontradas na Região de Campinas (SP) .	28.
3. Distribuição e Ambientes de Ocorrência de <u>S. alata</u> .	29.
3.1. Distribuição .	29.
3.2. Locais de Ocorrência e Tipos de Ambientes Colonizados por <u>S. alata</u> na Cidade de Campinas (SP) .	29.
3.2.1. Ambientes de Solo Inundado Colonizado por <u>S. alata</u> .	30.
3.2.2. Ambientes de Solo Sêco (Solo Drenado) Colonizados por <u>S. alata</u> .	31.
4. Fenologia .	35.
5. Cultivo Experimental de <u>S. alata</u> ; Estudo da Divergência Temporal Intra-Específica na Fenologia dessa Espécie .	38.
6. Sistema de Reprodução de <u>S. alata</u> e das espécies <u>S. excelsa</u> , <u>S. multiusa</u> e <u>S. cernua</u> .	40.
7. Polinização por Vibração dos Estames .	43.
7.1. Morfologia Floral e Especialização Para a Polinização Através da Vibração dos Estames .	43.
7.2. Morfologia Floral e Polinização .	46.
7.3. Polinização em <u>Senna alata</u> .	61.
7.4. Períodos de Atividade das Espécies de Abelhas Observadas .	65.
7.5. Comportamento das Abelhas nas Flores de <u>S. alata</u> .	69.
7.5.1. <u>Pseudaugochloropsis graminea</u> .	69.
7.5.2. <u>Xylocopa frontalis</u> .	70.
7.5.3. <u>Bombus morio</u> .	71.
7.5.4. <u>Centris fuscata</u> e <u>C. tarsata</u> .	74.
7.5.5. <u>C. similis</u> .	76.
7.5.6. <u>C. bicolor</u> .	77.

7.5.7. <u>Eulaema nigrata</u> .	78.
7.5.8. <u>Epicharis rustica</u> .	79.
7.5.9. <u>Exomalopsis fulvofasciata</u> .	80.
7.5.10. Espécies não Polinizadoras .	80.
8. Frutificação e Dispersão em <u>Senna alata</u> .	82.
8.1. Características das Sementes de <u>Senna alata</u> .	83.
8.2. Dispersão e Germinação das Sementes em <u>S. alata</u> .	84.
IV. DISCUSSÃO .	86.
1. Fenologia .	87.
2. Distribuição de <u>S. alata</u> .	91.
2.1. Divergência Temporal na Floração em <u>S. alata</u> .	93.
3. Sistema de Reprodução de <u>S. alata</u> .	94.
3.1. A Sincronização da Floração na Reprodução de Espécies Vegetais Tropicais .	98.
3.2. Dispersão em <u>Senna alata</u> .	102.
3.3. Variação Ecotípica em Plantas .	104.
4. Polinização por Vibração dos Estames .	110.
4.1. Polinização e Fluxo Gênico .	111.
4.2. Atividade das Espécies Polinizadoras .	118.
4.3. Comportamento das espécies Polinizadoras e as Condições Climáticas .	121.
5. Dispersão de Sementes e Colonização de Ambientes .	128.
5.1. Germinação .	128.
5.2. Dispersão em <u>Senna alata</u> .	130.
5.3. Dispersão e Fluxo Gênico em <u>S. alata</u> .	132.
V. CONCLUSÕES .	135.
BIBLIOGRAFIA .	140.

INDICE DE FIGURAS .

Figura 1 : Condições Climáticas . Regime de Temperaturas , Máxima e Mínima na Região de Campinas (SP) no Período de 1982 à 1985 .	26 .
Figura 2 : Condições Climáticas . Regime de Chuvas , Médias Mensais de Precipitação (mm) na Região de Campinas (SP) no Período de 1982 à 1985 .	27 .
Figura 3 : Fenologia das Espécies Vegetais Observadas em Floração na Região de Campinas (SP) no Período de 1983 à 1985 .	36 .
Tabela 1 : Porcentagem de Frutos Estabelecidos Obtidos Através da Polinização Manual de <u>S. alata</u> e das Espécies <u>S. excelsa</u> , <u>S. multiuga</u> e <u>S. cernua</u> .	41 .
Tabela 2 : Porcentagem de grãos de pólen inviáveis e fertilidade dos diferentes tipos de estames em espécies dos gêneros <u>Senna</u> , <u>Cassia</u> e <u>Chamaecrista</u> .	45 .
Figura 4 : Morfologia Floral de <u>S. alata</u> .	47 .
Figuras 5 à 7 : Morfologia Floral de <u>S. bicapsularis</u> , <u>S. excelsa</u> (<u>S. spectabilis</u>) e de <u>S. macranthera</u> .	50 à 52 .
Figuras 8 à 10 : Morfologia Floral de <u>S. multiuga</u> , de <u>C. fistula</u> e de <u>C. javanica</u> .	54 à 56 .
Figuras 11 e 12 : Morfologia Floral de <u>Chamaecrista rotundifolia</u> e de <u>C. patularia</u> .	59 e 60 .
Tabela 3 : Espécies de Abelhas Observadas Coletadas na Região de Campinas (SP) no Período de 1982 à 1985 .	64 .
Tabela 4 : Meses de Ocorrência das Espécies Observadas .	62 .
Tabela 5 : Espécies de Abelhas Associadas à <u>S. alata</u> e às demais Espécies Observadas em Floração .	68 .
Figura 13 : Capacidade de voo de <u>B. morio</u> .	73 .

RESUMO

O gênero Senna é representado por grande número de espécies de distribuição predominantemente neotropical . Nesse gênero inclue-se a espécie S. alata , leguminosa arbustiva de folhas composta com grandes folíolos , flores de anteras tubulosas de deiscência poricida adaptadas para a polinização por abelhas .

Essa espécie de leguminosa é encontrada como colonizadora em locais abertos e foi observada se desenvolvendo em dois tipos de ambientes , com um tipo de população em locais de solo inundado (em brejo) e outro tipo em locais de solo drenado , em Campinas-SP.

As populações de S. alata observadas diferem também por apresentarem divergência nos períodos de reprodução .

Plantas de S. alata originados de ambientes inundados quando transplantados em solo drenado não apresentaram modificação na fenologia , apresentando floração no mesmo período do de sua população de origem , evidenciando que a variação na fenologia reprodutiva observada entre as populações de S. alata não é dependente da influência direta das condições de inundação do solo onde estas se desenvolvem .

Foram identificadas as seguintes espécies de abelhas polinizadoras de S. alata : Bombus morio , Centris bicolor , C. fuscata , C. tarsata , C. similis , Epicharis rustica , Eulaema nigrita , Pseudaugochloropsis graminea e Xylocopa frontalis .

Esses polinizadores coletam o pólen através da vibração dos estames nas flores de S. alata e também em outras espécies com anteras poricidas . Nesse tipo de flor o pólen geralmente

representa o único recurso energético disponível para os polinizadores .

S. alata apresentou sistema de reprodução auto-compatível , estando sujeita à auto-polinização em função do comportamento de forrageamento de espécies de abelhas do gênero Centris , estas abelhas coletam pólen de forma concentrada sobre as flores de uma mesma planta e mantem patrulhamento e territorialidade junto às plantas hospedeiras .

Summary .

The genus Senna is represented by many predominantly neotropical species . Senna alata (L.) Rox. is a shrub with compound leaves , with large leaflets , flowers with tubular anthers of poricidal dehiscence adapted for bee vibratile pollination .

Those flowers with tubular anthers do not have nectar secreting structures , and pollen is the only energetic resource available to pollinators .

Senna alata occurs as a colonizer of open areas in two distinct environments , on flooded soils of swamps , rivers banks and seasonally wet fields , and sometimes on well drained soils . These two populations forms of Senna alata likely represent intra-specific phenological variation with temporal divergence in blooming time .

The experimental cultivation of Senna alata plants showed that fenological variation in the blooming time between those two distincts populations is independent of soil-inundation condition.

S. alata is self-compatible .

In these study pollination of S. alata was observed by the species : Centris bicolor , C. fuscata , C. tarsata , C. similis , Epicharis rustica (Anthophoridae) , Bombus morio , Eulaema nigrita (Apidae) , Pseudaugochloropsis graminea (Halictidae) e Xylocopa frontalis (Anthophoridae) .

Senna alata is self-pollinated by Centris bees that exhibit a cluster-forraging behavior . These bees get pollen on flowers of a same plant and on neighbouring plants , maintaining patrols and territoriality over the host plants .

Fenologia, Sistema de Reprodução, Ecologia da
Polinização e Dispersão de Senna alata (L.) Rox.
(Cesalpinioideae , Leguminosae) .

I. INTRODUÇÃO .

O estudo dos fenômenos biológicos sujeitos a periodicidade , como exemplos a brotação , a floração e o amadurecimento dos frutos nas espécies vegetais são denominados estudos da fenologia de uma comunidade natural (Font Quer , 1973) .

Em geral a fenologia de uma comunidade e as características de seu meio ambiente estão associados às condições climáticas .

A fenologia de uma espécie depende das suas características adaptativas e dos ciclos das condições ambientais às quais a espécie esta sujeita . Da fenologia pode-se inferir consequências resultantes das influências climáticas e microclimáticas sobre aspectos da ecologia das espécies de uma comunidade natural .

As diferentes fases fenológicas caracterizam cada uma das espécies de uma comunidade e permitem a caracterização de aspectos da organização destas .

Os ciclos fenológicos de desenvolvimento vegetativo , de floração e frutificação são aspectos que caracterizam as comunidades inalteradas . A fenologia de uma comunidade depende das características de suas espécies , das características ambientais e das influências recíprocas entre estes seus

componentes .

Fatores Relacionados à Fenologia de Comunidades Vegetais .

As florestas tropicais assemelham-se às florestas das regiões temperadas por apresentarem padrões fenológicos regulados pelas condições ambientais , com sua dinâmica sendo determinada principalmente pela influência dos componentes ambientais climáticos . Baker et al (1936) propõem que a regulação e o desenvolvimento dos ciclos fenológicos nos trópicos devem-se a ritmos fisiológicos que predispõem as plantas para os processos de desenvolvimento vegetativo e para a reprodução , sendo estas fases desencadeadas por estímulos externos ambientais como por exemplo por condições climáticas favoráveis .

Aspectos da fenologia de comunidades tropicais têm evidenciado a existência de forças de seleção resultantes de interações entre as espécies dessas comunidades , como nos casos de simbiose , competição e de predação que estão relacionadas à padrões da fenologia nesses ecossistemas . A segregação das fases vegetativa e de reprodução em períodos fenológicos distintos possibilita às espécies de regiões tropicais a maximização no armazenamento de energia na fase de desenvolvimento vegetativa separada da fase reprodutiva (Janzen, 1967) .

O estudo da floração e da frutificação de comunidades tropicais tem mostrado que as interações entre as plantas e seus polinizadores e dispersores resultam em forças de seleção que

regulam a sua fenologia . Nas florestas da América Central observa-se a concentração dos picos de floração da maioria das espécies entre os meses de dezembro e março , no período correspondente à estação seca , período no qual é maior a atividade das espécies dispersoras (Janzen, 1967) .

Em geral as espécies de uma comunidade , adaptadas para a polinização e dispersão por um determinado grupo de animais, apresentam divergência nos períodos de floração e frutificação (Percival, 1974 ; Heithaus et al., 1975; Stiles, 1978 ; Waser, 1978) .

Os padrões de periodicidade no desenvolvimento e na reprodução das árvores de uma floresta permitem a compreensão sobre a ocorrência sazonal dos recursos vegetativos , florais , dos frutos e das sementes que representam fonte de alimento disponível para as espécies animais dessa comunidade .

Frankie et al (1974) comparando a fenologia de espécies arbóreas da floresta decídua com a fenologia de floresta perenifolia na Costa Rica registraram a concentração da floração de maior número de espécies na estação seca no primeiro tipo de floresta . Na floresta perenifolia foi equivalente o número de espécies observadas florescendo na seca em comparação com o número de espécies que florescem durante o período das chuvas .

Bawa (1974) estudando o sistema reprodutivo de espécies arbóreas de uma comunidade em Guanacaste , na Costa Rica , constatou que em um total de 34 espécies investigadas 27 apresentaram auto-incompatibilidade reprodutiva , evidenciando a importância da sincronização da floração entre indivíduos da

mesma espécie principalmente para as dependentes de polinização cruzada .

As espécies que partilham os mesmos polinizadores ou que partilham dispersores apresentam períodos de floração e de frutificação defasados . Essas espécies tendem a apresentar fases fenológicas ocorrendo em sequência ao longo do ano com redução na sobreposição dos períodos de ocorrência desses eventos (Frankie, 1975 ; Heithaus et al., 1975 ; Stiles, 1978 e Waser, 1978) .

Nas comunidades tropicais a sincronização na reprodução entre indivíduos de uma mesma espécie vegetal representa a possibilidade de otimização na reprodução , incrementando a atração de espécies polinizadoras e dispersoras e reduzindo a competição por essas espécies (Heinrich , 1975 ; Pleasants , 1980) .

A sincronização na reprodução entre plantas de uma mesma espécie e a floração das espécies de uma mesma comunidade em períodos separados representam a disponibilidade de recursos energéticos das plantas para os polinizadores e dispersores associadas à essas por período prolongado . Essas características garantem a associação entre as plantas e seus agentes de polinização e de dispersão , com a possibilidade da redução na competição por estes .

Várias espécies de abelhas representam importante grupo de polinizadores obrigatórios de várias espécies vegetais que caracterizam-se por apresentarem-se distribuídas em populações de baixa densidade , com indivíduos distanciados . Janzen (1971) descreveu a capacidade de vôo à longas distâncias de espécies de

abelhas que são polinizadoras obrigatórias de espécies em florestas da América Central. Esse autor descreve também a importância desses polinizadores para espécies arbóreas que apresentam auto-incompatibilidade reprodutiva dependentes de fecundação cruzada obrigatória.

No desenvolvimento do presente trabalho foi realizado o acompanhamento da fenologia de espécies cujas flores são fonte de alimentação e polinizadas por abelhas (Apoidea, Hymenoptera) na região de Campinas, no Estado de São Paulo (SP). Essas observações buscaram o conhecimento sobre a reprodução em espécies vegetais adaptadas para a polinização por abelhas e cujas flores representam fonte de alimento para essas espécies.

A partir de observações junto às espécies em floração buscou-se caracterizar a fenologia, o sistema de reprodução e a ecologia da polinização da espécie Senna alata (L) Rox. (Caesalpinioidea, Leguminosae), comparando-a com outras espécies da mesma família.

A espécie S. alata possui ampla distribuição na América do Sul, caracterizando-se por ocorrer como colonizadora de áreas abertas sob diferentes condições ambientais (Irwin & Barneby, 1982).

A espécie S. alata foi escolhida por apresentar especialização reprodutiva com morfologia floral adaptada para a polinização por abelhas que coletam o pólen pela vibração dos estames em suas flores.

Esse tipo de polinização por vibração dos estames é uma característica de espécies que possuem estames tubulares de

deiscência poricida apical e é característica em espécies de leguminosas como nos gêneros Senna , Cassia , Chamaecrista , adaptação também presente em espécies das famílias Melastomataceae e Solanaceae (Bittencourt, 1981 ; Buckmann, 1974, 1979 ; Buckmann & Hurley, 1978 ; Laroca, 1970 ; Michener, 1962 ; Tood , 1982 ; Wille, 1963) .

II. MATERIAL e MÉTODOS .

Neste trabalho foi realizado o estudo da reprodução e polinização da espécie Senna alata (L.) Rox . Foi também realizado observações sobre aspectos da biologia da semente , da germinação , dispersão e colonização de ambientes por S. alata . Foi escolhida a região da cidade de Campinas , no estado de São Paulo (SP) para a realização deste trabalho .

Foi acrescentado dados sobre a reprodução de algumas outras espécies vegetais encontradas em simpatria com S. alata , para comparação dos aspectos discutidos em relação à ecologia reprodutiva dessas espécies .

1. Aspectos Climáticos da Área de Trabalho .

Para a caracterização da área de trabalho foi utilizado a descrição das condições climáticas locais , foram utilizados os dados climáticos sobre os regimes de temperatura e das chuvas para a região de Campinas (SP) no período de 1982 à 1985 . Parametros climáticos utilizados : médias mensais de temperaturas máximas e mínimas e média mensal da pluviosidade.

Dados climáticos fornecidos pela secção de climatologia do Instituto Agrônômico de Campinas da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo , localizado na Faz. Sta. Eliza em Campinas (SP) .

2. Espécies Vegetais .

2.1. Considerações Taxonômicas .

Entre as espécies observadas houve predominância dos gêneros Senna , Cassia e Chamaecrista (Caesalpinioideae , Leguminosae) .

Os gêneros Senna , Cassia e Chamaecrista são representados por mais de 300 espécies de distribuição predominantemente neotropical . Nesse grupo de leguminosas encontram-se desde espécies herbáceas até arbóreas , comuns em áreas abertas em florestas e como colonizadoras em áreas abertas ou perturbadas .

Originalmente o gênero Cassia s.l. incluía as espécies dos subgêneros Senna e Lasiorhagma (Chamaecrista) .

A sub-tribo Cassiinae é a maior das cinco sub-tribos que formam a tribo Cassieae da subfamília Caesalpinioideae (Leguminosae) . Irwin & Barneby (1982) em vista da excessiva diversidade morfológica presente na tribo Cassieae propuseram a divisão dessa em cinco sub-tribos e a segregação de Cassia subgênero Senna e Cassia subgênero Lasiorhagma , do gênero Cassia (Tournefort) Linnaeus , com a separação dos dois subgêneros elevados à condição de gêneros , respectivamente os gêneros Senna e Chamaecrista . Dessa forma a subtribo Cassiinae ficou composta pelos gêneros Cassia (Tourn.) Linnaeus , Senna P.Miller "sensu" magnopere ampliat e Chamaecrista Moench , condição de "status" taxonômico adotado para o presente trabalho .

2.2. Identificação das Espécies Vegetais .

A identificação da espécie Senna alata (L.) Rox. e das demais espécies descritas nesse trabalho foi realizada junto ao Departamento de Morfologia e Sistemática Vegetais , do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas , em Campinas (SP) e através da consulta e referência às excicatas do herbário desta universidade (HUEC) .

3. Tipos Edáficos de Populações de Senna alata Observadas .

As populações de S. alata observadas na região de Campinas (SP) foram consideradas populações distintas da mesma espécie em função de encontrarem-se distânciadas e isoladas , observadas colonizando distintos tipos de ambientes .

Foi registrado a ocorrência espontânea dessa espécie em dois tipos de ambientes: 1) em solo inundado dentro de brejo e 2) em locais de solo drenado (sêco) em terrenos vazios em áreas urbanas, em áreas de campos e nas bordas e clareiras de florestas.

Essas populações foram tomadas como exemplo de variação adaptativa dessa espécie com diferentes características em relação ao ambiente de sua ocorrência e diferenças na fenologia reprodutiva e são descritas nesse trabalho de acôrdo com as denominações :

1) população P.I = populações de S. alata localizadas em ambientes de solo drenado (seco) .

2) população P.II = populações de S. alata localizadas em ambientes de solo inundado .

Foram obtidos dados complementares sobre a ecologia da reprodução de S. alata pela observação de exemplares dessa espécie encontrados em área de cerrado próximo à cidade de Itirapina (SP) . Essa espécie foi também observada na floresta amazônica em ambiente aberto junto às margens do rio Moa, próximo à cidade de Cruzeiro do Sul (Acre) e na região da Serra dos Carajás (Pará).

4. Fenologia .

O estudo e caracterização da fenologia de S. alata foi realizado através da observação direta e acompanhamento das fases vegetativa e de reprodução (floração e frutificação) de exemplares dessa espécie encontrados em Campinas (SP) .

Para a caracterização da fenologia das populações de S. alata observadas na cidade de Campinas (SP) foi realizado o acompanhamento semanal das fases de desenvolvimento vegetativo e de reprodução dessa espécie , durante o período de 1983 à 1985 .

As fases vegetativa , de floração e de frutificação foram descritas como eventos fenológicos associados aos períodos de sazonalidade climática ao qual as espécies descritas estão sujeitas na área de estudo .

Os resultados apresentados sobre a fenologia de S. alata referem-se aos exemplares de ocorrência espontânea na área de estudo e também sobre as plantas cultivadas experimentalmente ; em experimento de transplante com essa espécie .

Plantas exemplares de S. alata foram escolhidos e marcados para o acompanhamento de seu desenvolvimento e caracterização dos aspectos da reprodução descritos .

As observações das populações estudadas foram realizadas à cada dois dias por semana , durante os períodos de floração e no período vegetativo dessas populações . Essa etapa do trabalho exigiu a utilização de cerca de 300 horas de esforço em atividade de campo .

Para as outras espécies descritas os resultados referem-se às observações semanais em exemplares de ocorrência espontânea , invasoras e de exemplares de espécies sujeitas à manejo para ornamentação e arborização em áreas urbanas .

5. Germinação de Sementes em S. alata .

Após a maturação dos frutos , foram coletadas sementes de S. alata para estudo de aspectos da germinação nessa espécie . Foram realizadas observações sobre o desenvolvimento de plantas jovens após a germinação em S. alata .

Foi utilizado a escarificação através de processo de lixamento da testa das sementes de S. alata para quebra da dormência e indução da germinação destas sementes . A escarificação de sementes foi realizada manualmente (abrasão

leve com lixa fina de papel) . As sementes escarificadas foram colocadas para germinação em câmara úmida : em caixa de plástico transparente , sobre papel úmido .

6. Transplante de Senna alata , Desenvolvimento e Fenologia Sob Condição Experimental.

Exemplares cultivados de S. alata foram utilizados para o estudo da fenologia desta espécie sob condições experimentais . Foi feito o cultivo experimental de plantas jovens de S. alata para observação de seu desenvolvimento e para a determinação dos períodos de duração das fases fenológicas dessa espécie (fase vegetativa , floração e frutificação) .

Para a obtenção de exemplares jovens de S. alata foi realizado a semeadura de sementes germinadas e formação de mudas em saco de plástico para plantas , com terra e cerca de 40 cm de altura .

No experimento de cultivo de exemplares de S. alata foi realizado o transplante de mudas obtidas à partir de sementes colhidas em plantas de brejo (de populações de ambiente com solo inundado) cultivadas em locais com solo drenado (seco) ; sob condição edáfica distinta da de sua população de origem .

Plantas de S. alata originadas de população de ambiente com solo inundado foram transplantadas para solo seco com o objetivo de determinar a possibilidade da existência da regulação de aspectos da fenologia da reprodução e do desenvolvimento dessa espécie que pudessem ser diretamente influenciados por diferentes

condições de solo ; com modificação no desenvolvimento e na reprodução em resposta à variação nas condições ambientais edáficas .

6.1. Procedimento no Cultivo de Plantas de S. alata em Diferentes Condições de Características de Solo .

1. Coleta de sementes originadas de plantas de populações de ambiente inundado (P.II) .
2. Germinação de sementes de S. alata :
 - a) escarificação das sementes .
 - b) germinação em câmara úmida : em caixa de plástico com papel úmido para embebição e germinação das sementes .
3. Desenvolvimento de plantas jovens ; mudas de exemplares de S. alata de origem P.II (populações de ambiente inundado : brejo) .

6.2. Desenvolvimento e Fenologia das Plantas Cultivados (Teste) .

Transplante de plantas de S. alata e cultivo em locais com características de solo distinta da população de origem : plantas jovens de S. alata obtidas à partir de sementes de origem P.II (populações de ambientes inundados) foram cultivadas em solo drenado e seco .

Os resultados relacionados à fenologia , sistema de reprodução , polinização e germinação foram analisados em

comparação aos das populações naturais observadas .

Dê 30 plantas cultivadas de S. alata , 9 desenvolveram-se completamente e atingiram a fase de reprodução . Essas plantas foram utilizadas para a realização de testes sobre o sistema de reprodução e comparação da fenologia com as características reprodutivas de plantas espontâneas na região .

Contrôle : desenvolvimento e fenologia dos exemplares cultivados transplantados comparada com a fenologia de plantas se desenvolvendo sob condições expontâneas (naturais) não manuseadas :

- 1) fenologia de exemplares transplantados para solo drenado versus exemplares permanentes das populações inundadas
- 2) fenologia de exemplares transplantados para solo drenado versus exemplares permanentes das populações de solo drenado

7. Sistema de Reprodução de S. alata .

Para o estudo do sistema de reprodução de S. alata foi realizado teste com a polinização manual em flores mantidas isoladas , recobertas com sacos de papel desde a fase de botão pré-antese . Foi realizada a fecundação dessas flores através de auto-polinização , na mesma flor e entre flores de uma mesma planta e através da polinização cruzada entre plantas de uma

mesma população e entre plantas das distintas populações de S. alata nos períodos de sobreposição da floração destas .

Foi tomada a razão entre o número de frutos estabelecidos em relação ao número de flores polinizadas como a taxa de frutificação , considerada como medida do sucesso reprodutivo desta espécie para cada um dos tipos de cruzamentos ao qual esta foi submetida nos teste de polinização . Esse parâmetro foi tomado também como indicador do tipo de sistema de reprodução de S. alata .

Foram mantidas flores recobertas não fecundadas para a observação sobre possibilidade de apomixia nessa espécie .

Através desses testes com polinização e fecundação experimental buscou-se caracterizar o sistema de reprodução de S. alata , se auto-compatível ou auto-incompatível .

O mesmo procedimento foi utilizado para a fecundação experimental e a análise do sistema de reprodução das espécies S. excelsa , S. multijuga e S. cernua .

Foi realizado análise ao microscópio de grãos de pólen de S. alata e de espécies afins para determinação da viabilidade (fertilidade) do pólen nessas espécies . Para essa análise o grão de pólen foi coletado de flores deiscentes , em lâmina seca de microscopia e corado com VERDE MALAQUITA-SAFRANINA segundo técnica proposta por Alexander (1980) .

A viabilidade (fertilidade) do pólen analisado foi considerada em função da característica : presença de endoplasma polínico .

8. Polinização .

Para acompanhamento da fenologia e o estudo do sistema de reprodução e polinização em S. alata foram escolhidos dias separados nos quais se realizou cada uma dessas etapas de trabalho . A observação e captura de espécies associadas às plantas em floração e das espécies polinizadoras foi realizado em dias em que não se realizavam os testes de polinização .

8.1. Identificação das Espécies Polinizadoras .

Durante as observações junto às plantas em floração foi realizado a observação das espécies associadas à essas plantas para identificação das espécies polinizadoras e caracterização das adaptações dessas espécies para a polinização das plantas hospedeiras . As espécies polinizadoras apresentadas foram observadas e coletadas na região de Campinas (SP) .

A espécie S. alata e as demais espécies vegetais estudadas caracterizaram-se por serem espécies adaptadas para a polinização por abelhas (Himenoptera) .

As observações sobre o comportamento de forrageamento e a atividade das espécies de abelhas polinizadoras foram realizadas principalmente junto às espécies vegetais em fase de floração .

A identificação das espécies de abelhas coletadas foi realizada junto ao Depto. de Ecologia do Instituto de Biociências na USP , em São Paulo (SP) , sob a orientação da Professora Dra. Lucy Roland Bego (Ecologia - USP / Ribeirão Preto - SP.) .

8.2. Observação e Captura de Espécies .

Período de realização das observações e coletas das espécies animais encontradas associadas às espécies vegetais em floração: de agosto à dezembro de 1982 ; de janeiro à dezembro de 1983 ; nos meses de abril e junho de 1984 e de janeiro à abril de 1985 .

As observações de campo e a captura de abelhas foi realizada semanalmente . Para a caracterização da atividade dessas abelhas realizou-se observações nos períodos das manhãs , entre 7 e 11 horas e à tarde entre 15 e 19 horas próximo ao crepúsculo .

O período de observação e captura dessas espécies totalizou 259 horas de atividade de campo , atividade de campo realizada em um total de 74 dias no período de 1982 à 1985 .

Foi realizado o registro da espécie de planta hospedeira e observações sobre o comportamento dos polinizadores (abelhas). Para algumas espécies de abelhas foram realizadas observações também sobre nidificação e locais de nidificação natural .

Para a captura das abelhas foi utilizado : rede entomológica com cabo de extensão ; frasco para eterização dos exemplares capturados ; éter etílico ; envelopes de papel para guardar e separar esses exemplares .

Os exemplares de abelhas coletados foram montados à seco em alfinete entomológico junto a etiqueta de identificação e mantidos em coleção como material testemunho .

Foi realizado experimento para estimativa da capacidade de vôo da espécie polinizadora de abelha Bombus morio (Apidae) .

Foi utilizado a marcação com identificação numérica de abelhas fêmeas dessa espécie para se estimar a distância que essas podem voar entre o ponto em que as abelhas marcadas foram liberadas até o ninho onde as abelhas foram recapturadas. Abelhas adultas fêmeas de B. morio) foram capturadas junto aos ninhos, imobilizadas e identificadas. Cada exemplar foi marcado com um código de pontos coloridos sobre o tórax. As abelhas foram transportadas até locais distânciados dos ninhos, à distâncias pré-estabelecidas sucessivamente mais distânciado. Foi realizado a recaptura das abelhas soltas quando estas voltaram ao ninho onde foram capturadas, tendo-se registrado o tempo gasto no retôrno destas até o ninho e a porcentagem de indivíduos que retornaram para cada uma das distâncias utilizadas.

Para a estimativa da capacidade de vôo de B. morio foi tomada a frequência de retôrno à cada distância na qual as abelhas foram soltas, à partir da regressão linear obtida com essas medidas foi possível se estabelecer uma estimativa da distância máxima que pode ser coberta em vôo por essa espécie.

O estudo da capacidade de vôo dessa espécie de abelha, polinizadora de S. alata, foi utilizado para análise da relação da forma de forrageamento de espécies polinizadoras e a função de agente incrementador do fluxo gênico e da fecundação cruzada que espécies polinizadoras com grande capacidade de vôo representam nas comunidades vegetais.

III. RESULTADOS

No presente trabalho foi realizado o estudo da fenologia de espécies vegetais (arbóreas, arbustivas e herbáceas) cujas flores são fonte de alimento e atração de abelhas (Himenoptera). Foram realizadas observações sobre a reprodução e as adaptações de espécies polinizadas por abelhas na região de Campinas (SP) no período entre os anos de 1983 à 1985.

Entre as espécies observadas houve predomínio dos gêneros Senna, Cassia e Chamaecrista leguminosas pertencentes à tribo Cassiinae (Caesalpinioideae).

A partir dessas observações junto as espécies em floração buscou-se caracterizar aspectos da ecologia da reprodução da espécie Senna alata (L.) Rox. (Caesalpinioideae, Leguminosa).

O estudo da reprodução de S. alata foi realizado com base nas observações sobre aspectos da ocorrência, fenologia, sistema de reprodução, polinização, germinação e dispersão dessa espécie.

Foi observado existência de variação na fenologia reprodutiva com diferentes períodos de floração em distintas populações de S. alata. A existência de dois períodos de floração nessa espécie é fator determinante de isolamento reprodutivo entre essas populações. Devido também à esse padrão de floração em S. alata foi observado que essa espécie é polinizada por grupos distintos de abelhas dependendo do período do ano em que se encontra em floração cada uma de suas populações.

Foram realizadas observações sobre outras espécies pertencentes às formações vegetais onde foi encontrada a espécie S. alata na região da cidade de Campinas (SP) . Foi realizado o acompanhamento da fenologia de 24 espécies pertencentes aos gêneros Birsonima (Malpighiaceae) , Caesalpineia , Cassia , Chamaecrista , Senna , Esquisolobium , Tipuana (Leguminosae) , Jacaranda , Tabebuia (Bignoniaceae) , Triplaris (Oxalidaceae) e Solanum (Solanaceae) , figura nº 3 .

São também apresentados dados sobre a ocorrência de espécies de abelhas observadas nas flores de plantas dos gêneros Calistemon (Mirtaceae), Calliandra (Mimosoideae), Camptosema (Faboideae), Catasetum (Orchidaceae), Cosmos (Compositae), Euphorbia (Euphorbiaceae), Hibiscus (Malvaceae) , Ipomoea (Convolvulaceae), Mormodica (Cucurbitaceae) , Oscimum (Labiatae), Tecoma (Bignoniaceae) e Wedelia (Compositae) . Não foi incluído dados sobre a reprodução e fenologia deste grupo de plantas .

Entre as espécies em floração fornecedoras de alimento para a atração de espécies de abelhas polinizadoras foi observado que estas podem ser caracterizadas em função do tipo de recurso disponível em suas flores , em plantas fornecedoras de : pólen ; pólen e néctar ou compostos secundários como por exemplo precursores de ferrormônios em orquídeas , ou óleos em malpighiáceas .

As espécies vegetais observadas associadas à abelhas podem ser agrupadas de acordo com o tipo de recurso disponível em suas flores , da seguinte forma : 1) espécies fornecedoras apenas de pólen , espécies dos gêneros Senna , Cassia , Chamaecrista e

Solanum ; 2) espécies fornecedoras de pólen e néctar , espécies dos gêneros Caesalpineia , Calistemum , Calliandra , Camptosema , Cosmus , Hibiscus , Ipomoea , Jacaranda , Mormodica , Tabebuia , Tecoma (Stenolobium) , Tipuana , Oscimum , Wedelia e 3) espécies fornecedoras de compostos secundários , espécies de orquídeas (gênero Catasetum ; compostos aromáticos) e espécies da família Malpighiaceae (gênero Birsonima ; óleos) .

1. Aspectos Climáticos da Região de Estudo .

Nas figuras 1 e 2 são apresentados os dados climáticos de médias mensais de temperaturas (°C) e de pluviosidade (mm) que caracterizaram a região de estudo , para o período de 1982 à 1986 .

A área de trabalho , a cidade de Campinas localiza-se no Estado de São Paulo , nas coordenadas de latitude 22°54' S e longitude 47°05' Oeste , à 669,0 m de altitude . A cidade de Campinas (SP) geograficamente situa-se na linha de divisão geomorfológica entre as províncias do Planalto Atlântico e a Depressão Periférica que se estende em direção ao interior desse estado . Encontra-se entre as Bacias dos Rios Tietê e Piracicaba; de acordo com o plano cartográfico do Estado de São Paulo de 1982 (Almeida Fernando , 1964) .

A área de estudo caracteriza-se por apresentar sazonalidade climática com variação no regime de precipitação de chuvas e na temperatura ao longo dos anos . Durante a realização deste trabalho foi registrado a existência de dois períodos climáticos

distintos nessa região , com diferenças na temperatura e precipitação características de cada um desses períodos . Foi observado variação anual na temperatura compreendida entre 10°C (nos meses de junho e julho) à 33°C (no mês de outubro ; Fig. 1) .

A estação climática do inverno é caracterizada por corresponder a um período de tempo sêco , com poucas chuvas e de temperaturas baixas . À partir do mês de abril é comum ocorrer médias mensais de temperaturas (mínimas) abaixo de 18°C . As temperaturas mais baixas registradas ocorreram no período entre junho e agosto , com marca de até 10°C nesse período (Fig. 1) .

Foi observado maior frequência de chuvas no período mais quente do ano , o verão , entre os meses de dezembro à fevereiro com precipitação de até 400 mm no mês de dezembro (1986) . Precipitação anual de chuvas variando entre 957 mm em 1985 à 2113 mm em 1983 (Fig. 2) .

No período de menor pluviosidade entre os meses de maio até agosto a frequência de precipitação de chuvas é bastante reduzida atingindo marcas inferiores à 25 mm mensais , podendo ocorrer períodos de até 2 meses sem chuvas , como observado nos meses de junho e julho nos anos de 1984 e 1985 (Fig. 2) .

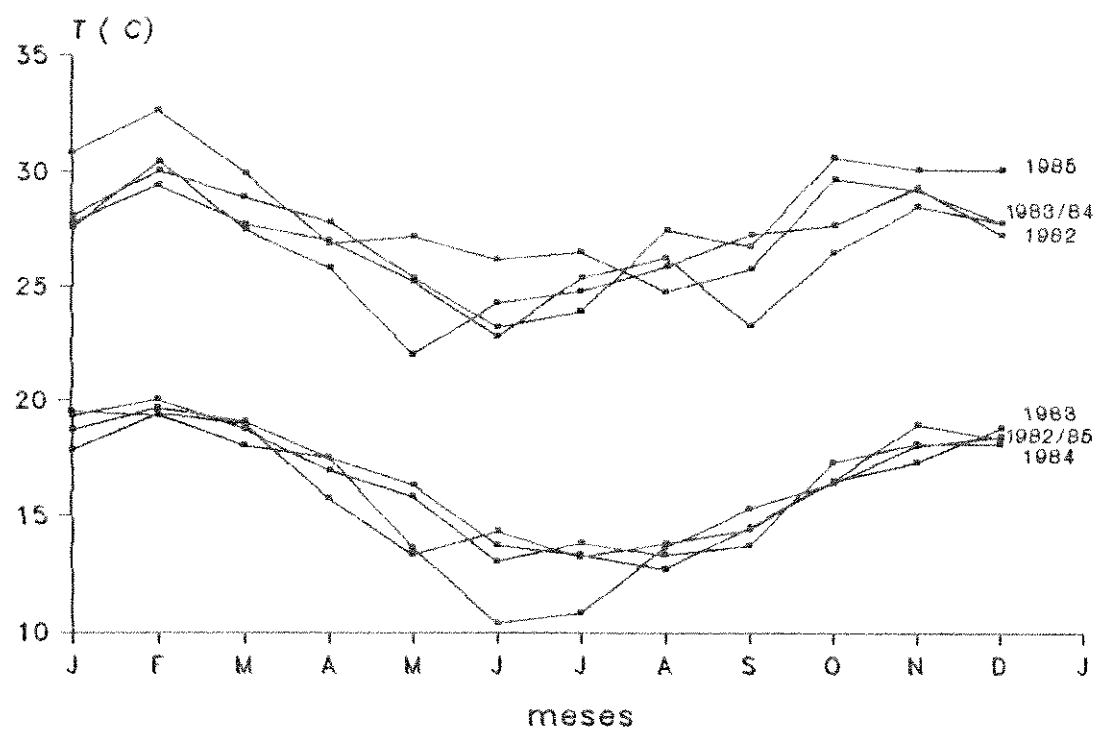


Figura 1 : Regime de temperatura médias mensais de temperatura máxima e mínima (°C) na região de Campinas-SP , no período de 1982 à 1985 .

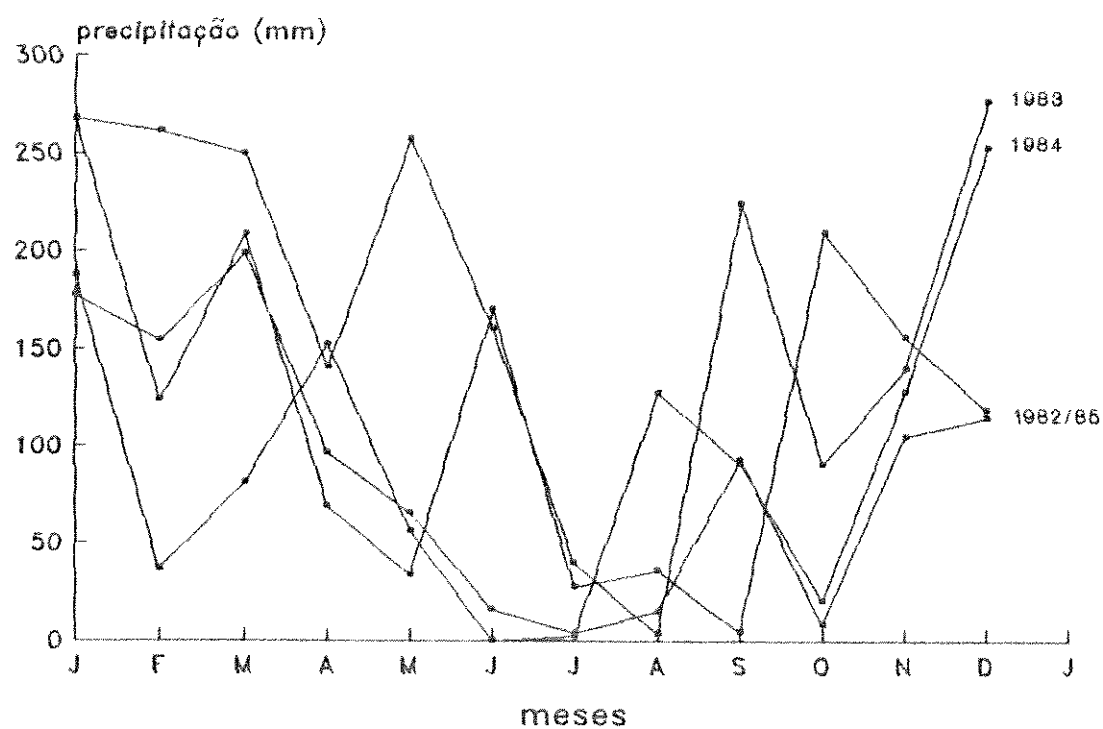


Figura 2 : Regime de chuvas , médias mensais de precipitação pluviométrica (mm)
da região de Campinas-SP , no período de 1982 à 1985 .

2. Espécies dos Gêneros Senna , Cassia e Chamaecrista
Encontradas na Região de Campinas-SP .

A seguir são apresentadas as espécies dos gêneros Senna , Cassia e Chamaecrista encontradas na região de Campinas , essas espécies caracterizam-se por serem adaptadas para polinização pela vibração dos estames por várias espécies de abelhas :

Senna alata (Rox.)

S. bicapsularis (Rox.)

S. cernua (Balbis)

S. excelsa (S. spectabilis) (Schrader)

S. hirsuta (L.)

S. macranthera (Coll.)

S. multijuga (LC Rich)

S. obtusifolia (L.)

S. reticulata (Will.)

S. siamea (Lamarck)

S. splendida (Vogel)

Cassia ferruginea (Schrader)

C. fistula (L.)

C. javanica (L.)

C. leptophylla (Vogel)

Chamaecrista flexuosa (L.)

C. nictitans patellaria (Coll.)

C. rotundifolia (Perss.)

3. Distribuição e Ambientes de Ocorrência de Senna alata .

3.1. Distribuição de Senna alata .

Durante a realização deste trabalho foi registrado a presença da espécie S. alata na região semi-árida no nordeste brasileiro na Bahia , no litoral no Estados de Espírito Santo , em Linhares e em região de restinga no Rio de Janeiro . Essa espécie foi também localizada em áreas do interior no pantanal no Mato Grosso do Sul e no Estado de São Paulo na região das cidades de Bragança Paulista , Campinas e em Itirapina .

Na região amazônica S. alata foi encontrada ocorrendo em grupos de plantas localizadas próximas às margens de rios , junto ao rio Juruá (em Cruzeiro do Sul, Acre) na porção elevada inundável na margem desse rio e na região da Serra dos Carajás (Pará) próximo ao rio Itacaiúnas .

3.2. Locais de Ocorrência e Tipos de Ambientes Colonizados por Senna alata na Cidade de Campinas (SP) .

Na área de estudo em Campinas (SP) S. alata caracterizou-se por ocorrer espontaneamente em diferentes condições de solo ; em locais de solo drenado em ambientes abertos em campos , próxima à lagos , próxima de estradas e também em ambiente inundado dentro de brejos .

Os exemplares de S. alata aqui descritos caracterizaram-se por ocorrerem espontaneamente ocupando esses diferentes tipos de

ambientes , em populações distânciadas e isoladas em diferentes condições de solo (em condições edáficas distintas) .

Não houve diferença entre esses dois tipos de populações de S. alata em relação à aspectos morfológicos que caracterizam a espécie . Essas populações apresentaram diferença entre as fases fenológicas de reprodução , com floração em diferentes períodos do ano .

Os grupos de exemplares de S. alata estudados foram considerados como representantes de populações naturais dessa espécie presentes dentro da área de trabalho em Campinas (SP) . Esses exemplares foram considerados como amostra de 2 tipos de população de S. alata : 1) plantas de S. alata características de locais de solo drenado e 2) plantas características de locais de solo inundado .

Esses foram os exemplares utilizados para determinação do sistema de reprodução , observações sobre fenologia , polinização e nos experimentos de cultivo e transplante de S. alata .

3.2.1. Ambientes de Solo Inundado Colonizados por S. alata .

A seguir são descritos os aspectos gerais que caracterizam os locais de ocorrência e cada uma das populações estudadas de S. alata :

1. Plantas de S. alata localizadas na Fazenda Sta. Eliza do

Instituto Agrônômico de Campinas , população em solo inundado, plantas com raízes submersas espalhadas dentro de área de

brejo ; tamanho (N) aproximado dessa população N = 100 à 200 plantas .

2. Plantas localizadas em brejo junto ao residencial Burato (Barão Geraldo) , em Campinas-SP , população em solo inundado, plantas com raízes submersas junto à margem de brejo ; tamanho (N) aproximado desta população N = 20 plantas .
3. Plantas localizadas no campus da UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas) , em Campinas-SP , plantas se desenvolvendo na margem de brejo (brejo atrás da Zoologia-IB), em posição acima do nível de inundação deste, em condição de solo sêco ; grupo numericamente instável sujeito a perturbação e eventual remoção de algumas plantas presentes .
4. Plantas localizadas na cidade de Cruzeiro do Sul (Acre) , na porção seca mais elevada, inundável , na margem do rio Juruá ; tamanho (N) aproximado dessa população N = 20 plantas .

3.2.2. Ambientes de Solo Sêco (Solo Drenado) Colonizados por S. alata .

1. Plantas de S. alata localizadas em áreas perturbadas , em geral isoladas , espontâneas em terrenos baldios (número variável de indivíduos) . Alguns exemplares cultivadas para ornamentação em jardins : exemplares cultivados no IB-UNICAMP , tamanho (N) dessa amostra N = 2 ; exemplares no Centro de Barão Geraldo e na Vila S. Isabel , tamanho (N) dessa amostra N = 8 em B.Geraldo (Campinas-SP).

2. Plantas espontâneas ao longo da margem de rodovias , nas estradas entre Campinas e Bragança Paulista (SP) e entre Campinas e Paulínia (SP) ; número variável de plantas .
3. Plantas localizadas em solo seco (drenado), junto à trilha dentro da floresta na região de mineração do Proj. Ferro Carajás, na Serra dos Carajás (Pará), próximo às margens do Rio Itacaiúnas ; os únicos exemplares de S. alata encontrados em condições de ambiente sombreado.
4. Plantas localizadas próximas às margens da represa do Lobo , no Município de Itirapina (SP) .

Os exemplares observados de S. alata apresentaram porte variando no período de floração entre desde 1,5 m até 3 à 4 m de altura total , com folhas compostas , paripenadas de folíolos oblongos-obovados de cerca de 6 cm de comprimento .

Nas populações estudadas em Campinas (SP) foi observado a ação de queimadas e senescência de plantas de S. alata como causadores da morte de indivíduos dessa espécie . Nas populações encontradas em ambiente inundado , dentro de brejos , ocorreu o deslocamento e também tombamento de plantas resultante do aumento do volume de água nos períodos de chuvas intensas . Devido à dificuldade de acompanhamento do desenvolvimento dessas plantas em ambientes inundados não foi obtidos dados sobre a longevidade de S. alata nesses locais .

Os exemplares de S. alata observados presentes em ambientes com solo drenado (locais de solo seco : em terrenos baldios, beiras de matas e em estradas) apresentaram vida relativamente

curta , com longevidade estimada em cerca de 3 à 5 anos.

Na região de Itirapina (SP) foram observados exemplares de S. alata isolados em locais de solo drenado , próximos à represa do Lobo . Essas plantas apresentavam-se em floração quando observadas no mês de janeiro (1984) .

Em Cruzeiro do Sul(Acre) foram encontradas plantas de S. alata , em floração , na parte mais elevada das margens (barrancos) do Rio Juruá , na época da seca (julho de 1983). Essas plantas estavam sujeitas à condições de solo seco no verão (período da seca em julho , naquela região) e de solo inundado no inverno (período das chuvas) no período das cheias quando os rios inundam as várzeas ribeirinhas .

Na região da Serra dos Carajás , no Pará , S. alata foi encontrada no período do mês de julho (1984), sem flores , com frutos maduros secos, em solo firme e seco em local dentro da mata próxima ao Rio Itacaiúnas . Essas plantas encontravam-se em área aberta e sombreada no interior da mata e foram as únicas plantas de S. alata encontradas em ambiente sombreado .

Essas plantas apresentavam porte baixo (com aproximadamente 2.0m de altura) com poucos ramos e folhas , suas folhas apresentavam-se danificadas , ressecadas e muito escurecidas , aparentando predação ou ataque por fungos . Os frutos encontrados nesses exemplares apresentavam-se secos deiscentes portando poucas sementes . Os frutos observados sugerem a permanência prolongada desses desde o período de reprodução anterior .

Na região da Serra de Carajás, no Pará, a espécie Senna reticulata foi encontrada em floração desenvolvendo-se junto ao limite entre as águas e a margem firme do Rio Itacaiúnas, no período de seca no inverno (em julho). Essas plantas devido a sua localização encontravam-se com suas raízes permanentemente submersas pelas águas do rio. Nesses exemplares de S. reticulata observou-se o início de frutificação nesse período do ano.

4. Fenologia .

Na Figura 3 são apresentados os meses de floração registrados durante o acompanhamento da fenologia de S. alata e de outras 23 espécies de ocorrência na região da cidade de Campinas (SP) , no período de 1983 à 1985 .

A espécie S. alata foi representada por plantas pertencentes a dois tipos de população , o primeiro tipo constituído por plantas localizadas em ambientes com solo drenado e com floração no período entre dezembro e março, no verão . Nesse grupo de plantas o período de floração apresentou a duração de cerca de 150 dias , havendo anos de floração antecipada à partir de novembro ou com essa fase fenológica prolongando-se até abril (fig. 3) .

A espécie S. alata se caracterizou por apresentar sazonalidade nos períodos de reprodução , com divergência nos períodos de floração das populações observadas em Campinas (SP) , com sincronização na floração entre as plantas de cada uma das populações estudadas (fig. 3) .

Entre as espécies do gênero Senna , e dos gêneros correlacionados Cassia e Chamaecrista , cuja fenologia foi acompanhada , S. alata foi a única espécie que apresentou dois períodos de floração com divergência temporal na reprodução entre grupos populacionais distintos na mesma espécie .

Em S. alata foi observado a ocorrência de dois períodos de floração em populações distintas da mesma espécie . Nessa espécie não foi observado floração múltipla no mesmo ano .

O segundo tipo de população observada em S. alata é constituído por plantas localizadas em ambientes com solo inundado (em brejos) com floração no período mais sêco e frio entre os meses de abril, maio à junho , no inverno . Nesse grupo de plantas o período de floração dura cerca de 90 dias e é mais curto do que nas plantas que florescem no verão , podendo em alguns anos ocorrer a floração nesse grupo de plantas antecipadamente à partir de março (fig. 3) .

A floração nesses dois tipos de população de S. alata podem ocorrer separados por período de mais de uma semana , às vezes ocorrendo a floração de grupos de plantas separadas defasado de até um mês (fig. 3) .

As plantas de S. alata que florescem à partir de dezembro podem em alguns anos prolongar sua floração até o mês de abril . Em geral a fase de floração nessas plantas é cerca de um mês mais longa do que a floração nas plantas que florescem entre abril e junho .

As plantas que florescem no período entre maio e junho podem apresentar variação no período dessa fase reprodutiva , havendo anos em que essas plantas florescem mais cedo à partir do mês de março . Em outros anos foi observado a floração desse grupo de plantas apenas à partir de maio .

Os exemplares de ambos os tipos de populações de S. alata apresentaram-se em estado de desenvolvimento vegetativo em período separado dos respectivos períodos de floração . As plantas das populações de locais de solo drenado apresentaram-se em fase vegetativa no período entre os meses de junho à novembro.

Nessas plantas o amadurecimento dos frutos tem início à partir do mês de fevereiro e a frutificação prolonga-se de janeiro até o mês de maio , durando cerca de 150 dias .

Os exemplares de S. alata localizados em ambientes com solo inundado foram encontradas se desenvolvendo dentro de brejos . Essas plantas apresentaram-se em fase vegetativa no período entre os meses de agosto à março . Nessas plantas os frutos formados desde o mês de junho perduram junto às plantas de origem até por volta do mês de outubro , durante um período de cerca de 150 dias, havendo a completa queda de todos esses frutos logo após as primeiras chuvas que ocorrem nesse mês.

5. Cultivo Experimental de Senna alata Para o Estudo da Divergência Temporal Intra-Específica na Fenologia Dessa Espécie .

Foi realizado o cultivo experimental de plantas de S. alata para o acompanhamento do desenvolvimento e da fenologia da reprodução dessas plantas sob condições controladas .

Plantas jovens de S. alata foram obtidas à partir de sementes coletadas em exemplares de populações naturais de ambiente de solo inundado (população de brejo) ; N = 30 plantas cultivadas experimentalmente . Após a germinação dessas sementes as plantas jovens obtidas foram transplantadas para local de solo drenado e seco e mantidas para comparação da resposta em seu desenvolvimento e fases fenológicas (floracão e frutificação) quando cultivadas em condições de característica de solo

(edáficas) distinta daquelas onde localizava-se a população de sua origem .

As plantas de S. alata transplantadas desenvolveram-se até a fase de reprodução . De 30 exemplares cultivados (mudas de plantas jovens de S. alata) apenas 9 plantas desenvolveram-se completamente . Após um período de aproximadamente 1 ano essas nove plantas transplantadas apresentavam-se desenvolvidas e com diferença na altura entre plantas de mesma idade , havendo plantas com cerca de 1,5 m e outras com até 3 m de altura .

As plantas transplantadas para solo drenado desenvolveram-se até a fase de reprodução , apresentando-se em floração pela primeira vez ao atingirem um ano de vida . Foi observado que os 9 exemplares de S. alata transplantados floresceram à partir do mês de abril e sua floração prolongou-se até junho , mantendo sincronização na floração com o período de floração das plantas de sua população de origem localizadas em ambiente inundado de brejo .

A resposta obtida no cultivo experimental de S. alata demonstrou que plantas de ambientes inundados dessa espécie não mudam o período de sua floração quando transplantadas para local de solo drenado , sob condições de solo distinto do de sua população de origem . Consequentemente , também manteve-se o deslocamento temporal na fase de frutificação nas plantas cultivadas em comparação à frutificação antecipada nas populações que florescem à partir de dezembro .

6. Sistema de Reprodução de Senna alata

Na tabela 1 são apresentados os resultados sobre o sistema de reprodução e as taxas de frutificação observados para S. alata e também dados sobre o sistema de reprodução das espécies S. excelsa, S. multijuga e S. cernua.

Esses resultados foram obtidos à partir da fecundação experimental através da polinização manual de flores dessas espécies. As taxas de frutificação apresentadas referem-se à razão entre o número de frutos estabelecidos e o número de flores polinizadas.

As espécies S. excelsa e S. cernua caracterizaram-se por serem auto-compatíveis.

O resultado observado sobre o sistema de reprodução de S. multijuga demonstrou haver maior frequência de frutificação com maior número de frutos estabelecidos em relação às flores polinizadas obtida pela fecundação cruzada em comparação à frutificação através da auto-polinização nessa espécie (Tab. 1).

Em relação ao sistema de reprodução, S. alata comprovou através dos resultados dos testes de polinização ser uma espécie auto-compatível, havendo desenvolvimento de frutos nessa espécie à partir do cruzamento entre plantas separadas (alogamia) e também por autogamia através de fecundação entre flores de uma mesma planta (Tab. 1). Nos testes de fecundação em S. alata observou-se que nessa espécie não ocorre apomixia, não havendo desenvolvimento de frutos nas flores mantidas isoladas (ensacadas) intactas.

TABELA 1 : Porcentagem de frutos estabelecidos em relação à flores polinizadas , para 4 espécies do gênero Senna . Entre parenteses : número de flores . Polinização com pólen do tipo A = por pólen proveniente dos estames maiores da flor e B = por pólen proveniente dos estames menores da flor , na mesma espécie .

	<u>S. alata</u> *		<u>S. excelsa</u>	<u>S. multiuga</u>	<u>S. cernua</u>
	P.I.	P.II.			
AUTOPOLINIZAÇÃO					
na mesma flor					
A	56 % (9)	-----	20 % (12)	18 % (22)	-----
B	54 % (37)	-----	6 % (32)	0 (31)	-----
entre flores da mesma planta					
A	41 % (160)	46 % (313)	-----	0 (21)	47 % (17)
B	49 % (107)	-----	-----	0 (30)	31 % (13)
POLINIZAÇÃO CRUZADA					
A	54 % (37)	39 % (105)	54 % (13)	67 % (9)	-----
B	70 % (74)	-----	63 % (16)	29 % (17)	-----
P.II. X P.I.	-----	23 % (195)	-----	-----	-----
CONTROLE : flores não manipuladas					
1. ensacadas	0 (111)	0 (166)	0 (63)	0 (60)	0 (55)
2. não ensacadas	60 % (57)	6 % (244)	50 % (15)	60 % (23)	0 % (13)
3. experimento.	-----	16 % (138)	-----	-----	-----

* Observações para a espécie Senna alata :

1) P.I. = plantas de S. alata de ambiente com solo drenado .

P.II. = plantas de S. alata de ambiente com solo inundado.

2) experimento = dados referentes à taxa espontânea de frutificação no período entre maio e outubro , em plantas transplantadas experimentalmente de solo inundado para solo drenado (N = 9) .

De acordo com os resultados da frutificação à partir da fecundação pela polinização experimental em S. alata obteve-se a frequência de 41 à 56 % de frutificação através de autogamia e de 54 à 70 % através de polinização cruzada nesta espécie . Esses valores foram maiores que a taxa de frutificação natural observada nessa espécie , correspondente à 16 % de frutificação .

As taxas de frutificação observadas em S. alata resultantes da auto-fecundação , fecundação cruzada obtidas experimentalmente e à taxa de frutificação espontânea foram as seguintes :

- 1) taxa de frutificação observadas em plantas de solo drenado :
41 à 56 % de frutificação à partir de autopolinização ; 54 à 70 % de frutificação resultante de polinização cruzada entre plantas da mesma população e 60 % de frutificação espontânea .
- 2) taxa de frutificação observada em plantas de solo inundado :
70 % de frutificação à partir de autopolinização ; 39 % de frutificação à partir de polinização cruzada entre plantas da mesma população e 6 % de frutificação espontânea .
- 3) taxa de frutificação à partir do cruzamento de plantas das populações inundadas (flores) e plantas das populações de solo drenado (pólen) : 23 % de frutificação .
- 4) taxa de frutificação observada em plantas de S. alata transplantadas de solo inundado para local de solo drenado :
16 % de frutificação espontânea .

7. A Polinização por Vibração dos Estames .

7.1. Morfologia Floral e Especialização para a Polinização por Vibração dos Estames .

Com o objetivo de permitir a comparação das características adaptativas para o tipo de polinização adotada por S. alata e sobre a reprodução dessa espécie foi acrescentado a descrição da morfologia floral e alguns dados sobre a ecologia da polinização de espécies dos gêneros Senna , Cassia e Chamaecrista , apresentados à seguir . Essas espécies caracterizam-se por sua afinidade taxonômica e por poderem ser encontradas juntas nas mesmas comunidades onde são polinizadas por várias espécies em comum de abelhas .

As espécies dos gêneros Sennna , Cassia e Chamaecrista além de diferirem em relação ao seu hábito vegetativo , tipo de fruto e presença de nectários extraflorais , distinguem-se por diferenças na morfologia floral especialmente nos elementos do androécio .

As características da morfologia floral das espécies dos gêneros Senna , Cassia e Chamaecrista representam adaptação para a polinização por vibração , essas espécies são polinizadas por espécies de abelhas capazes de removerem o pólen nessas flores através da vibração dos estames . Nessas espécies as flores apresentam estames tubulares de deiscência poricida , com heteromorfismo dos estames , ausência de nectário floral , corola vistosa com pétalas amarelas ou de cor liláz .

Nas espécies dos gêneros Senna e Cassia as flores apresentam redução nos elementos do androceu , com heteromorfismo nos estames na mesma flor , aspecto de modificação floral presente em diferentes graus de variação entre as espécies observadas . Nas flores de espécies dos gêneros Senna e Cassia além dessas diferenças morfológicas , os estames também podem apresentar diferentes graus de fertilidade , havendo espécies que apresentam esterilidade no grupo de estames menores .

Na tabela 2 é apresentado o resultado da análise da viabilidade dos grãos de pólen e fertilidade dos diferentes tipos de estames em espécies dos gêneros Senna , Cassia e Chamaecrista .

Pela análise em microscópio ótico da capacidade germinativa in-vitro dos grãos de pólen provenientes de cada tipo de estame , utilizando-se verde malaquita-safranina como corante do pólen (Alexander , 1980) , pode-se observar que nos gêneros Senna e Cassia existe correlação entre a redução no tamanho dos estames e a tendência dos estames menores apresentarem esterilidade (Tabela 2) .

Na espécie C. rotundifolia foi observado número reduzido de grãos de pólen inviável , havendo fertilidade em todos os estames nas flores observadas .

Em S. alata foi observado número reduzido de grãos de pólen inviável em ambos os tipos de estames característicos das flores dessa espécie (4 estames curtos e 3 longos) havendo fertilidade em ambos esses tipos de estames .

Nas espécies S. bicapsularis , S. excelsa e S. multijuga foi observado pequenas diferenças na fertilidade dos dois tipos de

7.2. Morfologia Floral e Polinização .

No gênero Senna o androceu é zigomórfico , havendo tendência à redução dos estames abaxiais para os adaxiais , os 3 elementos vexilares estaminoidais , havendo espécies com 10 estames igualmente férteis , teca da antera glabra ao longo da sutura , deiscência poricida terminal .

Nas figuras de nºs : 4 à 12 são apresentados detalhes da morfologia das flores das espécies : Senna alata , S. bicapsularis , S. excelsa , S. macranthera , S. multijuga , Cassia fistula , C. javanica , Chamaecrista patellaria e de C. rotundifolia .

Na figura 4 são apresentados detalhes da morfologia da flor de S. alata , com detalhe para a característica de heteromorfismo em seus estames . A espécie S. alata é uma planta perene , arbustiva , de folhas composta , de folíolos grandes . Flores reunidas em inflorescência espiciforme , de pétalas amarelas , cuculadas (recurvadas) , corola zigomórfica com estames poricidas . Androceu com 2 estames abaxiais maiores com filete longo e recurvado , antera longa , falciforme , de deiscência poricida terminal , 1 estame mediano abaxial , 4 estames curtos adaxiais também de deiscência poricida terminal e 3 elementos estaminoidais vexilares .

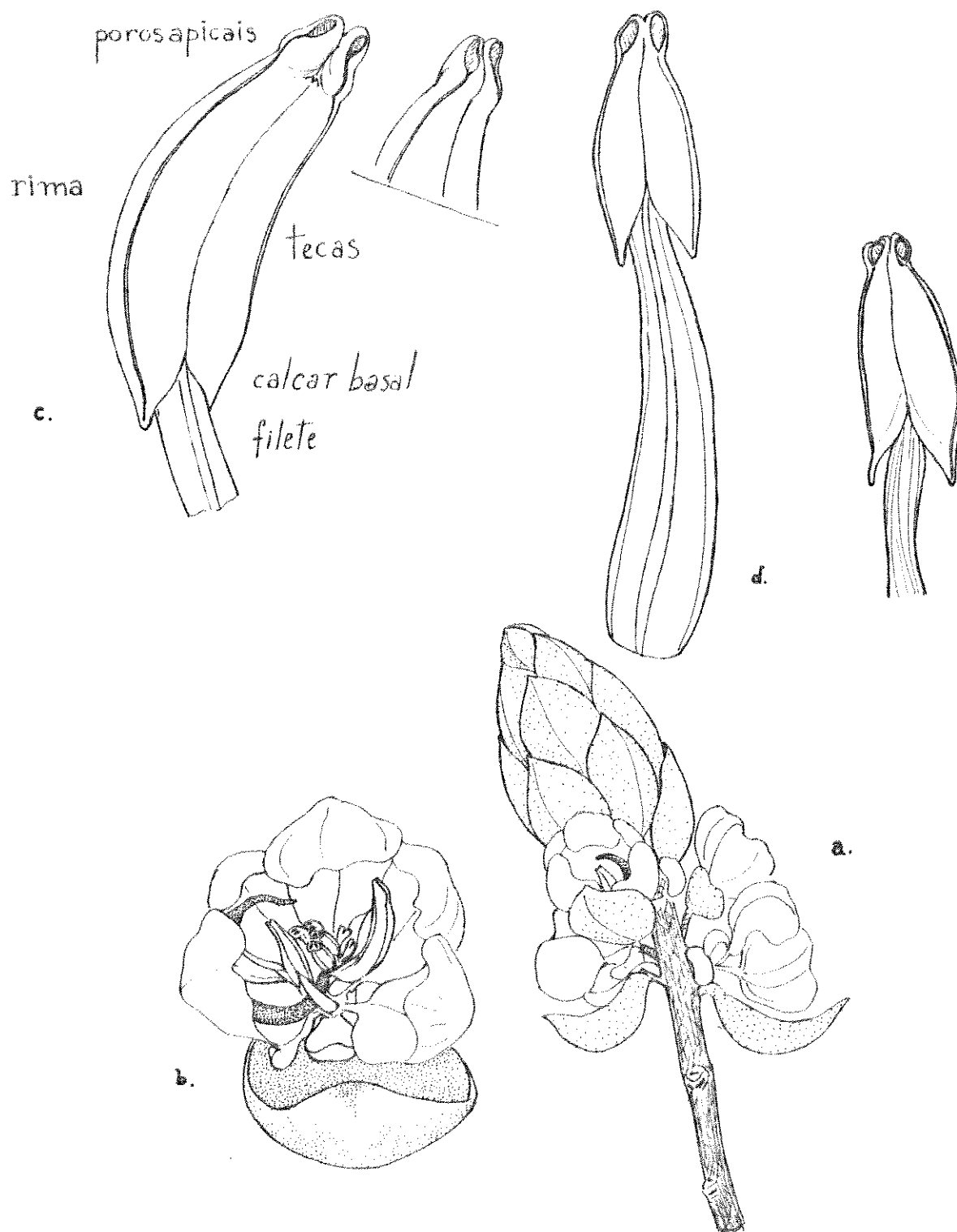


Figura nº 4 : *Senna alata* ; a) inflorescência ; b) flor e bráctea ; c) estame maior e poros de deiscência ; d) 2 tipos de estames menores . Estaminódios não representados .

Em S. alata o androceu é formado por dois tipos de estames, com 2 estames maiores e 4 estames menores (Fig. 4) . Ambos os tipos de estames apresentam pólen viável , porem apenas os dois estames maiores participam efetivamente na fecundação das flores nessa espécie . Na vibração dos estames os estames maiores são os que fornecem o pólen para a polinização , o estigma da flor contata com o pólen depositado na porção dorsal no tórax de seus polinizadores . As abelhas utilizam os (4) estames menores como local para sustentação e fixação para a vibração dos estames durante a coleta de pólen nessas flores .

A deiscência das flores em S. alata é diurna e se dá à partir do horário de início de incidência da luz solar . Na deiscência das flores essas apresentam aroma suave e agradável .

Em S. alata após a antese das flores os elementos de reprodução permanecem parcialmente recobertos pela corola devido a curvatura das pétalas .

Uma grande bráctea esta presente na fase pré-antese recobrendo os botões de S. alata . Foi observado a presença de formigas , vespas, moscas e de abelhas (Apis mellifera) em atividade de alimentação junto a pequenas gotas que se formam sobre essas brácteas no período da manhã durante toda a floração.

Foi observado a predação das flores e de botões florais de S. alata por lagartas , forma juvenil de Phoebis sennae (Pieridae, Lepdoptero) , de coloração amarelo com listas pretas e por besouros de duas espécies coletadas . Foi tambem observado a predação das flores dessa espécie por besouros , uma espécie de besouros predador das flores de S. alata com exemplares grandes (

com cerca de 3 cm) de corpo robusto , liso de cor preta brilhante da família Scarabeidae , a outra espécie coletada de besouro não identificada .

A espécie S. alata possui morfologia floral idêntica à de S. reticulata , na região amazônica essas duas espécies podem ocorrer juntas partilhando as mesmas espécies polinizadoras .

Na figura 5 são apresentados detalhes da morfologia floral de S. bicapsularis . Nas espécies S. alata , S. bicapsularis e em S. reticulata as flores são zigomórficas e apresentam heteromorfismo do androceu com diferenças na fertilidade entre os estames na mesma flor . Nessas espécies os 4 estames menores servem para a sustentação e ponto de fixação onde o polinizador realiza a vibração para a remoção do pólen nessas flores . Os 2 estames abaxiais maiores são os fornecedores do pólen que é depositado sobre a região dorsal no corpo da abelha após esta haver realizado a vibração dos estames ; polinização nototribica .

Na figura 6 é apresentado a morfologia floral de S. excelsa . Nessa espécie a flor é zigomórfica , de cor amarela , com pequena diferença entre os estames e estes igualmente férteis .

A ecologia da polinização de S. macranthera foi estudada por Bittencourt (1981) .

Na figura 7 é apresentado detalhes da morfologia floral de S. macranthera . Essa espécie é representada por árvores de flores grandes e vistosas , de corola amarela . Essa espécie possui estames heteromórficos , com (3) estames longos opostos ao estilete , (4) estames curtos e (3) estaminódios .

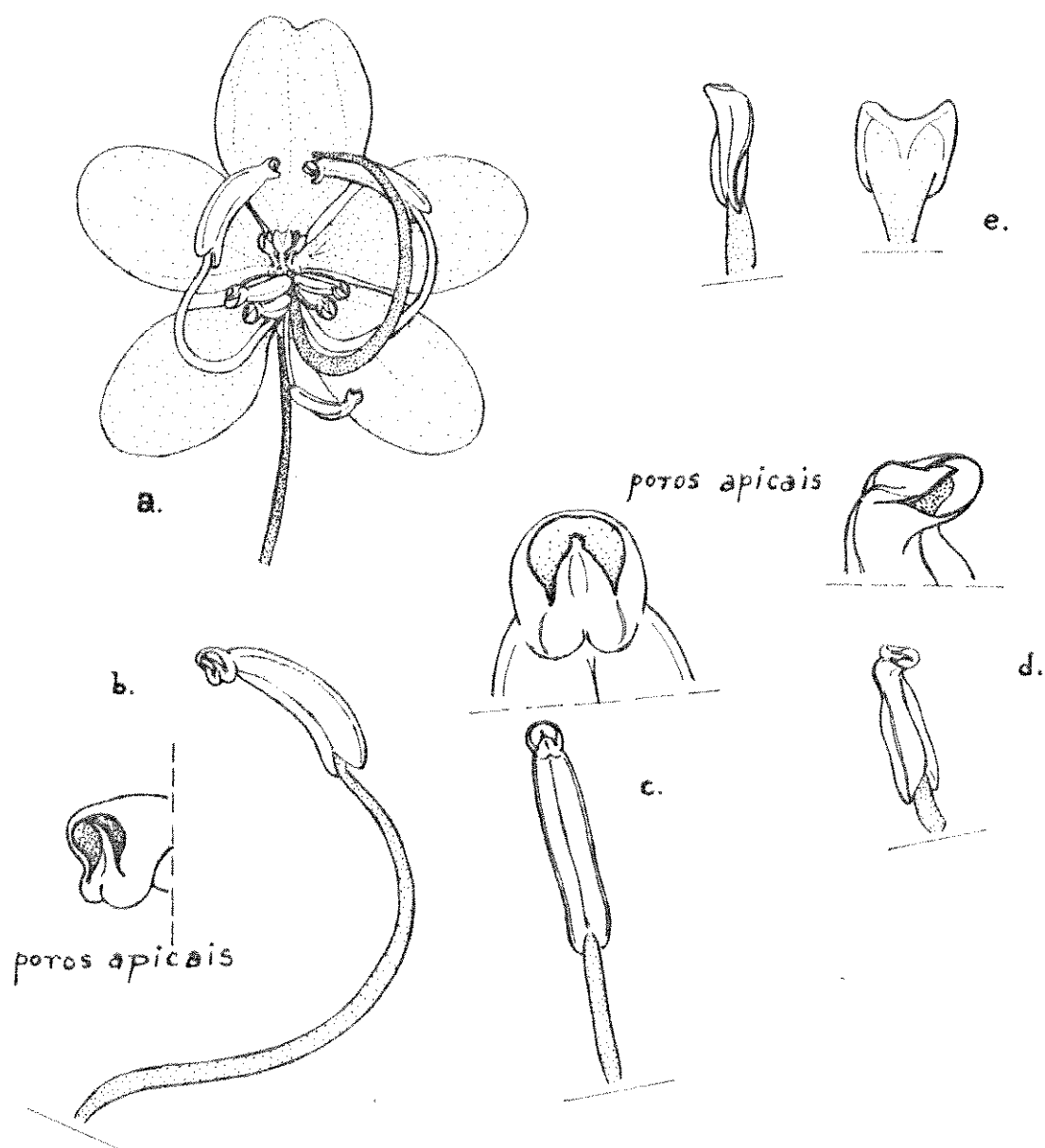


Figura nº 5 : Senna bicapsularis , a) Flor ; b) estame maior e poros de deiscência ; c) estame médiano ; d) estame menor e poros de deiscência ; e) estaminódios .

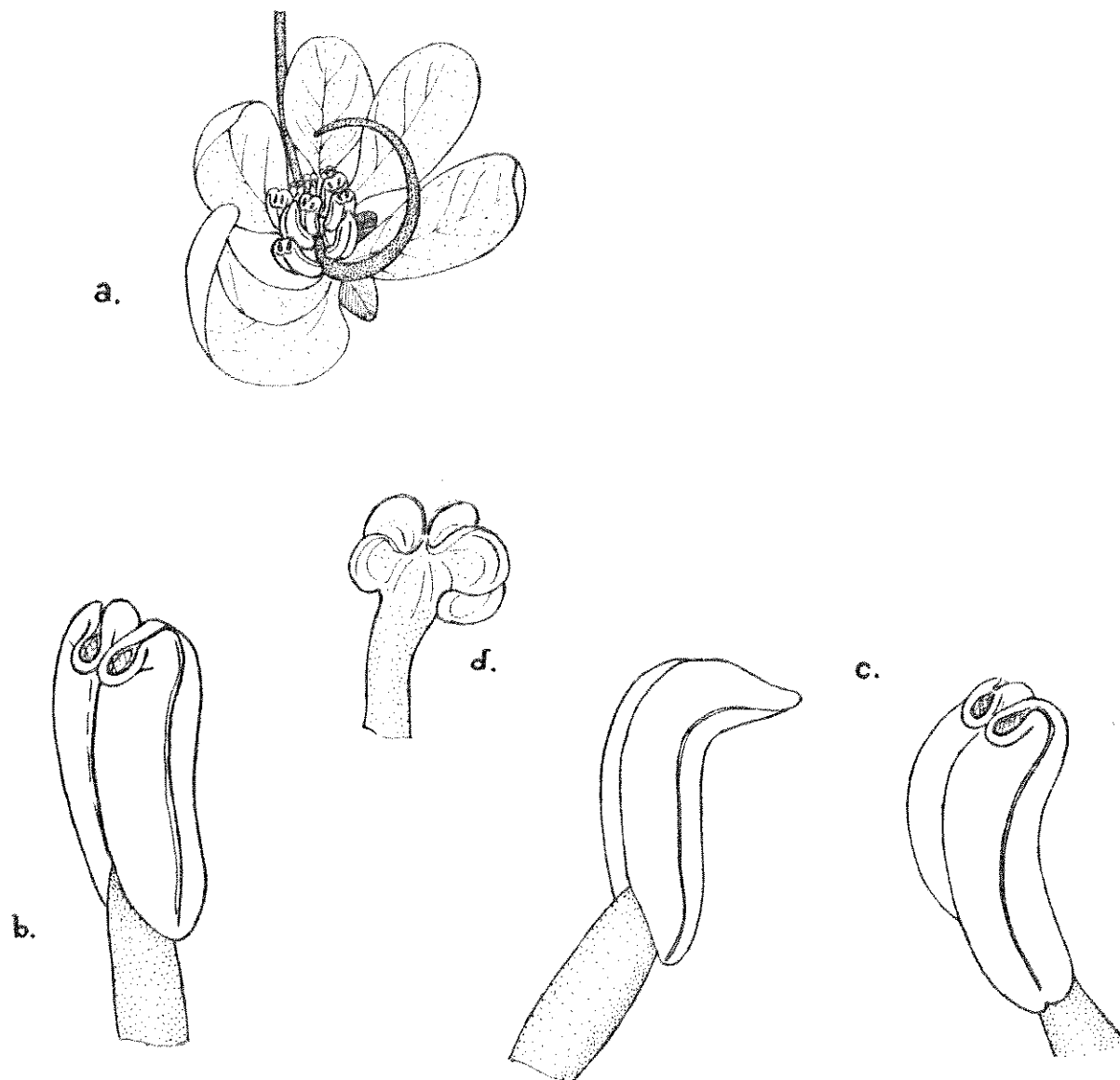


Figura nº 6 : Senna excelsa (S. spectabilis) ; a) Flor ;
 b) estame maior ; c) 2 tipos de estames menores ; d) estami-
 nódios .

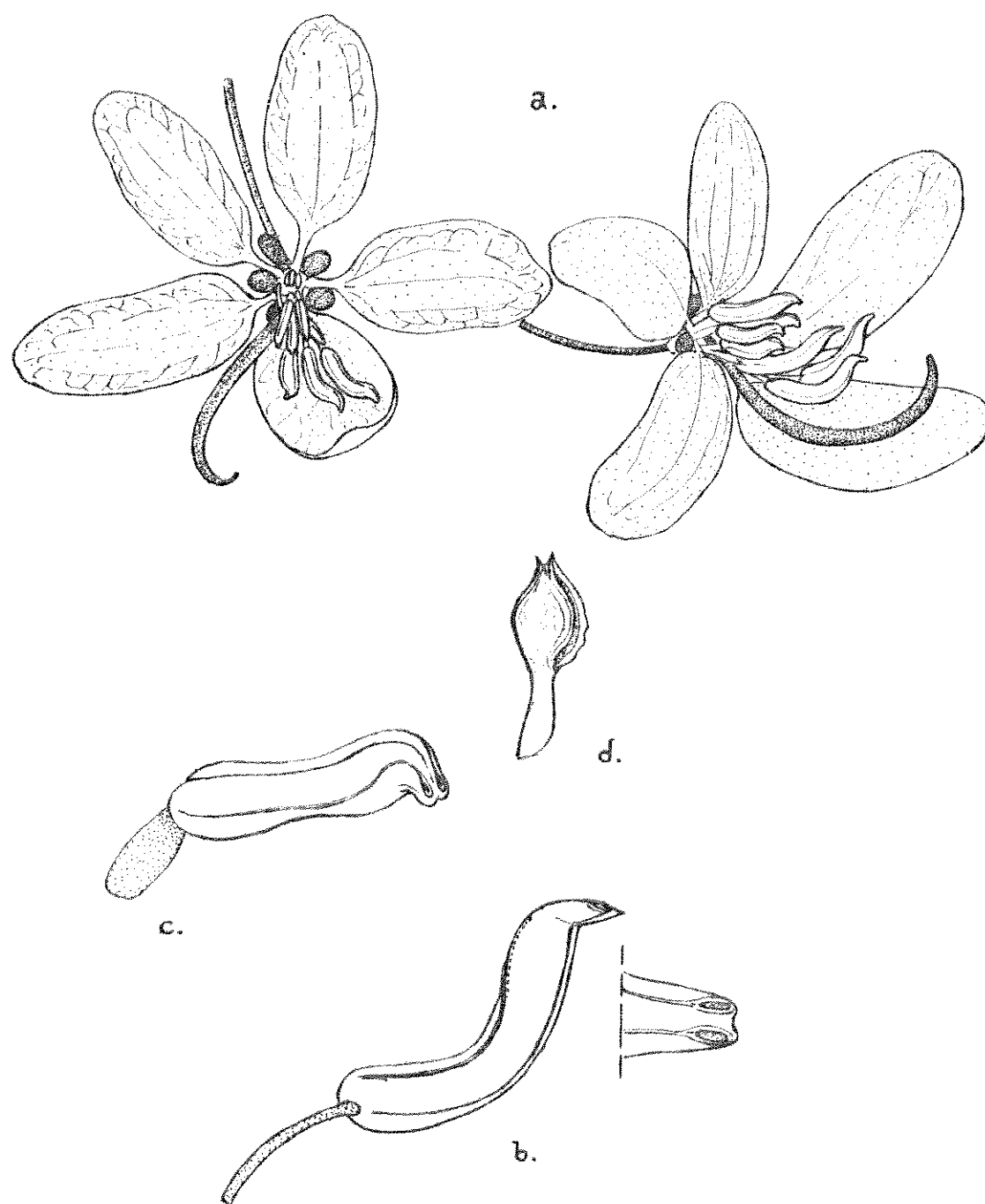


Figura nº 7 : Senna macranthera ; a) flor , vistas frontal e lateral ; b) estame maior e poros de deiscência ; c) estame menor ; d) estaminódio .

Na figura 8 são apresentados detalhes da morfologia floral de S. multijuga. Essa espécie possui flores amarelas, de corola zigomórfica com androceu heteromórfico, sem diferença quanto a fertilidade dos estames.

Nas flores de S. multijuga foi observado que o estilete é recurvado e longo e posiciona-se oposto aos 2 estames maiores, aspecto da disposição entre os elementos de reprodução denominado enantiestilia que favorece a fecundação cruzada. A enantioestilia é uma adaptação presente também nas flores de S. macranthera.

Nessas espécies os estames maiores depositam pólen sobre o corpo da abelha em posição correspondente ao do comprimento do estilete porém no lado oposto ao deste. Os estames menores são utilizados para sustentação do polinizador.

Nas figuras 9 e 10 são apresentados detalhes da morfologia floral das espécies Cassia fistula e C. javanica. Ambas espécies exóticas.

Em C. fistula e em C. javanica observa-se os padrões florais portadores de modificações mais acentuadas nos elementos reprodutivos masculinos em comparação à morfologia das demais espécies de estames tubulares e poricidas estudadas; com heteromorfismo do androceu.

As flores das espécies do gênero Cassia possuem androceu zigomórfico, com 3 estames abaxiais antessépalos de filamento sigmoidal longo, de antera curta de deiscência longitudinal, 2 estames abaxiais antepetalos e 5 estames adaxiais de filete curto e reto, com deiscência poricida basal.

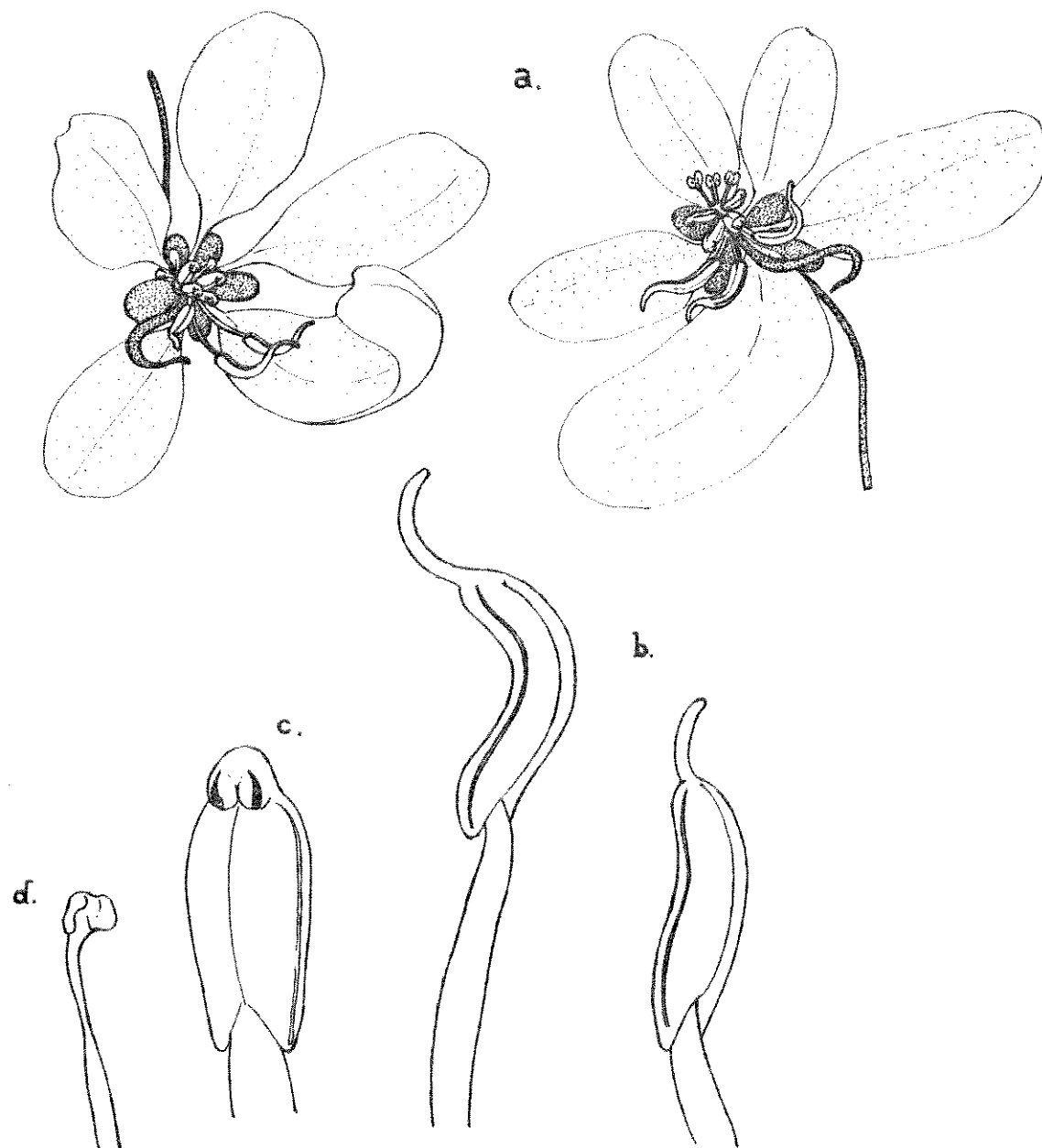


Figura nº 8 : Senna multilingua ; a) flor ; b) 2 estames maiores ; c) estame menor ; d) estaminódio .

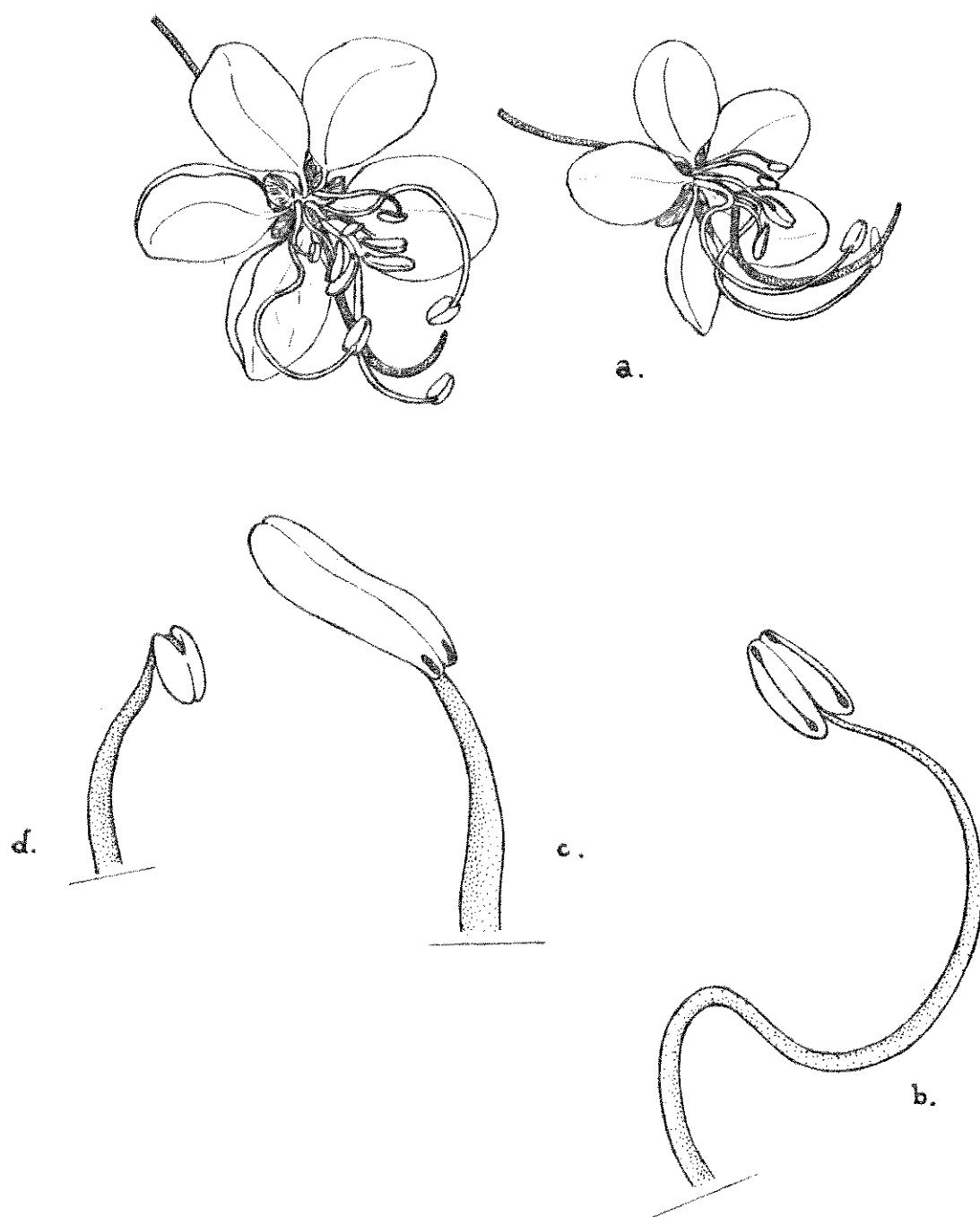


Figura nº 9 : Cassia fistula ; a) flor , vistas frontal e lateral ; b) estame maior ; c) estame médio ; d) estame menor .

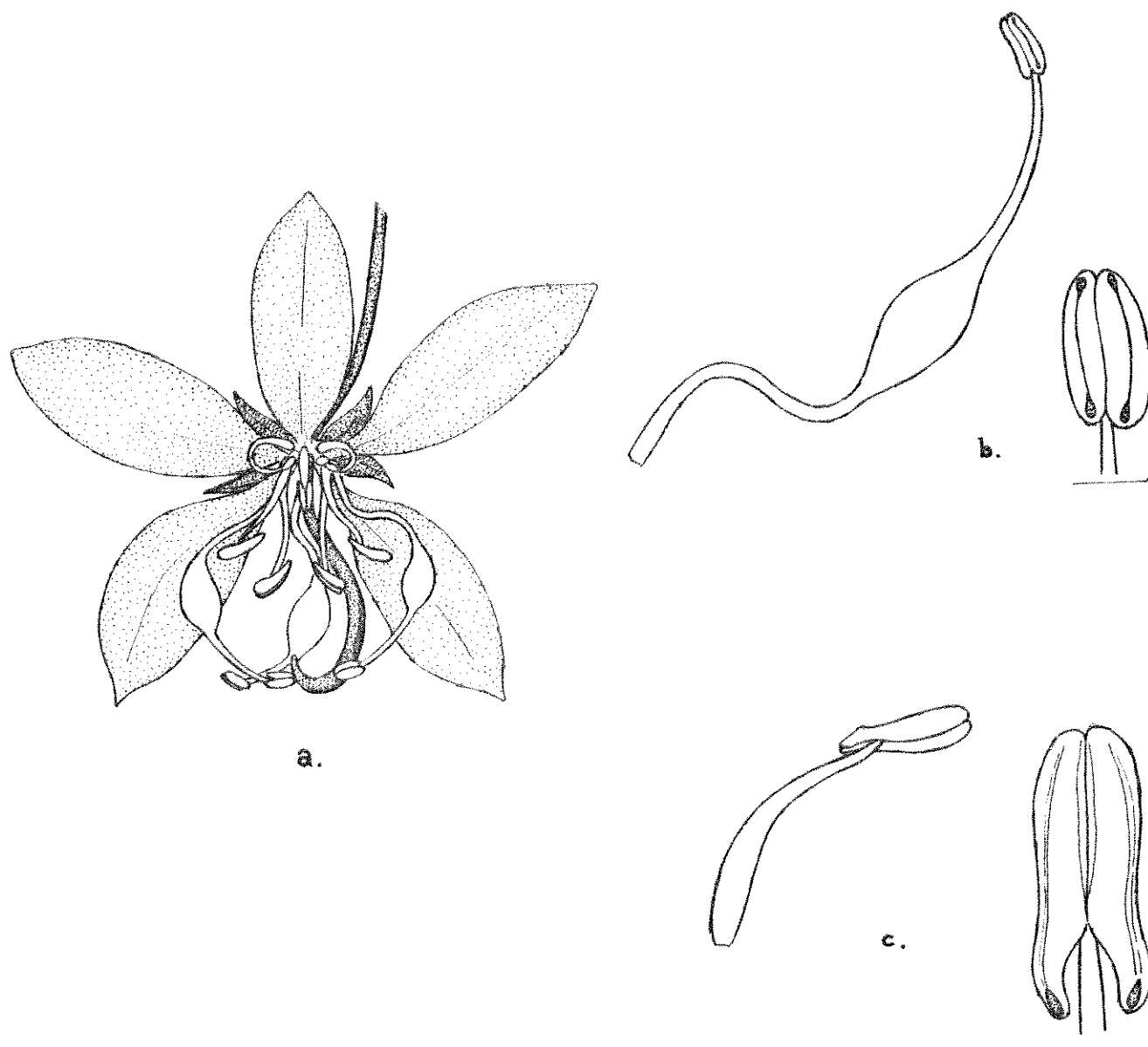


Figura nº 10 : Cassia javanica ; a) flor ; b) estame maior e antera ; c) estame menor e antera .

Na espécie C. fistula os 4 estames menores fornecem pólen com baixa capacidade germinativa (< 10 % : tabela 2) . Nessa espécie os estames menores possuem pólen com baixa viabilidade porém abundante . Este tipo de pólen representa recurso alimentar para seus polinizadores .

Os 3 estames maiores das flores de C. fistula possuem menor quantidade de pólen por antera do que o disponível nos estames menores . O pólen dos estames maiores possui maior capacidade germinativa (> 80 % : tabela 2) .

Em C. fistula o pólen dos estames maiores é depositado sobre o dorso da abelha quando essa vibra nessas flores . É nessa região do corpo das abelhas em atividade de coleta nestas flores onde ocorre o contacto do estigma e a polinização nessa espécie .

A espécie C. javanica possui flores grandes vistosas de corola liláz contrastando com os estames de cor amarela , longos e recurvados . Essa espécie apresenta heteromorfismo dos estames portando (3) estames abaxiais longos de deiscência poricida basal, (4) estames adaxiais curtos de deiscência rimosa e (3) estaminódios (fig. 10) .

As espécies do gênero Chamaecrista caracterizam-se por suas flores actinomórficas , com 10 estames ou menos , em 2 ciclos , de anteras iguais às vezes diferindo no comprimento , teca cilialada ao longo da sutura de deiscência , deiscência poricida terminal . Nas espécies do gênero Chamaecrista não houve diferenciação funcional entre os estames de uma mesma flor .

Na espécie Chamaecrista patellaria (Fig. 11) o androceu é heteromorfo e todos os estames são férteis .

Em Chamaecrista rotundifolia (Fig. 12) o androceu é actinomórfico e os estames são iguais . Na espécie C. rotundifolia foi observado a frequência de cerca de 8% de pólen inviável nos estames (Tab. 2) .

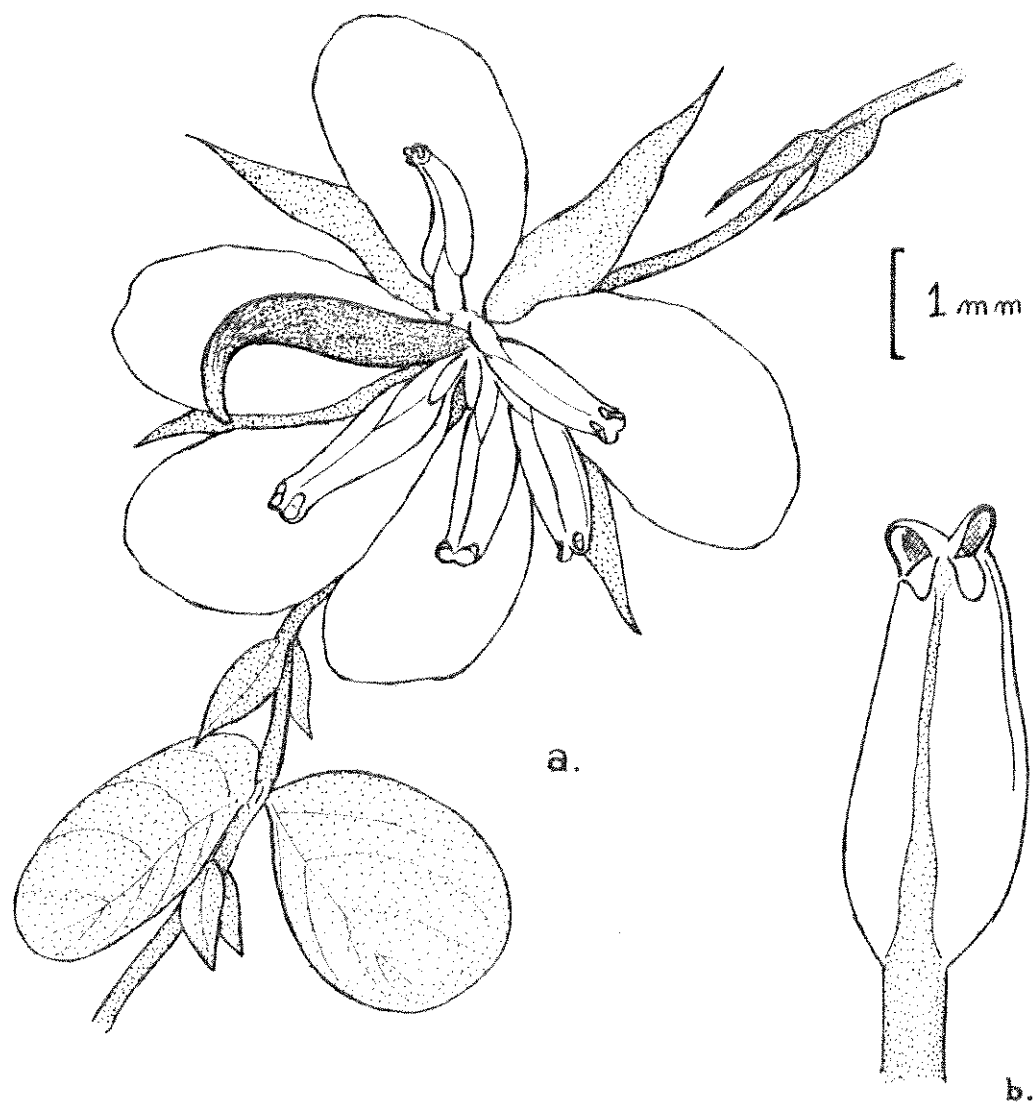


Figura nº 11 : Chamaecrista rotundifolia ; a) caule com flor ; b) estame (androceu homomórfico) .

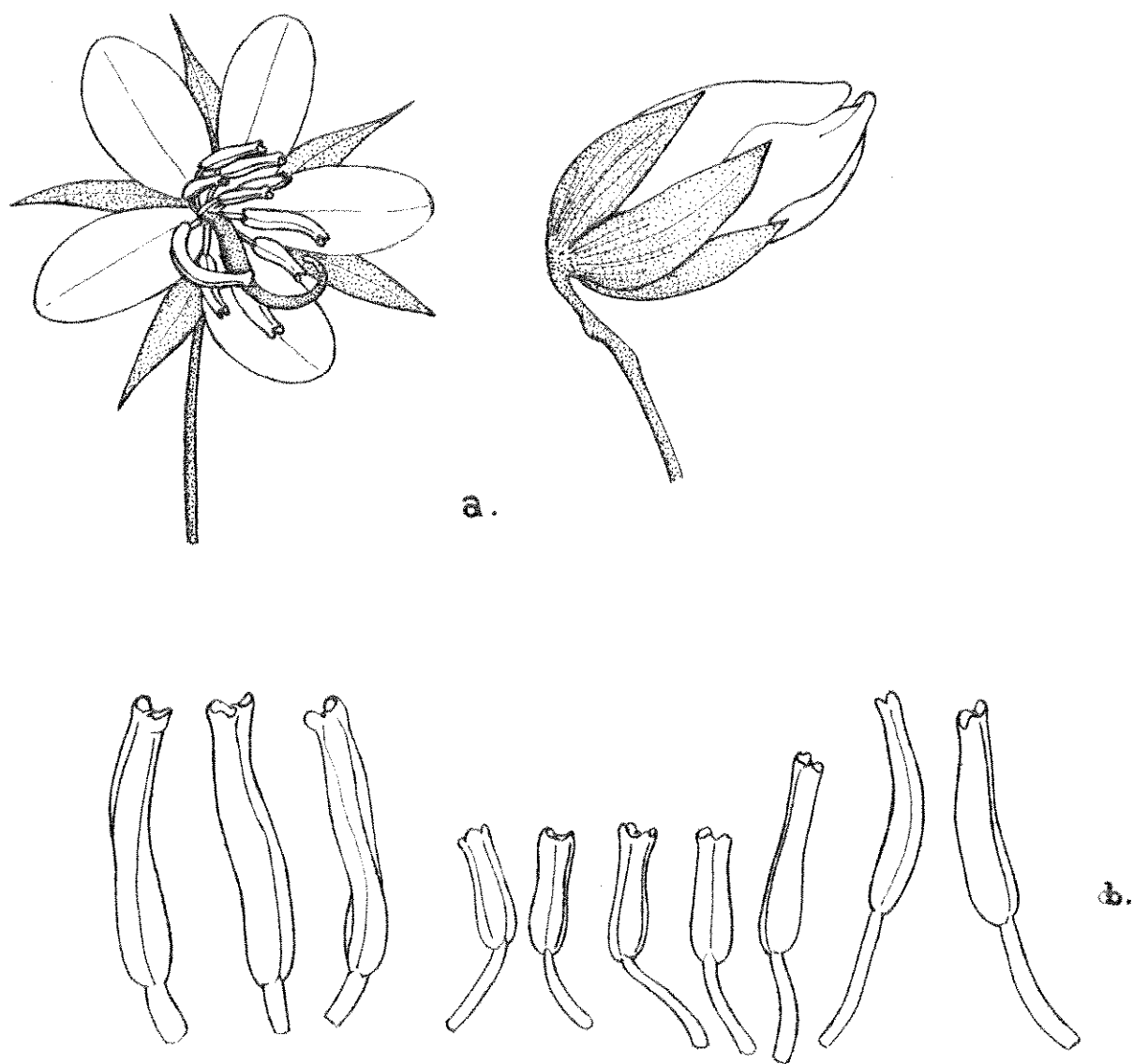


Figura nº 12 : Chamaecrista patellaria , a) flor e botão ,
b) dez estames .

7.3. Polinização em Senna alata .

A espécie S. alata cuja ecologia reprodutiva foi o tema desta tese apresenta como importante característica possuir flores com estames tubulares alongados de deiscência poricida apical . A espécie S. alata é adaptada para a polinização por espécies de abelhas capazes de remover o pólen através da vibração dos estames de suas flores . Nessa espécie as flores não possuem nectário e apresentam o pólen como único recurso atrativo das abelhas suas polinizadoras .

A deiscência das flores em S. alata é diurna e se dá à partir do horário de início de incidência da luz solar sobre as plantas . Após a ântese os elementos de reprodução permanecem parcialmente recobertos pela corola devido a curvatura das pétalas (pétalas cuculadas) . As flores permanecem abertas durante todo o período luminoso do dia , apresentando-se muito perfumadas durante a principalmente no período pelas manhãs .

As flores de S. alata tem a duração de cerca de 2 à 3 dias .

Nos períodos de chuva ocorre queda acentuada das flores e estas tem duração mais breve , podendo ocorrer a queda de todas as flores de uma planta em um único dia , não havendo permanência de uma mesma flor por mais de um dia .

Pelos resultados obtidos por exame ao microscópio e contagem dos grãos de pólen viáveis e inviáveis foi constatado que nas flores de S. alata existe disponibilidade de pólen viável em ambos os tipos de estames presentes na mesma flor ; nos 2 estames maiores e nos 4 estames menores (Tab. 2) .

Durante as observações junto às plantas de S. alata constatou-se que nessa espécie o pólen é abundante e de característica seca, apresentando-se perfumado com aroma agradável e pronunciado.

Nas flores de S. alata o polinizador em geral se sustenta sobre os estames menores para vibrar e coletar o pólen. Os estames maiores são os responsáveis pela polinização, esses estames depositam o pólen liberado pela vibração sobre a região dorsal e lateral do tórax, nas asas e no abdômem da abelha que está vibrando na flor, região de contato com o estigma, determinando a polinização do tipo nototribica nessa espécie.

Foram observadas 10 espécies de abelhas atuando como polinizadoras de S. alata. São as seguintes as espécies polinizadoras observadas junto às flores de S. alata na região de Campinas (SP): Bombus morio Latreille, 1802, Eulaema nigrita Lepeletier, 1841 (Apidae), Pseudaugochloropsis graminea Fabricius, 1804 (Halictidae), Centris bicolor, C. collaris, C. fuscata Lepeletier & Serville, 1841, C. similis Fabricius, 1804, C. tarsata Smith, 1874, Epicharis rustica Oliver, 1789 e Xylocopa frontalis Oliver, 1789 (Anthophoridae).

Na Tabela 3 é apresentado a lista com o nome das espécies de abelhas observadas em Campinas (SP). Foram coletadas um total de 37 espécies de abelhas, de 24 gêneros pertencentes às seguintes 5 famílias: Andrenidae, com 1 gênero e 1 espécie; Anthophoridae, com 14 espécies pertencentes à 8 gêneros; Apidae com 8 espécies de 8 gêneros; Halictidae, com 7 espécies de 3 gêneros; Megachilidae, com 6 espécies pertencentes à 3 gêneros e

a família Oxidae com 1 espécie .

As espécies vegetais do gênero Senna observadas apresentaram-se associadas à várias espécies em comum de abelhas suas polinizadoras . Essas espécies de leguminosas , na região de Campinas (SP) são polinizadas por espécies de abelhas dos gêneros : Bombus , Centris , Epicharis , Eulaema , Oxea , Pseudaugochloropsis , Xylocopa . Espécies do gênero Cassia também são polinizadas por abelhas destes gêneros . Essas espécies de leguminosas ocorrem em simpatria em diferentes localidades e partilham esse grupo de polinizadores .

As espécies de abelhas observadas apresentaram diferenças em suas formas de vida , havendo espécies solitárias e outras sociais , também com hábitos de forrageamentos distintos e atividade sazonal .

Entre as espécies de abelhas observadas várias caracterizaram-se por ocorrência em pequeno número de exemplares (Tab. 3) . As espécies C. bicolor , C. collaris , C. analis , I. analis , E. cockerelli (Anthophoridae) e A. prinii (Andrenidae) são algumas das abelhas que apresentaram ocorrência rara .

Tambem nos gêneros Anthidium (Megachilidae) e Augochlora (Halictidae) várias espécies apresentaram presença de número reduzido de exemplares . É provável a existência de maior número de espécies de abelhas na região de estudo , tendo-se observado mais duas espécies de Megachilidae e uma espécie do gênero Xylocopa não capturadas e não incluídas nas espécies relatadas nesse trabalho .

Tabela 3 . Espécies de abelhas coletadas observadas na região de Campinas (SP) no período de 1982 à 1985 . Entre parênteses é apresentado o número de exemplares coletados .

ESPÉCIES	FAMÍLIAS	(N)
<u>Bombus morio</u>	Apidae	40
<u>Exomalopsis fulvofasciata</u>	Anthophoridae	32
<u>Oxea flavescens</u>	Oxeidae	25
<u>Melipona ruficrus</u>	Apidae	20
<u>Ceratina sp</u>	Anthophoridae	20
<u>Eulaema nigrata</u>	Apidae	14
<u>Pseudaugochloropsis graminea</u>	Halictidae	13
<u>Tetragonisca angustula</u>	Apidae	12
<u>Ptilomelissa sp</u>	Anthophoridae	12
<u>Xylocopa frontalis</u>	Anthophoridae	11
<u>Megachile benigna</u>	Megachilidae	10
<u>Apis mellifera</u>	Apidae	10
<u>Talestria spinosa</u>	Anthophoridae	9
<u>Centris fuscata</u>	"	8
<u>Coelioxys spatuliventer</u>	Megachilidae	7
<u>Anthidium sp 3</u>	"	6
<u>Anthidium sp 4</u>	"	5
<u>Augochlora sp 1</u>	Halictidae	5
<u>Augochlora sp 3</u>	"	5
<u>Augochloropsis sp</u>	"	5
<u>Augochlora sp 2</u>	"	4
<u>Geotrigona sp</u>	Apidae	4
<u>Euglossa sp</u>	"	4
<u>Epicharis rustica</u>	Anthophoridae	3
<u>Augochlora sp 5</u>	Halictidae	3
<u>Augochlora sp 4</u>	"	2
<u>Centris analis</u>	Anthophoridae	2
<u>Centris similis</u>	"	2
<u>Anthidium sp 1</u>	Megachilidae	2
<u>Nanotrigona sp</u>	Apidae	2
<u>Centris collaris</u>	Anthophoridae	1
<u>Centris bicolor</u>	"	1
<u>Centris tarsata</u>	"	1
<u>Epicharis cockerelli</u>	"	1
<u>Thygater analis</u>	"	1
<u>Anthidium sp 2</u>	Megachilidae	1
<u>Acamptopoeum prini</u>	Andrenidae	1
Total	37 espécies (24 gêneros)	5 famílias 233 espécimes

7.4. Períodos de Atividade das Espécies de Abelhas

Observadas .

Na Tabela 4 é apresentado os meses de ocorrência das espécies de abelhas observadas em atividade de forrageamento junto às espécies em floração na região de Campinas (SP) . No período entre os meses de agosto à dezembro foi registrado a ocorrência de maior número de espécies de abelhas em atividade de forrageamento (N = 10 à 13 espécies por mês) .

No período entre os meses de janeiro à junho foi registrado a gradual redução no número de espécies de abelhas em atividade . O período onde observou-se menor atividade de espécies de abelhas correspondeu ao mês de junho (N = 2 espécies) no período climático mais frio durante o ano (Tab. 4) .

Em relação à aspectos da biologia das espécies polinizadoras de S. alata , em Campinas (SP) , foi observado que as espécies E. nigrita e X. frontalis apresentam início de atividade de nidificação à partir dos meses de agosto (X. frontalis) e outubro (E. nigrita) .

A espécie P. graminea foi observada em nidificação no mês de julho .

A espécie B. morio constrói ninhos coletivos anuais , tendo sido observados ninhos já estabelecidos dessa espécie nos meses de março à junho .

Tabela 4 : Frequência de ocorrência das espécies de abelhas observadas e coletadas na região de Campinas(SP) no período de agosto de 1982 à julho de 1985 .

Espécies \ Meses:	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
<i>Acametonogonum prinii</i>				1								
<i>Anthidium</i> sp2		1										
<i>Anthidium</i> sp1	1											
<i>Augochloropsis</i> sp		5										
<i>Augochlora</i> sp3				4								
<i>Centris analis</i>	2											
<i>Centris tarsata</i>				1								
<i>Centris bicolor</i>					1							
<i>Centris collaris</i>						1						
<i>Epicharis cockerelli</i>				1								
<i>Thygater analis</i>				1								
<i>Nanotrigona</i> sp			1							1		
<i>Augochlora</i> sp4		2			1							
<i>Augochlora</i> sp5			2	1								
<i>Augochlora</i> sp2			1						3			
<i>Geotrigona</i> sp	2		2									
<i>Talestria spinosa</i>						1	8					
<i>Anthidium</i> sp4				1	1	3						
<i>Anthidium</i> sp3		3			1	1						
<i>Coelioxys spatuliventer</i>		2	1				2					
<i>Augochlora</i> sp1				1	1	2						
<i>Epicharis rustica</i>				1	1	1						
<i>Eulaema nigrata</i>			4							3	3	
<i>Eullossa</i> sp	1					1			1		1	
<i>Centris similis</i>								2		1	1	
<i>Centris fuscata</i>								1	6		1	
<i>Tetragonisca angustula</i>	4	5	3									
<i>Ptilomelissa</i> sp				1	1	3	5					
<i>Megachile beniana</i>	4	1	1	2	1							
<i>Melipona ruficornis</i>	4	9	3			3				1		
<i>Xyloropa frontalis</i>	3			3	2			1	1	1		
<i>Pseudaugochloropsis graminea</i>	1	1	4	5						1	1	
<i>Ceratina</i> sp	3	8		2	2	1	3					2
<i>Oxya flavescens</i>	4	9		5		2				2	2	
<i>Exomalopsis fulvofasciata</i>		10		5	5		1	1	3	4		1
<i>Bombus morio</i>				2	3	4		2	16		11	
nº total de espécies	10	12	10	13	12	5	5	6	6	8	7	2

Na Tabela 5 são apresentadas as espécies de abelhas observadas associadas à S. alata e às demais espécies observadas em floração em Campinas (SP) no período de 1982 à 1985.

Na tabela 5 têm-se as espécies de abelhas observadas junto às flores de S. alata em ambos os períodos de floração dessa espécie. Foi observado haver sazonalidade e diferenças na ocorrência das espécies polinizadoras de S. alata em atividade em cada um dos períodos de floração dessa espécie.

As espécies Centris tarsata, C. bicolor e C. collaris foram observadas nas flores de S. alata apenas no período de floração entre os meses de dezembro à março (Tab. 5), sendo estas espécies polinizadoras ausentes na floração no período entre abril e junho.

As espécies polinizadoras de S. alata do gênero Centris raramente foram observadas em atividade nas flores de outras espécies dos gêneros Senna, Cassia e Chamaecrista (Tab. 5).

As espécies B. morio, C. fuscata, C. similis, E. nigrita, P. graminea e X. frontalis foram espécies polinizadoras de S. alata observadas em atividade em ambos os períodos de floração dessa espécie.

As espécies polinizadoras de S. alata dos gêneros Bombus, Eulaema, Pseudaugochloropsis e Xylocopa foram também observadas coletando pólen nas flores de outras espécies desse mesmo gênero e em espécies dos gêneros Cassia e Chamaecrista. Essas abelhas foram encontradas em atividade de forrageamento junto às flores das espécies: S. bicapsularis, S. cernua, S. excelsa, S. macranthera, S. multijuga e em S. reticulata (Tab. 5).

TABELA 5 : Frequência de ocorrência de espécies de abelhas associadas às espécies vegetais observadas em floração na cidade de Campinas (SP), no período de 1982 à 1985. (1) .

abelhas / espécie em floração	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<i>Exomalopsis fulvofasciata</i>	1		5	1	5	2	8			4				3	2				4		
<i>Xylocopa frontalis</i>	3	1			2			3	1			1	1				1	2			
<i>Pseudoauchloropsis graminea</i>	4				2		1		1	1		2	1			1					
<i>Bombus morio</i>	3	2		1	2	3						2						1			
<i>Osea flavescens</i>				4			9	1	1	3	4							1			
<i>Ceratina sp</i>			5			7	7			1	2										
<i>Eulaema nigruta</i>	2	2		2	2				1												
<i>Centris fuscata</i>	8	1		1									1								
<i>Megachile benigna</i>			4			1		1		1											
<i>Epicharis rustica</i>	2										2	1									
<i>Melipona ruficornis</i>	2		2				2														
<i>Istrosia angustula</i>	2		2					1													
<i>Ausochlora sp 1</i>			3														2				
<i>Centris tarsata</i>	2															1					
<i>Euglossa sp</i>							1												3	1	
<i>Nanotrigona sp</i>			1	1																	
<i>Philomelissa sp</i>			4			1															
<i>Acamptoceros prinii</i>																	1				
<i>Anthidium sp 1</i>				1																	
<i>Anthidium sp 2</i>				1																	
<i>Anthidium sp 3</i>				5																	
<i>Anthidium sp 4</i>				7																	
<i>Ausochlora sp 2</i>														2							
<i>Ausochlora sp 3</i>																	1				
<i>Ausochlora sp 5</i>																1					
<i>Centris analis</i>								1													
<i>Centris bicolor</i>	2																				
<i>Centris collaris</i>					1																
<i>Centris similis</i>	2																				
<i>Colletes spatuliventer</i>			1																		
<i>Epicharis cockerelli</i>																1					
<i>Reutziella sp</i>				1																	
<i>Taolestria spinosa</i>							8														
<i>Thygater analis</i>											1										
<i>Xylocopa sp</i>			1																		
<i>Apis mellifera</i>	*	*	*			*	*	*									*				

(1) Observações :

a) Nomes das espécies hospedeiras correspondentes à numeração de 1 à 21 :

- | | | |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. <i>Senna alata</i> (P.I) | 8. <i>Calistemon</i> sp | 15. <i>Birsonima intermedia</i> |
| 2. <i>Senna alata</i> (P.II) | 9. <i>Senna cernua</i> | 16. <i>Wedelia trilobata</i> |
| 3. <i>Ocimum</i> sp | 10. <i>Mormodica</i> sp | 17. <i>Senna excelsa</i> |
| 4. <i>Senna reticulata</i> | 11. <i>Solanum lycocarpum</i> | 18. <i>Solanum aculeatissimum</i> |
| 5. <i>Senna multicaulis</i> | 12. <i>Senna macranthera</i> | 19. <i>Jacaranda mimosifolia</i> |
| 6. <i>Cosmos bipinnatus</i> | 13. <i>Senna bicapsularis</i> | 20. <i>Passiflora edulis</i> |
| 7. <i>Ipomoea stans</i> (<i>Stenolobium</i>) | 14. <i>Chamaecrista rotundifolia</i> | 21. <i>Catasetum</i> sp |

b) exemplares observados não coletados (*) .

7.5. Comportamento das Abelhas nas Flores de Senna alata .

7.5.1. Pseudaugochloropsis graminea .

As espécies P. graminea , Bombus morio e Xylocopa frontalis foram as únicas espécies polinizadoras presentes em todos os meses de floração de S. alata (Tab. 4) .

A espécie P. graminea pertence à família Halictidae e é representada por abelhas solitárias de coloração metálica , verde , pequenas com cerca de 1,0 cm de comprimento, de corpo delgado e liso . Essas abelhas apesar de seu pequeno tamanho mostraram-se adaptadas para realizar a polinização em S. alata durante a coleta de pólen por vibração dos estames nessas flores . Essa espécie caracterizou-se por ser juntamente às espécies B. morio , C. fuscata e à X. frontalis as espécies polinizadoras mais frequentes nas flores de S. alata.

Abelhas da espécie Pseudaugochloropsis graminea foram observadas coletando pólen por vibração dos estames nas flores de S. alata . Essas abelhas coletam pólen nessas flores pela vibração prolongada por 10s. sobre o ápice de deiscência das anteras , uma à uma, coletando pólen nos (4) estames menores, nos (2) estames maiores e no estame central mediano . A região estigmática é contatada durante o deslocamento da abelha por entre os estames e o carpelo da flor , também quando a abelha esta coletando pólen sobre o estame central .

Enquanto essa abelha vibra nos estames nas flores de S. alata ocorre contato prolongado do ápice do estilete com a região

da coxa e do femur das patas dessa abelha , região onde encontra-se acumulado o pólen coletado . O pólen acumulado sobre os pelos das patas dessa abelha encontra-se em estado seco e irá garantir a polinização em S. alata pela espécie P. graminea .

7.5.2. Xylocopa frontalis .

A espécie X. frontalis (Anthophoridae) foi a segunda espécie de maior frequência de visita e coleta de pólen entre as espécies de abelhas coletadas nas flores de S. alata . Essas abelhas foram observadas forrageando nas flores de S. alata em visitas de 5s..

A espécie X. frontalis tem hábito de vida semi-social e foi a espécie de maior tamanho entre os polinizadores observados em S. alata , os exemplares dessa espécie coletados apresentam variação no tamanho do corpo , havendo abelhas fêmeas maiores com até 3,5 cm de comprimento total do corpo e abelhas fêmeas menores com comprimento do corpo entre 1,5 à 2 cm . Os exemplares de X. frontalis coletados nas flores de S. alata apresentavam pólen acumulado no femur , na tíbia e no primeiro segmento tarsal das patas posteriores, havendo também pólen espalhado na região torácica (noto) .

Enquanto uma abelha X. frontalis esta vibrando na flor de S. alata foi observado que esta realiza a remoção do pólen espalhado sobre o dorso do tórax raspando-o com as 2 patas posteriores . Esse comportamento é repetido em todas as visitas. Muitas vezes o estilete é pressionado pelas patas sobre o tórax

dessa espécie de abelha , local onde se encontra grande quantidade de pólen depositado proveniente dos (2) estames maiores .

A polinização da flor de S. alata ocorre pelo contato do estigma com a porção dorsal do corpo dessas abelhas (X. frontalis) na entrada e na saída da flor . Durante a visita dessa espécie de abelha na flor de S. alata o estigma normalmente toca nas regiões dorsal e lateral do torax, no 1º segmento do metasoma (abdome) e nas patas posteriores , regiões onde localiza-se o pólen coletado nessas flores , determinando a polinização nas flores visitadas .

7.5.3. Bombus morio .

Abelhas Bombus morio (Apidae) foram observadas visitando as flores de S. alata , deslocando-se e posicionando-se dentro da corola sobre os (4) estames menores centrais e realizando a vibração destes para remoção de pólen . Essa espécie é representada por abelhas de hábito de vida social , em ninhos junto ao solo em locais sombreados , com indivíduos fêmeas em geral grandes , de corpo robusto piloso e coloração preta , variando em tamanho entre 1,5 à 2,5 cm de comprimento total .

Essas abelhas permanecem parcialmente recobertas pelas pétalas enquanto realizam a coleta de pólen nas flores de S. alata . O contato da porção estigmática da flor com as patas , o abdome e com o tórax dessas abelhas ocorre na entrada e na saída da abelha da flor , quando se dá a transferência de pólen do

corpo da abelha para o estigma e a polinização da flor .

As abelhas coletadas apresentavam pólen espalhado na região ventral do corpo além de grande quantidade de pólen acumulado nas tíbias das patas posteriores . Essa espécie de abelha utiliza as patas para recolher o pólen do dorso e o armazena em expansões da tíbia (corbícula) das patas posteriores .

Apesar das abelhas , após visitarem essas flores , limparem o pólen depositado espalhado sobre o corpo com as patas , removendo parte do pólen proveniente dos estames maiores , sempre persiste pólen suficiente para a polinização .

Através de experimento utilizando da marcação e recaptura junto aos ninhos de espécies do gênero Bombus , soltas à distâncias pré-determinadas , pode-se observar que abelhas da espécie B. morio possuem capacidade de vôo e de forrageamento de cerca de 1300 m de distância à partir do ninho .

Na figura 13 é apresentado a reta da regressão obtida entre a frequência de de retorno de B. morio e as distâncias na qual as abelhas dessa espécie foram soltas , após terem sido marcadas e identificadas numericamente , para se estimar a capacidade de vôo desses polinizadores de S. alata .

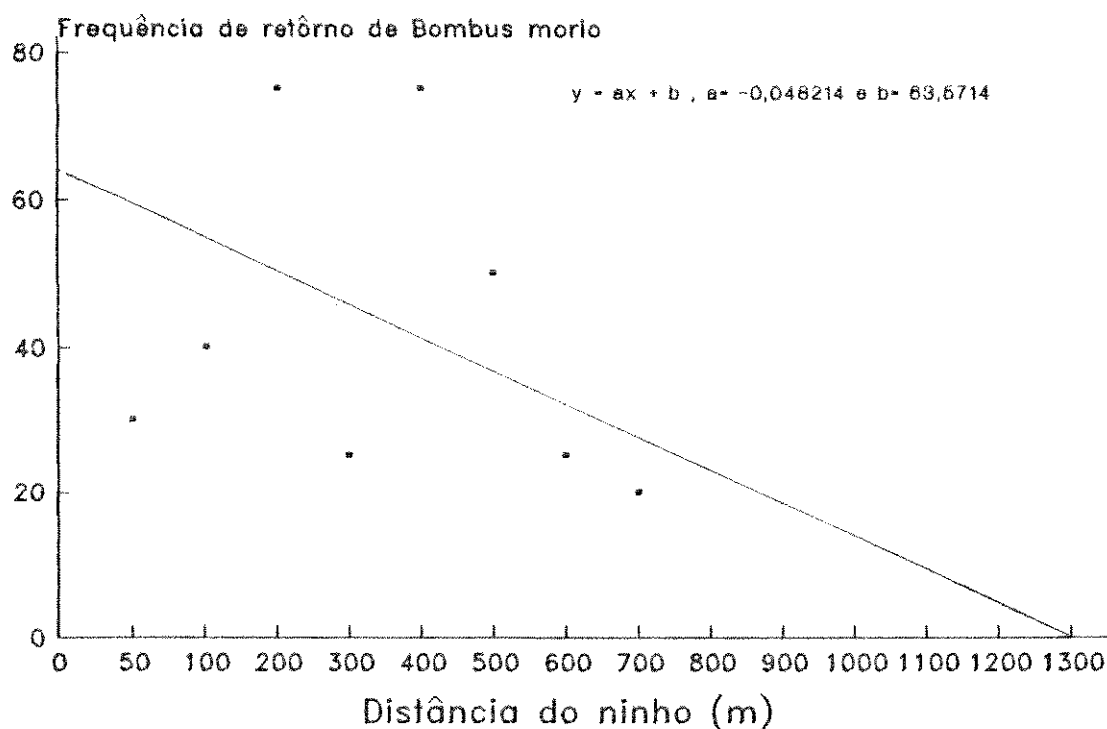


Figura 13 : Capacidade de vôo em *Bombus morio* (Apidae). Distâncias cobertas em vôo de retorno até o ninho de abelhas fêmeas marcadas .

Reta da regressão linear , função $f(x) = ax + b$, onde x é a distância coberta em vôo pelas abelhas e y a frequência de retorno à cada distância onde a abelha foi soltada .

7.5.4. Centris fuscata e C. tarsata .

Abelhas da espécie Centris fuscata (Anthophoridae) foram observadas junto à plantas de S. alata em floração e mostraram-se adaptadas para a polinização dessas plantas . Essa espécie foi a de maior frequência entre os polinizadores observados de S. alata (Tab.5).

Essa espécie é constituída por abelhas solitárias (forma de vida comum à todas as espécies do gênero Centris) , robustas e relativamente pequenas , de corpo piloso amarelado , abdômen liso, com cerca de 1,0 cm de comprimento total do corpo . Essa espécie de abelha coleta pólen pela vibração sobre os (4) estames menores nas flores de S. alata. O pólen liberado na flor é proveniente principalmente dos (2) estames maiores laterais e deposita-se sobre a região dorsal nessas abelhas . Essa espécie recolhe o pólen espalhado sobre seu corpo com as patas dianteiras e o armazena nas escovas das patas traseiras.

Essas abelhas foram observadas em atividade de vôo ao redor e próxima às plantas de S. alata utilizadas como fonte de alimentação para a coleta de pólen . Durante a coleta de pólen C. fuscata permanece por cerca de 10min. revoando ao redor e pousando sobre ramos do caule de plantas em floração de S. alata sem pousar nas flores.

Nessas plantas essas abelhas (C. fuscata) realizam vôos afugentando outras espécies de abelhas que aproximam-se da planta ou de suas inflorescências . Essa espécie eventualmente persegue borboletas (Lepidoptera) e libélulas (Odonata) que possam estar

voando próximas perto da planta onde ela esta coletando pólen .

Essa espécie foi observada com esse mesmo comportamento junto à plantas em floração de outras espécies , como por exemplo observado em S. bicapsularis e em S. reticulata .

Abelhas da espécie C. tarsata foram observadas coletando pólen nas flores de S. alata . Essa espécie é representada por abelhas de corpo robusto e piloso , de cor amarela , com abdômen mais escuro e liso , com cerca de 1,5 cm de comprimento total do corpo . Essas abelhas caracterizaram-se por apresentarem comportamento de permanecerem voando junto às plantas de S. alata , de forma semelhante ao descrito para C. fuscata , perseguindo em vôo outros eventuais visitantes que buscavam pousar nas flores dessas plantas .

Essas abelhas (C. tarsata) coletam o pólen vibrando sobre os (4) estames menores das flores de S. alata . Os exemplares coletados apresentavam pólen espalhado sobre a região dorsal do corpo , no tórax e acumulado nas tíbias das patas traseiras . Foi observado haver contato do estigma com a abelha durante a permanência desta dentro da corola e na saída desta da flor .

Essas espécies de abelhas (C. fuscata e C. tarsata) foram observadas mantendo-se em vôo junto às plantas suas hospedeiras , entre as visitas consecutivas nas flores destas plantas . Durante essas visitas ocorre o confronto e perseguição entre abelhas presentes em uma mesma planta . Essa disputa junto as plantas hospedeiras pode se dar entre abelhas da mesma espécie , sendo mais frequente e demorados os encontros entre abelhas de espécies distintas .

Abelhas do gênero Centris foram observadas deslocando outras abelhas desse mesmo gênero e também em confronto deslocando abelhas dos gêneros Epicharis (E. rustica), Eulaema (E. nigrita), Oxea (O. flavescens) e abelhas pequenas dos gêneros Exomalopsis (Anthophoridae) , Augochlora , Augochloropsis e Pseudaugochloropsis (Halictidae) .

Nas observações durante esse trabalho pude constatar que raramente abelhas dos gêneros Bombus e Xylocopa encontram-se em disputa por uma mesma flor quando em forrageamento em S. alata ou em espécies dos gêneros Cassia e Senna , podendo ocasionalmente haver confrônto e disputa com deslocamento entre abelhas da mesma espécie destes gêneros .

7.5.5. Centris similis .

Exemplares de abelhas da espécie C. similis foram coletados quando estavam coletando pólen nas flores de S. alata . Essas abelhas são robustas , de coloração marrom escura , com pilosidade clara nas patas e no tórax . Os exemplares de C. similis coletados apresentavam cerca de 2,0 cm de comprimento .

Essas abelhas são muito rápidas durante o voo e nas visitas nas flores de S. alata . Uma única abelha dessa espécie é capaz de realizar coleta de pólen visitando até 36 inflorescências separadas , durante um trajeto observado em plantas de S. alata , coletando pólen em 1 até 2 ou 3 flores de uma mesma inflorescência em visitas de cerca de 1s. em cada flor.

O estigma da flor de S. alata normalmente contacta o corpo de um exemplar de C. similis em visita nas regiões laterais próximo ao pedúnculo entre o torax e o metasoma, às vezes sobre o dorso do tórax. Igualmente às abelhas do gênero Xylocopa, as abelhas C. similis, enquanto permanecem em uma flor, esfregam as patas posterior sobre o torax para remover o pólen aí depositado após a vibração dos estames de uma flor, e com isso pressionam o estilete sobre o corpo.

As abelhas dessa espécie frequentemente foram observadas em atividade mesmo em períodos com dias nublados, sujeitas à ocorrência de ventos fortes. Essa característica de atividade sob condições variáveis de clima, em dias nublados foi também observado para B. morio.

Abelhas do gênero Centris (C. fuscata, C. similis e em C. tarsata) e do gênero Oxea (O. flavescens) foram observadas realizando vôos contra outras abelhas também em plantas do gênero Camptosema (Leguminosa), em Solanum lycocarpum, S. paniculatum, em Tabebuia ipe, I. chrysotricha e em Tecoma stans (Stenolobium).

7.5.6. Centris bicolor.

A espécie Centris bicolor foi um polinizador de rara ocorrência, observada uma única vez em visita nas flores de S. alata. Essa espécie de abelha apresentou comportamento diferente em comparação ao de outras espécies que foram observadas coletando pólen nas flores de S. alata.

Essa abelha parecia não habituada à coletar pólen nas flores de S. alata, pousando inicialmente sobre a corola, na pétala superior, dando à seguir voltas deslocando-se por fora da corola e fazendo várias tentativas de se introduzir no interior dessas flores. Após esse deslocamento pela parte externa da flor essa espécie posicionava-se sobre os estames para a coleta de pólen.

O exemplar dessa espécie (C. bicolor) foi observado visitando várias flores da espécie S. alata, coletando pólen pela vibração sobre os (4) estames menores dessas flores.

Pode-se observar a liberação de uma pequena quantidade de pólen espalhado no ar dentro da flor e sobre a abelha, resultante das vibrações realizadas por essa abelha nas flores visitadas. Durante a visita dessa abelha nas flores de S. alata ocorreu o contato desta com o estigma das flores visitadas.

7.5.7. Eulaema nigrata.

Durante a observação da atividade de polinizadores e de outras espécies de insetos encontrados associados à S. alata foram observadas e coletadas abelhas da espécie Eulaema nigrata (Apidae).

Essa espécie é representada por abelhas solitárias, grandes e robustas, medindo cerca de 2,5 cm de comprimento, de corpo peludo de coloração preta, com glossa longa. Os exemplares de E. nigrata coletados nas flores de S. alata apresentavam grande quantidade de pólen acumulado nas corbículas das patas posteriores.

Essa espécie (E. nigrita) promove a polinização de S. alata enquanto coleta pólen nessas flores , durante a coleta de pólen na flor ocorre o contato da região dorsal do tórax e do abdômem dessa abelha com a porção estigmática das flores visitadas . Essas abelhas foram observadas coletando pólen em S. alata pela vibração sobre os (4) estames menores da flor.

7.5.8. Epicharis rustica .

Abelhas da espécie Epicharis rustica (Anthophoridae) são polinizadoras presentes em número pequeno de exemplares , foram observadas coletando pólen por vibração nas flores em S. alata e em S. macranthera . Essa espécie é representada por abelhas solitárias , grandes , com cerca de 2,5 cm de comprimento , de tórax piloso claro e abdômem liso preto .

As abelhas dessa espécie são também muito rápidas durante as visitas nas flores . Para essa espécie não foi possível a realização de observação prolongada do comportamento da abelha na flor de S. alata , essa espécie não permitiu a aproximação necessária para observações . Essas abelhas ao remover o pólen pela vibração nos estames em S. alata realizam o contato com o estigma dessas flores . Foi encontrado grande quantidade de pólen acumulado nas patas posteriores nos exemplares coletados .

7.5.9. Exomalopsis fulvofasciata .

A espécie Exomalopsis fulvofasciata (Anthophoridae) foi observada como visitante pouco frequente nas flores de S. alata . Essa espécie apesar de sua ocorrência ocasional mostrou-se adaptada para remoção de pólen pela vibração dos estames de S. alata . Essa abelha coleta pólen vibrando sobre cada um dos estames em separado , deslocando-se dentro da corola sobre os elementos de reprodução nas flores de S. alata .

Durante a permanência de abelhas dessa espécie (E. fulvofasciata) em atividade de coleta de pólen nas flores de S. alata foi observado que eventualmente ocorre contato da porção estigmática com a abelha , esta muitas vezes apresentando pólen espalhado sobre o corpo e acumulado nas patas traseiras (nas escopas) . Essas observações permitem considerar a espécie E. fulvofasciata como polinizadora eventual de S. alata .

7.5.10. Espécies não polinizadoras .

Foi observado a presença de espécies de insetos não polinizadores junto às flores de S. alata . Foi observado a predação de botões e de flores em S. alata por lagartas , forma imatura de Phoebis sennae (Pieridae , Lepdoptera) , por besouros (Coleoptera ; espécies coletadas não identificadas) e também por abelhas . Abelhas das espécies Apis mellifera , Melipona ruficrus e Tetragonisca angustula (Apidae) foram observadas coletando pólen nas flores de S. alata sem realizar a polinização

das flores visitadas .

A espécie Melipona ruficrus (Meliponini , Apidae) foi encontrada coletando pólen nas flores de S. alata . Essa espécie é representada por abelhas pretas , pequenas e robustas de hábito de vida social . Para a obtenção do pólen essa espécie utiliza as mandíbulas para rasgar as tecas dos estames de S. alata , removendo o pólen com as mandíbulas e a língua (glossa) armazenando o pólen nas patas posteriores . Essa espécie devido ao comportamento de predação nas flores para a coleta pólen determina a inviabilização da polinização dessas flores .

O comportamento de abelhas do gênero Melipona preda os estames das flores onde coleta pólen é citado ocorrendo também em espécies de plantas da família Melastomataceae (Laroca , 1972) .

Abelhas Apis mellifera (Apidae) foram observadas nas flores de S. alata , visitando as brácteas inferiores das flores, também junto às pétalas, sem entrar no interior das corolas , deslocando-se na inflorescência até a base dos botões florais fechados .

Abelhas Tetragonisca angustula (Apidae) foram observadas visitando várias flores na mesma inflorescência de S. alata . Essa espécie permanecia principalmente na parte interna da pétala inferior das flores , aparentando estar recolhendo pólen aí caído . Exemplares coletados dessa espécie apresentavam pequena quantidade de pólen nas corbículas nas patas posteriores .

8. Frutificação e Dispersão em Senna alata .

A espécie S. alata possui fruto seco do tipo legume , reto, peciolado , de até 9 cm de comprimento , com expansões laterais com formato de alas ao longo de ambas as valvas , de deiscência longitudinal . Os frutos quando maduros podem conter até mais de 30 sementes desenvolvidas e viáveis . Sementes cordiformes de cerca de 0,5 cm , de cor variando desde verde-oliváceo nas sementes novas em desenvolvimento até marrom ou paleácea nas sementes maduras .

Na maturação dos frutos em S. alata foi observado que as sementes são dispersadas de forma espontânea , sendo distribuídas por gravidade no solo próximas à planta de origem .

Com base nos aspectos da frutificação e germinação observados pode-se caracterizar S. alata por produzir muitos frutos e sementes . O período de frutificação ocorre entre os meses de junho e setembro para os exemplares de S. alata que florescem próximo ao inverno . Nas plantas que florescem no verão a frutificação ocorre entre os meses de janeiro e maio , com uma duração de cerca de 150 dias .

Os frutos formados à partir da floração no período do verão amadurecem de forma mais rápida do que os frutos resultante da floração nas plantas que florescem no período do inverno . Nas plantas em frutificação à partir do mês de janeiro observa-se os primeiros frutos maduros à partir do mês de fevereiro .

Na primeira metade do mês de setembro os frutos de S. alata produzidos na floração do inverno encontram-se secos e

deiscentes, portando muitas sementes . Nesse período do ano registra-se o fim da estação climática mais seca , ocorrendo as primeiras chuvas na transição para o período da primavera-verão . Com essas chuvas os frutos deiscentes de S. alata sofrem grande embebição e ficam amolecidos e pendentes , devido à isso as sementes são completamente umidecidas e sofrem total dispersão desprendendo-se por gravidade dos frutos pendentes .

Logo após essas primeiras chuvas , em outubro , os frutos se desintegram completamente encerrando o período de frutificação nesse grupo de plantas .

Nas plantas de S. alata cultivadas experimentalmente que floresceram no período do inverno a frutificação teve início no mês de junho e apresentou o maior número de frutos maduros por volta do mês de setembro . Nessas plantas o período de rebrota segue-se ao fim da frutificação , havendo o desenvolvimento de folhas novas nessas plantas à partir de novembro .

8.1. Características das Sementes de Senna alata .

As sementes de S. alata tem cerca de 3 à 5 mm , são de coloração verde quando novas passando à cor marrom escuras quando maduras e tem formato cordiforme . Essas sementes caracterizam-se por apresentarem dormência e longevidade por período superior à um ano . Foi constatado a existência de quebra de dormência pela escarificação das sementes de S. alata .

As sementes de S. alata mostraram-se dotadas da característica de flutuarem sobre água quando sementes maduras

foram depositadas em água para observação de sua flutuabilidade .

Foi observado a predação das sementes de S. alata por pequenos besouros brocadores espécies da família Bruchidae e por hemípteros sugadores do gênero Megalotomus (Coriscidae) .

8.2. Dispersão e Germinação das Sementes em Senna alata .

Após a deiscência dos frutos as sementes de S. alata permanecem retidas porem livres nos frutos maduros e secos . Os frutos após a deiscência , devido a sua rigidez e disposição perpendicular aos ramos das plantas garantem a permanência prolongada das sementes maduras retidas nas plantas . Essas sementes são liberadas e caem ao solo bem próximas à planta de sua origem .

A espécie S. alata caracterizou-se por apresentar desenvolvimento de indivíduos jovens tanto em locais de solo inundado como também em solo seco .

Foi observado a germinação de grande número de plantas jovens de S. alata dispersadas próximas à plantas adultas . Foi maior a frequência de observação de plantas jovens nos locais de solo drenado e pedregosos .

Nos exemplares de S. alata localizados em solo inundado , como foi observado junto à rios e em áreas de brejo , essas sementes podem ser arrastadas e dispersadas à maiores distâncias por transporte na água .

O grupo de plantas de S. alata da população inundada da Faz. Sta. Eliza (IAC , em Campinas-SP) apresentou aumento do número

de exemplares e expansão na área ocupada por estas plantas ao longo do riacho à partir do brejo onde inicialmente essas plantas foram encontradas.

As sementes de S. alata também são carregadas à distância transportadas pela água das enxurradas durante os períodos chuvosos. Nessa situação a dispersão de S. alata pela água foi observada como fator que permite a essa espécie a distribuição de sementes à longas distâncias e a ocupação de locais distantes da população de origem.

Durante nossas observações a espécie S. alata mostrou-se suscetível à sofrer predação intensa nas fases de germinação e no desenvolvimento de plântulas causado por herbívoros particularmente por formigas cortadeiras e por formas imaturas de dípteros sobre plântulas.

IV. DISCUSSÃO .

Frankie (1975) propõe a abordagem comparada do padrão reprodutivo da floração e o comportamento das espécies polinizadoras para o estudo da evolução da polinização nas comunidades tropicais . Nessas comunidades muitas espécies vegetais na reprodução apresentam floração prolongada , com produção diária de poucas flores . Esse padrão fenológico esta relacionado com a constância das visitas de espécies polinizadoras , em abelhas em particular , que retornam diariamente para forragear em um mesmo grupo de plantas hospedeiras em floração .

As variações reprodutivas intraespecíficas representam modificações adaptativas que permite a comparação da ecologia entre comunidades adjacentes e comunidades isoladas (Frankie, op cit.:203-205) .

A forma de interação entre as espécies em floração e a forma de forrageamento (traplining) desses polinizadores é fator incrementador da fecundação cruzada em espécies das comunidades de florestas tropicais (Frankie, 1975:203) .

Frankie (op cit) cita ainda a variação intraespecífica do padrão de antêse floral em espécies do gênero Oenothera relacionado à modificação no padrão de polinização e das espécies polinizadoras associadas às populações dessas espécies . Para esse autor a variação sazonal na floração entre populações de uma mesma espécie representa aspectos de diferenças ecotípicas que regulam a ecologia da polinização intraespecífica nessas espécies

de Oenothera (Linsley et al, 1964 e Gregory, 1963-64 cit. in : Frankie, 1975:204) .

Frankie (1975) considera que as espécies vegetais com padrão de floração não sazonal , como por exemplo em espécies com floração bianual , ou mais espaçada , podem ter vantagem nessa estratégia reprodutiva por reduzirem a intensidade da predação de suas sementes devido à menor previsibilidade da disponibilidade desse recurso .

A predação é apontado como um dos principais fatores determinadores da seleção nas comunidades vegetais tropicais (Janzen , 1971) .

A redução da predação das sementes através da não sincronização nos períodos de reprodução mesmo entre populações de uma mesma espécie vegetal pode ser um fator que favorece o padrão de fenologia reprodutiva observado em S. alata com períodos distintos de floração e de frutificação em suas populações .

1. Fenologia .

As espécies do gênero Senna , assim como também foi observado nas espécies dos gêneros Cassia e Chamaecrista , tendem a apresentar sazonalidade reprodutiva com sincronização da floração entre plantas da mesma espécie e apesar da possibilidade de transferência de pólen entre espécies distintas não foi observado evidência de haver hibridização nesse grupo de plantas. Foi observado não haver desenvolvimento de frutos em S.

reticulata quando plantas dessa espécie foram polinizadas com pólen de S. alata .

Na região de Campinas (SP) onde se estudou a reprodução em S. alata a temperatura média mensal variou entre 10,4°C em junho e 32,6°C em fevereiro . A precipitação anual de chuvas variou entre cerca de 960 mm no ano de 1985 e 2115 mm em 1983 , aspectos climáticos que caracterizam essa região por estar submetida à sazonalidade climática .

Em relação à temperatura observou-se que a mesma tende a elevar-se a partir dos meses de setembro e outubro , mantendo-se elevada até por volta dos meses de março à abril . O período sujeito às temperaturas mais baixas ocorreu compreendido entre os meses de maio à setembro .

O período climático mais frio e seco com menor frequência de chuvas correspondeu aos meses de abril (em 1982 , 1985 e 1986) , maio (em 1984) , junho e julho (em 1983) até agosto (em 1984) , setembro e outubro (em 1982) .

Entre as espécies cuja fenologia foi descrita , 12 espécies floresceram entre os meses de outubro e maio (no verão) , esse grupo foi constituído por duas espécies arbustivas , S. alata e S. cernua , três espécies herbáceas , S. flexuosa , Chamaecrista patellaria e C. rotundifolia e por 7 espécies arbóreas , S. excelsa , S. macranthera , S. multijuga , S. siamea , Cassia fistula , C. javanica e C. leptophylla .

Foi observado a presença de 2 espécies arbóreas que floresceram entre abril e agosto, S. bicapsularis e S. reticulata, espécies em reprodução no período climático do inverno. A espécie S. reticulata é uma arbórea nativa da floresta amazônica e foi encontrada introduzida na região de Campinas, onde apresentou-se em floração no período de abril à agosto.

Nas espécies descritas ocorrendo juntamente à S. alata houve predomínio de espécies em floração no período climático de maior pluviosidade e temperaturas mais elevadas, no verão, entre os meses de setembro até março.

Os padrões de floração descritos mantiveram-se durante os três anos de acompanhamento da fenologia dessas espécies, no período entre os anos de 1983, 84 e 1985. Pode-se caracterizar as espécies arbóreas observadas por terem apresentado sazonalidade na reprodução com sincronização na floração entre indivíduos da mesma espécie. As espécies arbustivas e as herbáceas caracterizaram-se por apresentarem períodos mais longos de reprodução, havendo espécies com sucessivas florações em vários meses do ano, como foi observado em: C. patellaria, C. rotundifolia, Senna cernua, Solanum lycocarpum e em S. paniculatum. A espécie C. rotundifolia apresentou floração consecutiva ao longo de todo os meses de observação.

Em S. alata não ocorre floração múltipla das mesmas plantas em um mesmo ano. A espécie S. alata foi a única espécie observada que apresentou distintos períodos de reprodução, com tendência a divergência temporal na floração, entre populações

da mesma espécie . Havendo a floração de algumas plantas (populações localizadas em ambientes de solo drenado) entre dezembro e março (no período mais quente e úmido) separada da floração de outras plantas (populações localizadas em ambientes de solo inundado: em brejos) que ocorre no período entre abril à junho .

Em alguns anos ocorreu sobreposição durante cerca de uma à duas semanas entre o final da floração das populações de S. alata de solo drenado e o início da floração das populações de solo inundado , no período entre o fim do mês de março e início de abril .

Em outros anos a variação no período de floração resultou na separação completa entre a fase de floração das plantas de S. alata que florescem entre dezembro e março e as plantas que florescem entre abril e junho .

Essas populações de S. alata estão sujeitas à redução na frequência de cruzamento devido à divergência em seus períodos de reprodução (Grant, 1981) .

2. Distribuição de S. alata .

A espécie Senna alata (L.) Rox. é uma planta de ampla distribuição . Essa espécie é citada como característica em ambientes abertos , em bancos de areia e áreas inundáveis nas margens de rios e nas várzeas na floresta amazônica . Presente na América do Sul junto aos rios nas Guianas , nas bacias dos rio Orinoco e Amazonas na Venezuela , no Brasil e na Colômbia . Eventualmente presente no norte da Argentina e no litoral sudeste do Brasil , no Paraná e Santa Catarina (Irwin & Barneby, 1982) .

No presente trabalho essa espécie foi observada ocorrendo espontaneamente em Campinas (São Paulo) e nos estados da Bahia e Mato Grosso do Sul . As populações observadas de S. alata caracterizaram-se por serem adaptadas para colonizar locais com distintas condições de disponibilidade de água e de inundação do solo , presente em ambientes de solo drenado e também em locais de solo inundado .

Os dois tipos de populações de S. alata observados em Campinas (SP) caracterizaram-se por florescerem em distintos períodos do ano , com floração entre dezembro e março e entre abril e junho .

Nas comunidades em que ocorrem em simpatria as espécies do gênero Senna partilham as mesmas espécies de abelhas polinizadoras e estão sujeitas à competição por esses polinizadores e à transferência inter-específica de pólen .

Na região de Campinas (SP) as espécies S. alata e S. reticulata apresentam-se em floração no mesmo período , entre

abril e junho, período em ambas são polinizadas pelas mesmas espécies de abelhas: Bombus morio, Centris fuscata e Eulaema nigrata.

Em Campinas (SP) foi observado a presença de abelhas Oxaea flavescens Klug. (Oxaeidae) coletando pólen pela vibração dos estames em S. reticulata, essas abelhas não foram observadas nas flores de S. alata.

As espécies S. alata e S. reticulata são descritas ocorrendo juntas nas mesmas localidades, desde a América Central, nas Guianas, nas bacias dos rios Orinoco e Amazonas. Existe grande semelhança na morfologia floral e na forma da folha dessas duas espécies.

Características vegetativas e dos frutos permitem diferenciar as espécies S. alata e S. reticulata (Irwin & Barneby, 1982). S. alata é arbustiva, com o primeiro par de folíolos inserido junto à base do pecíolo foliar, com fruto alado com expansões longitudinais laterais, sementes codirforme. Os exemplares observados de S. alata apresentavam porte variando entre 1,5 à 3 m de altura na época de reprodução.

A espécie S. reticulata é arbórea, com folíolos inseridos distantes da base do pecíolo, fruto plano e sementes planas alongadas. Os exemplares observados dessa espécie apresentavam caule com estipe, reto, encimado por copa bem ramificada, com cerca de até 10 m de altura. A espécie S. reticulata é uma espécie típica da região amazônica introduzida em Campinas (SP).

2.1. Divergência Temporal na Floração em S. alata

A divergência temporal na floração entre as populações de S. alata manteve-se independente da modificação da condição de drenagem do solo ocupado por essas plantas. A espécie S. alata quando transplantada de solo inundado para local de solo drenado não apresentou modificação em sua fenologia nem em seu desenvolvimento. Essa característica fenológica parece representar um aspecto de variação adaptativa de S. alata não sujeita à plasticidade fenológica isto é fenotípica.

Os dois tipos populacionais de S. alata podem ser tomados como ecótipos dessa espécie com diferenças adaptativas na reprodução : 1) populações de S. alata de solo drenado com floração no verão (entre dezembro e março) e 2) populações de S. alata de solo inundado com floração deslocada para o período mais frio (entre maio e junho). Essas distintas populações (ecótipos) caracterizaram-se por apresentarem adaptação para sobreviverem em solo drenado ou em solo inundado e por apresentarem períodos de floração e frutificação fenologicamente distintos.

É dado o nome de ecótipo às populações geneticamente diferenciadas de uma mesma espécie, restritas à diferentes tipos de ambientes (Ricklefs, 1973).

3. Sistema de Reprodução .

Através dos resultados obtidos no estudo do sistema de reprodução das espécies S. alata , S. excelsa , S. multijuga e S. cernua evidenciou-se que , de 4 espécies do gênero Senna , 3 espécies mostraram ser auto-compatíveis (S. alata , S. excelsa e S. cernua) e 1 espécie (S. multijuga) apresentou baixa frequência de frutificação quando auto-polinizada .

A espécie S. alata caracterizou-se por ser auto-compatível . Essa espécie apresentou frutificação resultante de auto-fecundação em plantas de ambas as populações estudadas e também frutificação resultante da fecundação cruzada de plantas da mesma população e entre populações separadas .

A taxa de frutificação espontânea em plantas de S. alata de ambientes de solo inundado foi menor do que a taxa de frutificação espontânea em plantas de solo drenado ; 6 % e 60 % respectivamente .

Os resultados dos testes de polinização permitem a comparação da frequência de frutificação obtida experimentalmente e a taxa de frutificação espontânea em S. alata .

A taxa de frutificação espontânea observada nas plantas de S. alata de locais inundados foi inferior à observada nas plantas de solo inundado transplantadas para local de solo drenado ; 6 % e 16 % respectivamente .

A taxa de frutificação observada no cruzamento entre plantas de S. alata pertencentes à tipos diferentes de populações (plantas de população inundada polinizadas com pólen de plantas de

população de solo drenado) foi inferior aos valores obtidos no cruzamento entre plantas de uma mesma população : 23 % de frutificação por cruzamento entre populações ; 56 % de frutificação por cruzamento entre plantas de locais drenados e 39 % de frutificação por cruzamento entre plantas de locais inundados .

Na espécie S. alata , devido as adaptações florais e à especialização para a polinização por abelhas vibradoras , a frutificação esta diretamente relacionada com a atividade dessas espécies polinizadoras . Em função da dependência da atividade e da frequência das abelhas polinizadoras a sazonalidade observada nas espécies polinizadoras é fator regulador da taxa de frutificação em S. alata .

A menor taxa de frutificação observada nas plantas de S. alata em floração no período mais frio , entre abril e junho pode resultar de pelo menos dois fatores relacionados à atividade dos polinizadores : 1) as condições climáticas mais instáveis nesse período do ano podem determinar a redução da atividade reprodutiva e de forrageamento das espécies polinizadoras ; 2) a menor frequência de espécies em floração nesse período pode determinar a modificação no padrão de atividade das abelhas polinizadoras e nesse caso essas podem alocar recursos energéticos em outras espécies , em preferência à S. alata .

A perda da visita de polinizadores de S. alata devido ao deslocamento da atividade destes para outras espécies pode resultar do fato das flores de S. alata não possuir nectário e ser menos atrativa quando em competição com outras espécies

fornecedoras de recurso energético néctar e pólen .

A redução da atividade de polinizadoras devido à competição entre as espécies de uma comunidade vegetal deve ser mais acentuada principalmente nos períodos de instabilidade climática e nos períodos mais frios , quando os polinizadores sofrem maiores exigências metabólicas .

A dependência que espécies sem nectário-floral tem em relação à constância da visita de espécies polinizadoras , podendo ser competitivamente sobrepujadas por espécies fornecedoras também de néctar para a atração de polinizadores , foi também descrito por Melampy et al. (1980) em espécies dos gêneros Thalictrum e Isopyrum (Ranunculaceae) .

Rathcke (1988) observou que existe limitação na produção de frutos em espécies arbustivas (Ilex opaca , Kalmia latifolia , K. angustifolia e Gaylussacia frondosa) dependentes da polinização por abelhas do gênero Bombus . Essas espécies foram observadas ocorrendo juntas in The Great Swamp , Rhode Island , apresentando sobreposição em seus períodos de floração .

Rathcke (1988) observou que 3 espécies mostraram-se dependentes da polinização obrigatória por abelhas do gênero Bombus para o estabelecimento de frutos e sementes . Essas espécies apresentaram longevidade das flores não polinizadas (com flores viáveis com 1 à 2 semanas de duração) e auto-polinização , características adaptativas que permitem a tolerância da competição por espécies polinizadoras .

Marquis (1988) observou que na espécie arbustiva Piper arieianum , presente na Costa Rica , ocorre sincronização

incompleta na reprodução entre plantas da mesma espécie . Essa espécie apresentou fases reprodutivas de sincronização na floração entre plantas em fevereiro e entre setembro e outubro , com uma outra fase mais prolongada de floração não sincronizada .

Nessa espécie (P. arieianum) os exemplares com sincronização reprodutiva e floração em fevereiro e entre setembro e outubro são responsáveis pelo maior número de inflorescências desenvolvidas e pela produção de maior número de sementes . Marquis (op cit.) observou que a reprodução no período do ano mais favorável , em fevereiro , quando há redução na precipitação das chuvas e maior atividade de polinizadores representa adaptação fenológica que permite à P. arieianum menor suscetibilidade à instabilidade e às variações nas condições climáticas presentes em outros períodos do ano naquela região .

Em S. alata a floração prolongada (com 2 períodos reprodutivos , com cerca de 90 dias de floração em distintas populações) e a auto-polinização são características reprodutivas que permitem a incrementação da fecundação nessa espécie .

3.1. A Sincronização da Floração na Reprodução de Espécies Vegetais Tropicais.

Os ciclos de desenvolvimento e de reprodução nas espécies vegetais tropicais são regulados por ritmos fisiológicos . Fatores ambientais atuam como desencadeadores desses processos biológicos nessas espécies (Baker & Baker, 1936 : in Stiles, 1978) .

Nos trópicos a dinâmica das comunidades vegetais está relacionado com a ocorrência de condições favoráveis para o crescimento vegetativo , como por exemplo no controle dos mecanismos de dormência apical regulados por estímulos do fotoperíodo (Njoku, 1958 : in Stiles, 1978) . Essas comunidades tem seu desenvolvimento regulado e limitado também pelas condições de disponibilidade hídrica .

Em florestas semidecíduas tropicais , como as das várzeas ribeirinhas , grande parte das espécies arbóreas apresentam-se com folhas novas logo após o início da estação das chuvas (Frankie et al., 1974) .

Na reprodução vegetal o processo de floração esta relacionado com processos fisiológicos e é dependente de duas etapas , a primeira dependente da recepção da luz solar e da presença de fotoperíodo apropriado , mediada pelo sistema de fitocromos e a segunda fase da floração quando há a formação dos tecidos e estruturas de reprodução até a maturação da flor (Ferri, 1986) .

A antêse das flores poderá ocorrer logo a seguir à formação dos botões florais ou ser retardada por dependência de fatores ambientais favoráveis . A ausência do estímulo ambiental adequado pode causar a inibição da reprodução em espécies vegetais (Alvim, 1960 ; Opler, Frankie & Baker, 1976) .

O retardamento na antêse das flores após a fase de desenvolvimento dos botões , às vezes até mesmo a inibição da floração , pode ser determinado pela ação de substância inibidora da reprodução presente nos tecidos das plantas (Ferri op cit.) .

Nas florestas úmidas na Costa Rica ocorrem períodos climáticos alternados de seca seguido por período de chuvas . Nesse tipo de formação florestal as chuvas e as variações de temperatura associadas com as chuvas após os períodos de seca são apontados como fatores estimuladores da floração sincronizada de muitas espécies .

Opler et al. (1976) em estudo de espécies de árvores de florestas na Costa Rica observou que em várias espécies todos os indivíduos maduros não floresceram em alguns anos . Entre as espécies de floração anual nas quais observou-se essa ausência de floração em alguns anos encontram-se : Hymenaea courbaril , Coccoloba podiformis e Cupania americana . Outras espécies apresentaram desenvolvimento dos botões florais antes do início da estação seca , após a queda das folhas e a interrupção do desenvolvimento vegetativo , como observado em : Bernardia nicaraguensis e Croton reflexifolius ; nessas espécies a floração ocorreu apenas após a metade da estação da seca .

Em algumas espécies foi observado a existência de florações múltiplas , espaçadas à intervalos de até 4 semanas . Nas florestas semidecíduas descritas ocorreu a floração de muitas espécies após as chuvas ao final da estação seca , Opler (op cit.) consideram as chuvas o fator desencadeador e sincronizador da floração das espécies das comunidades estudadas .

A análise da fenologia dessas comunidades florestais da Costa Rica forneceu evidências de que nas florestas tropicais as chuvas são fator regulador do início da floração em árvores e arbustos . Opler et al. (op cit.) consideram que o mecanismo de sincronização da floração regulado por estímulo das condições ambientais é também fator regulador da fenologia de outras espécies que se reproduzem e florescem em outros períodos do ano nessa região , como as espécies que florescem na seca .

Stiles (1978) cita em particular a influência e os efeitos resultantes das variações no regime anual das chuvas sobre a fenologia de comunidades vegetais . Esse mecanismo de regulação da fenologia de espécies vegetais nos trópicos é considerado como fator regulador do padrão fenológicos de outras comunidades .

A sincronização na floração entre indivíduos da mesma espécie é um aspecto de grande importância reprodutiva principalmente para as espécies dependentes da polinização cruzada obrigatória (Janzen , 1967 , 1971 ; Bawa , 1974) .

Bawa (1974) estudando a reprodução de espécies pertencentes à florestas localizadas em regiões a baixas altitudes em Guanacaste na Costa Rica constatou que , entre 34 espécies cujo sistema de reprodução foi pesquisado , 27 espécies

caracterizaram-se por serem auto-incompatíveis e dependentes de polinização cruzada , havendo apenas 7 espécies com autocompatibilidade reprodutiva .

Muitos padrões fenológicos observados em florestas tropicais parecem ajustados aos ciclos sazonais das condições climáticas , porem existem aspectos da dinâmica destas comunidades regulados por fatores bióticos . Tem-se evidenciado que a sincronização interespecífica na reprodução esta relacionado com a competição das plantas por seus agentes de polinização e de dispersão (Percival, 1974 ; Heithaus et al., 1975 e Waser, 1978) .

A utilização de um unico fator como estímulo para o desencadeamento da floração em uma espécie permite a seleção para períodos específicos de floração sazonal , possibilitando a divergência no período de reprodução entre as diferentes espécies vegetais em uma comunidade . A sincronização na floração permite a incrementação da associação de uma determinada espécie com seus polinizadores (Heinrich, 1975) .

A floração sequencial das espécies vegetais fecundadas pelas mesmas espécies polinizadoras em uma comunidade permite a permanência da associação entre essas espécies e a redução na competição por esses polinizadores (Baker, 1963 ; Heinrich & Raven, 1972; Heinrich, 1975 ; Frankie, 1975 ; Heithaus, 1978 ; Stiles, 1978 e Pleasants, 1980) .

A sincronização na reprodução entre indivíduos da mesma espécie permite o fornecimento dos recursos energéticos das flores e dos frutos disponíveis de forma concentrada para as espécies polinizadoras e aos dispersores dos frutos e sementes

associados a essas plantas . A disponibilidade desses recursos alimentares permite a atração das espécies dispersoras e incrementa a permanência e a especificidade na associação das plantas com os seus agentes de polinização e de dispersão das sementes (Heithaus , 1974 ; Frankie , 1975 ; Heinrich , 1975) .

3.2. Dispersão em Senna alata .

A espécie S. alata mostrou ser adaptada para dispersão passiva (gravitacional) à curta distância (dispersão leptocurtica) de suas sementes quando em ambiente de solo drenado . Essas plantas quando em ambiente inundado podem ter suas sementes transportada pela água , o que determina a dispersão à maiores distâncias dessa espécie .

Nos períodos de chuvas também pode ocorrer o transporte de sementes de S. alata arrastadas pela água de enxurradas , resultando na dispersão à distância dessas sementes mesmo quando formadas em plantas de local com solo drenado (ambiente não inundado) .

As populações de S. alata sujeitas à dispersão à longas distâncias pelo transporte de suas sementes pela água , nas enxurradas das chuvas ou em corpos de água , são submetidas ao distanciamento entre os indivíduos em uma mesma área . Nessa espécie esse tipo de dispersão possibilita a ocupação de locais distanciados da plantas de origem e a colonização de diferentes ambientes .

Na literatura S. alata é descrita como planta de matas ribeirinhas nativa da região amazônica, colonizadora em ambientes em quase toda a América do Sul, podendo apresentar variação geográfica em características vegetativas, como é descrito para a altura do caule e variação no período de reprodução (floração) entre populações de localidades em diferentes latitudes (Irwin & Barneby, 1982).

A espécie S. alata por apresentar ampla distribuição caracteriza-se como espécie adaptada para colonização de ampla gama de ambientes em distintas latitudes. As populações estudadas de S. alata caracterizaram-se por ocupar diferentes tipos de ambientes, o que Grant (1981) descreve como uma característica própria entre diferentes raças edáficas vegetais as quais constituem ecótipos de uma espécie.

Em S. alata foi observado divergência temporal na reprodução (floração) entre plantas que pertencem à diferentes populações.

A divergência reprodutiva temporal observado nas populações de S. alata pode ser resultado de variação intraespecífica desta característica reprodutiva.

A sincronicidade durante a reprodução favorece a troca gênica e a integridade gênica entre as populações representantes de espécie em sua área de ocorrência (Grant, 1980). A divergência reprodutiva temporal entre populações de uma mesma espécie pode atuar como uma barreira reprodutiva entre essas populações (Grant, op cit.)

A divergência no período de floração observado em plantas de S. alata presentes em Campinas (SP) é fator que determina

defasagem na floração entre as distintas populações observadas , com a redução na frequência de cruzamento entre as populações com distintos períodos de floração .

Populações que se reproduzem em períodos alternados, excludentes ou parcialmente coincidentes estariam sujeitas à taxas de fecundação cruzada menores ou até mesmo à nenhuma troca gênica entre indivíduos de diferentes populações (Grant, 1981) . O que parece ocorrer entre as populações observadas de S. alata .

A divergência na floração de populações de S. alata é um provável fator determinante de isolamento reprodutivo temporal entre os dois tipos de populações observados dessa espécie .

Esses dois tipos de populações de S. alata podem representar variedades dessa espécie na condição de ecótipos , com diferentes adaptações reprodutivas geneticamente estabelecidas .

3.3. Variação Ecotípica em Plantas .

A variação em distintos caracteres entre indivíduos de uma espécie e entre populações de uma mesma espécie é a expressão da capacidade adaptativa das espécies em geral (Ricklefs, 1973 : 200 ; Futuyma, 1979:203-209 ; Grant, 1981 ; Parsons, 1991) .

Populações geograficamente isoladas podem apresentar características adaptativas distintas adequadas às condições de seleção predominantes em cada um dos ambientes ocupados por essa espécie .

Uma espécie vegetal que ocorre sob diferentes condições em diversos tipos de ambientes pode exibir formas variadas de

desenvolvimento . Essas diferentes variedades geográficas de uma mesma espécie são características para cada localidade de ocorrência desta espécie , havendo correspondência entre as adaptações e a forma de desenvolvimento destas variedades e as condições ambientais nas quais cada uma dessas populações tenham se desenvolvido (Ricklefs, 1973) .

Os ecótipos representam caracteres geneticamente diferenciados de populações restritas à diferentes ambientes (Ricklefs, op cit.) .

Quando exemplares de uma espécie vegetal , provenientes de ambientes diferentes , são introduzidos e se desenvolvem em um mesmo lugar , como no transplante e cultivo sob condições experimentais , observa-se que as plantas frequentemente mantem as diferenças iniciais na sua forma de desenvolvimento (Turesson, 1922 ; Clausen et al., 1948) .

No ano de 1922 o botânico suíço Gote Turesson observou e descreveu essa permanência nas diferenças entre plantas de uma mesma espécie provenientes de diferentes ambientes quando cultivadas sob as mesmas condições experimentais . Turesson (1922) realizou suas observações à partir do cultivo de várias espécies, coletando plantas de uma ampla variedade de tipos de ambientes . Esse autor propôs o conceito de ecótipo tendo dado essa denominação às formas distintas de uma mesma espécie associadas aos diferentes tipos de ambientes onde ocorre uma espécie .

Por ter cultivado e observado essas plantas sob condições ambientais experimentais idênticas Turesson (op cit) supôs que

as diferenças entre os ecótipos das espécies estudadas possuíam origem genética e que teriam surgido à partir da diferenciação na adaptação à diferentes ambientes .

Clausen et al. (1948) estudaram populações naturais de A. millefolium , espécie amplamente distribuída na Califórnia , presentes desde locais ao nível do mar , como em Stanford onde foi estabelecido uma das áreas de cultivo e observação dessa espécie , até em regiões geladas à grandes altitudes como junto à estação de cultivo experimental em Timberline à cerca de 3000 m de altitude . Esses pesquisadores procuraram determinar se essa planta diferencia-se em ecótipos nos ambientes onde ela ocorre , buscaram também observar se plantas transplantadas para ambientes diferentes daqueles de sua origem sofriam modificação posterior em seu desenvolvimento . A espécie A. millefolium caracterizou-se por apresentar ecótipos nos diversos ambientes de sua ocorrência na Califórnia .

As plantas de A. millefolium obtidas de sementes provenientes de diferentes localidades foram cultivadas experimentalmente em um mesmo local , em Stanford e apresentaram grande variação em seu desenvolvimento e porte . Essa variação no desenvolvimento mostrou-se relacionada à altitude e às condições ambientais característica da localidade de origem de cada grupo de plantas (Clausen et al., op cit.) .

A variação em determinados caracteres de uma espécie pode dever-se à diferentes fatores e mecanismos biológicos . Na espécie A. millefolium Clausen et. al. (op cit.) constataram a presença de dois tipos de variação em plantas , a variação

ecotípica geneticamente determinada e a plasticidade no desenvolvimento (fenotípica) como variação na forma de desenvolvimento em resposta à diferentes condições de crescimento.

A tolerância às condições ambientais distintas representada pela flexibilidade no desenvolvimento permite a um organismo sobreviver em um novo ambiente sob novas condições em geral adversas . A capacidade de sobreviver sob novas condições pode garantir a permanência por tempo suficiente para a adaptação ao novo ambiente (Ricklefs, 1973) .

As diferentes formas de variação em plantas , morfológicas ou fisiológicas , tal como as geneticamente determinadas nos ecótipos ou na plasticidade fenotípica , representam estratégias adaptativas diferentes podendo contudo estarem presentes ao mesmo tempo em indivíduos de uma mesma população (Futuyma, 1979: 203).

" Supondo-se que a distribuição da espécie estudada por Clausen (op cit.) , A. millefolium , não ultrapassasse a altitude de regiões intermediárias entre o nível do mar e as grandes altitudes , sementes dessas populações se transportadas para altitudes maiores poderiam desenvolver-se com facilidade em novos ambientes como em Timberline região elevada e gelada , provavelmente assumindo uma forma diferente , assim como se observou nos experimentos descritos . Se as respostas no desenvolvimento dessas plantas , como foi observado experimentalmente , permitiu que exemplares de A. millefolium das regiões mais baixas tolerassem o clima nas regiões mais elevadas uma nova população poderia sobreviver e perdurar por período que

permitisse o acúmulo de novas adaptações adequadas às condições do novo ambiente ocupado , possivelmente levando ao surgimento de uma variedade ecológicamente distinta e adaptada às condições ambientais predominantes no novo ambiente colonizado . Em A. millefolium a resposta no desenvolvimento das plantas das regiões mais baixas , transplantadas para altitudes maiores poderia eventualmente ser substituída pela evolução de adaptação para a sobrevivência no novo ambiente , com o desenvolvimento de um novo ecótipo local e a consequente perda daquela flexibilidade de desenvolvimento . Dessa forma pode-se entender a forma estável de desenvolvimento observado nas plantas de A. millefolium das populações das regiões elevadas (Clausen et al, 1948: in Ricklefs, 1973 ; 65-67) " .

A correlação entre a plasticidade no desenvolvimento e a variação ecotípica , descrita em A. millefolium , retrata o sentido pressuposto na afirmativa de que respostas não evolutivas podem preceder o surgimento de evolução de adaptações à novas condições do ambiente , propôsto por Ricklefs (1973: 65) .

Muitos organismos podem apresentar variabilidade fenotípica e genotípica em resposta à condições ambientais severas e seleção intensa (Grant, 1981 ; Parsons , 1991) .

O conceito de variação ecotípica e as características que delimitam essa categoria populacional dentro de uma espécie são abordados na discussão sobre especiação e variação vegetal por Grant (1981) .

Grant (1981) considera que as variações populacionais como as adaptações ecológicamente distintas observadas e descritas

para as populações de S. alata representam características de variedades edáficas de uma espécie.

De acordo com a conceituação proposta por Grant (op cit.) o tipo de variedade ecológica observada e descrita para a espécie S. alata enquadra-se na categoria taxonômica de raças edáficas .

Grant (1981) considera as variedades ecotípicas em espécies vegetais na discussão sobre variação intraespecífica regional . Para esse autor a diferenciação geográfica entre populações de uma mesma espécie é resultante da tendência à seleção de caracteres adaptativos distintos adequados para a sobrevivência sob as diferentes condições ambientais em que vivem cada uma dessas populações .

Parsons (1991) descreve os efeitos devidos às condições instáveis e variáveis predominantes nas áreas periféricas de distribuição sobre a capacidade de adaptação e as exigências metabólicas que limitam a distribuição das espécies em geral .

Parsons (1991) supõe que de forma genérica as populações pioneiras de uma espécie , presentes nas áreas periféricas da distribuição desta , caracterizam-se por alta frequência de variabilidade determinada pelas condições de seleção distintas ou mesmo severas .

Para S. alata o fato de suas plantas poderem ocupar tanto locais de solo inundado como também locais de solo drenado determina que esses diferentes grupos de plantas permaneçam sujeitas à diferentes condições de seleção , o que poderia ter resultado na divergência reprodutiva observada entre os períodos de floração dessa espécie .

4. Polinização por Vibração dos Estames .

Nas espécies dos gêneros Senna , Cassia e Chamaecrista presentes na área de estudo observou-se que várias espécies de abelhas representaram quase a totalidade dos visitantes nas flores sendo essas os únicos polinizadores efetivos dessas plantas . As espécies vegetais desses três gêneros devido as características morfológicas de suas flores , particularmente por não possuírem nectários florais , são fonte apenas de pólen como recurso alimentar (energético) disponível como atrativo de espécies suas polinizadoras .

Essas espécies são adaptadas para a polinização por abelhas que coletam pólen em suas flores através da vibração dos estames (Michener, 1962 ; Wille, 1963 ; Buckmann, 1974 ; Buckmann & Hurley, 1978 ; Bittencourt, 1981 e Tood, 1982) .

Essas características das flores com estames tubulares de deiscência poricida apical , sem nectário floral , são adaptações que representam especialização para a polinização por espécies de abelhas capazes de remover o pólen por vibração desse tipo de estame , principal característica morfológica observada na espécie S. alata relacionadas à ecologia da polinização dessa espécie . Nessas flores a forma alongada e o encurvamento do estilete e o heteromorfismo dos estames determinam a separação destes em duas categorias funcionais , havendo estames que cumprem a função de plataforma de pouso para a sustentação do polinizador sobre a flor (grupo de estames menores às vezes estéreis) e estames que fornecem o pólen que irá polinizar as

flores (grupo de estames maiores férteis de filete longo) .

A presença de flores com estames tubulares de deiscência poricida , adaptadas para a polinização por vibração por abelhas foi observada em espécies dos gêneros Richantera (Melastomataceae) e em Solanum (S. aculeatissimo e S. lycocarpum, Solanaceae) . Espécies das famílias Melastomataceae e Solanaceae também apresentam adaptações na morfologia floral que representam especialização para a polinização por abelhas que coletam pólen pela vibração dos estames em flores com antera poricida (Laroca, 1972 ; Tood , 1982) .

4.1. Polinização e Fluxo Gênico .

A dispersão é a forma como os indivíduos se distribuem distânciando-se do ponto de sua origem , nas espécies vegetais a dispersão é a forma de distribuição espacial dos propágulos (sementes e o pólen) produzidos por uma planta .

As sementes de uma espécie podem ser distribuídas no solo próximas às plantas de sua origem (dispersão curta) ou serem transportadas à distância com o estabelecimento de plantas novas distantes da sua origem (Ricklefs , 1973) .

Na polinização o pólen pode ser disperso passivamente nas espécies anemocóricas ou ser transportado por espécies polinizadoras (Faegri & Pijl, 1971) .

A forma de dispersão do pólen juntamente ao tipo de sistema de reprodução regulam o fluxo gênico e as possibilidades de trocas gênicas nas populações das diferentes espécies de uma

comunidade (Grant, 1980 , 1981) .

O pólen do algodão (Gossypium spp.) foi marcado e sua distribuição foi analisada após dispersão por abelhas polinizadoras (Stephens & Finker, 1953 cit in: Grant, 1981 : 19). Foi encontrado vestígios do pólen marcado até à distâncias de cerca de 2000 m do ponto de origem . A distribuição do pólen marcado de algodão apresentou redução uniforme à partir do ponto inicial onde as plantas foram visitadas pelas abelhas polinizadoras . Esse padrão de redução linear na concentração do pólen disperso foi tomado como evidência de haver correspondência da atividade das abelhas entre plantas vizinhas próximas com o padrão de dispersão de pólen concentrado dentro de uma área limitada próximo às plantas de origem . Esse padrão de dispersão à pequenas distâncias , próximo à planta de origem , é denominado dispersão leptocurta (Grant, 1981) .

Na dispersão uma alta porcentagem das unidades de dispersão (pólen ou sementes) são distribuídas perto da planta de origem . Quando essa distribuição é quantificada tomando-se uma curva das distâncias de dispersão observa-se que a presença dos propágulos, tomada como a frequência de dispersão em razão da distância da planta de origem , diminui rapidamente para as unidades de dispersão distanciadas além de 6 à 9 m do ponto de sua origem (Colwell, 1951 , cit in : Grant, 1981:19) .

A proximidade espacial entre plantas de mesma origem determina a tendência à predominância da polinização cruzada entre indivíduos geneticamente aparentados , resultando assim alta frequência de endocruzamento nas populações de espécies com

dispersão leptocurta (Grant , op cit.) .

Bradner (et al.,1965) observaram que é intenso o fluxo gênico na espécie Medicago sativa devido a polinização cruzada entre populações isoladas distanciadas cerca de 50 m . Essa espécie é polinizada por abelhas dos gêneros Bombus e Bembix .

Para a espécie M. sativa o fluxo gênico persiste à baixa frequência entre populações isoladas por distâncias entre 800 a 1600 m , havendo redução na taxa de polinização cruzada em função da distância entre os grupos de plantas dessa espécie . Foi observado que o fluxo gênico em M. sativa tende a ser nulo entre populações distanciadas além de 1200 m (Bradner, Frakes & Stephen, 1965 , cit in: Grant 1981, 21-22) .

Abelhas euglossines (tribo Euglossiini, Apidae) representadas por espécies dos gêneros Euplusia , Eulaema e Euglossa são citadas por sua grande capacidade de vôo , atuando como polinizadores de espécies em florestas tropicais cujos exemplares encontram-se distribuídos em populações de baixa densidade e muito distanciados (Janzen, 1971) . Essas abelhas foram observadas voando por distância superior a 3 Km , sendo que algumas espécies mostraram-se capazes de transpor em vôo distâncias superiores a 10 km .

Foi registrado a ocorrência de exemplares de abelhas voando por até 30 km de distância em áreas de florestas na América Central . Abelhas dos gêneros Bombus e Xylocopa são também citadas como espécies polinizadoras com capacidade de vôo e polinização à longas distâncias em comunidades de florestas tropicais (Janzen, 1971) .

Para a espécie S. alata a reprodução alogâmica (fecundação cruzada) é dependente da sincronização da floração e da presença de espécies polinizadoras que forrageiam à longas distâncias buscando pólen entre plantas distânciadas (Heinrich & Raven 1972; Heinrich, 1975 ; Janzen , 1967 e 1971) .

Foi observado que os indivíduos de S. alata em reprodução recebem a visita de duas categorias de polinizadores . Um grupo de polinizadores constituído por espécies de abelhas que realizam coleta de pólen através de várias visitas rápidas em plantas agrupadas e entre plantas separadas e distânciadas (trapling) , neste primeiro grupo de polinizadores incluem-se as espécies : Bombus morio , Eulaema nigrita e Xylocopa frontalis . Essas espécies são representadas por abelhas grandes , citadas como capazes de vôo e forrageamento por longas distâncias (Janzen, 1971) .

Pela observação da atividade de vôo , do comportamento de forrageamento e pela distância entre as áreas de localização de ninhos e as plantas visitadas por abelhas dos gêneros Bombus (B. morio) , Epicharis (E. cockerelli e E. rustica) , Eulaema nigrita e Xylocopa (X. frontalis) , na região de Campinas (SP) , estas abelhas mostraram-se adaptadas para voar à longas distâncias podendo forragear e atuar como agentes de polinização cruzada nas flores de plantas distânciadas dentro de uma raio mínimo de cerca de 1 à 2 Km ao redor de seus ninhos .

Através de experimento utilizando da marcação e recaptura junto aos ninhos de abelhas do gênero Bombus (B. morio) em Campinas (SP) soltas à distâncias pré-determinadas , pode-se

observar que essas abelhas possuem capacidade mínima de voo e de forrageamento de cerca de 1300 m de distância à partir do ninho .

As espécies polinizadoras com amplo raio de forrageamento , como algumas espécies de abelhas polinizadoras de S. alata por exemplo , são importantes agentes de fecundação cruzada entre plantas distânciadas , podendo até mesmo serem polinizadores obrigatórios de várias espécies auto-incompatíveis (Janzen, 1971) .

No presente trabalho as espécies dos gêneros Bombus , Epicharis , Eulaema e Xylocopa caracterizaram-se como polinizadoras de S. alata com grande capacidade de voo e por seu hábito de forrageamento entre várias plantas dessa espécie , sendo por isso agentes incrementadoras da fecundação cruzada entre plantas dessa espécie pertencentes à diferentes populações distânciadas .

Essa categoria de polinizadores ao buscar o pólen disponível entre plantas de S. alata distânciadas incrementam a taxa de fecundação cruzada nessa espécie . As espécies polinizadoras de S. alata com atividade de forrageamento nas flores entre plantas distânciadas , também entre populações separadas, caracterizam-se como determinadoras de heterogeneidade genica entre as populações devido a maiores taxas de alogamia no cruzamento desta espécie (Grant, 1981) .

O segundo tipo de polinizadores observados em S. alata é constituído por espécies do gênero Centris : C. fuscata e C. tarsata , essas espécies caracterizaram-se por apresentarem forrageamento concentrado em plantas agrupadas ou mesmo em uma

única planta .

A espécie S. alata é sujeita a endogamia dependente do comportamento das espécies polinizadoras presentes nos locais de sua ocorrência .

As espécies de abelhas que apresentam forrageamento concentrado dentro de um grupo de plantas caracterizam-se como polinizadores causadores de maiores taxas de endogamia na espécie vegetal sua hospedeira , como por foi observado na polinização de S. alata por espécies do gênero Centris (C. fuscata e C. tarsata) .

As abelhas desse segundo grupo de polinizadores apresentaram o hábito de permanecerem sobrevoando junto às plantas hospedeiras perseguindo outras espécies de abelhas que buscavam se aproximar das flores nestas plantas .

O comportamento de espécies polinizadoras permanecerem forrageando de forma restrita junto à um unico grupo de plantas representa fator determinante de maior taxa de cruzamento entre plantas próximas (endogamia na espécie hospedeira) , possivelmente também determinando alta frequência de autofecundação nessas plantas (Grant , 1980 , 1981) .

A forma de forrageamento dessas espécies polinizadoras foi considerada como fator que determina a incrementação na frequência de autogamia em S. alata , resultante da auto-polinização por essas abelhas .

Em S. alata as abelhas polinizadoras do gênero Centris observadas (C. fuscata e C. tarsata) caracterizaram-se por concentrarem a atividade de forrageamento sobre plantas próximas

onde os recursos energéticos disponíveis nas flores encontram-se concentrados . Essas abelhas foram observadas mantendo-se em vôo junto às plantas hospedeiras fornecedoras de pólen durante os intervalos nas visitas de forrageamento nessas plantas .

Essas abelhas caracterizaram-se também por estabelecerem defesa territorial sobre as plantas de S. alata onde coletam pólen para a alimentação das crias . Durante a presença de C. fuscata e de C. tarsata junto às plantas em floração ocorre o confronto e perseguição entre abelhas presentes em uma mesma planta .

Essa disputa junto às plantas hospedeiras pode se dar entre abelhas da mesma espécie , sendo mais demorados e frequentes os encontros entre abelhas de espécies distintas . Abelhas do gênero Centris (C. fuscata , C. tarsata e também C. similis) foram observadas deslocando outras abelhas do mesmo gênero .

Foi observado também espécies de Centris em confrônto deslocando abelhas dos gêneros Epicharis (E. rustica) , Eulaema (E. nigrita) , Oxea (O. flavescens) e abelhas pequenas dos gêneros Exomalopsis , Augochlora , Augochloropsis e Pseudaugochloropsis .

Nas observações das espécies polinizadoras de S. alata , e em outras espécies dos gêneros Senna e Cassia , pude constatar que abelhas dos gêneros Bombus , Eulaema e Xylocopa raramente foram vistas em disputa por uma mesma flor , podendo ocasionalmente haver confrônto e deslocamento entre abelhas da mesma espécie desses gêneros quando duas abelhas buscam uma mesma flor .

Espécies de abelhas dos gêneros Epicharis , Eulaema , Centris e Xylocopa foram observadas coletando pólen e polinizando espécies do gênero Senna (em S. alata , S. bicapsularis , S. excelsa , S. macranthera e em S. multijuga) e do gênero Cassia (C. javanica) também na floresta amazônica no Acre e no Pará .

4.2. Atividade das Espécies Polinizadoras .

Na região de Campinas (SP) , apesar da temperatura baixa e instável no período climático mais frio (no inverno) , pode-se observar algumas espécies vegetais em floração entre os meses de maio à setembro , umas mais conspícuas outras de aspecto discreto devido à forma de ocorrência de exemplares representantes dessas espécies , como observado em S. alata e nas espécies : S. reticulata , S. bicapsularis , C. rotundifolia , Tabebuia chrysotricha , T. ipe , Solanum lycocarpum e S. paniculatum .

De acordo com as observações junto às espécies em floração constatou-se que a atividade das abelhas e de espécie de insetos em geral é bastante reduzida no período climático mais frio . A dependência de condições climáticas favoráveis para a atividade de voo e forrageamento das abelhas é mostrado no padrão observado de atividade dessas espécies (Tab.13) .

Comparando-se os dados sobre as características climáticas (fig. 1 e 2) da região de estudo e o padrão de atividade das espécies de abelhas (Tab. 13) observa-se maior atividade de abelhas entre os meses de agosto à dezembro no período mais quente do ano . Nesse período registra-se a elevação da

temperatura ambiente , precedendo o início do período de chuvas intensas registradas à partir do mês de outubro e dezembro .

Algumas espécies de abelhas foram observadas presentes em vários meses do ano , esse comportamento de atividade prolongada foi observada em B. morio , E. nigrita e X. frontalis entre os polinizadores de S. alata e também nas espécies Exomalopsis fulvofasciata , Oxea flavescens e em abelhas do gênero Ceratina .

Outras espécies de abelhas estiveram ausentes em vários meses de floração das espécies observadas , como foi observado para : C. similis , C. bicolor , C. tarsata , E. rustica e P. graminea entre os polinizadores de S. alata .

Foi registrado sazonalidade na ocorrência também em espécies dos gêneros Anthidium , Augochlora e Megachile .

Várias espécies de abelhas coletadas tiveram sua presença assinalada pela ocorrência de apenas um ou dois exemplares , como Acamptopoeum prinii (Andrenidae) , Centris collaris e Thygater analis (Anthophoridae) .

Foi registrado a redução na frequência de espécies de abelhas em atividade à partir do mês de janeiro .

A redução da atividade de espécies de abelhas à partir do mês de janeiro foi considerado como resultante da ocorrência de chuvas intensas e prolongadas , presentes já desde o mês de outubro , que ocorrem durante a estação quente em Campinas (SP) .

A atividade das espécies de abelhas é favorecida pelas condições climáticas no período mais quente devido à presença de maior número de espécies em floração e da disponibilidade dos recursos alimentares nas flores dessas plantas . Nesse período a

temperatura ambiente é mais elevada e estável aspecto que favorece a atividade de todas as espécies em geral . Porem nesse mesmo período a atividade das espécies polinizadoras é desfavorecida nos dias chuvosos , havendo redução do número de espécies de abelhas em atividade à partir de janeiro , período em que a temperatura ambiente mantém-se relativamente estável e elevada .

Foi observado que em Campinas (SP) ocorre declínio acentuado da temperatura à partir do mês de abril , com o período frio prolongando-se até os meses de setembro e outubro . Neste período foi registrado temperaturas mínimas inferiores à 18°C . Os meses de julho e junho representam o período mais frio dessa região , tendo-se registrado temperatura de cerca de 10° C nesse período .

As espécies polinizadoras de S. alata apresentaram diferença em sua ocorrência nos dois distintos períodos de floração observados nessa espécie . As espécies C. tarsata , C. similis , E. rustica e P. graminea foram observadas atuando como polinizadoras em S. alata apenas junto às plantas em floração no período entre os meses de dezembro à março , no período climático mais quente . Essas espécies não foram observados em atividade no período de floração dessa espécie entre os meses de abril à junho no período mais frio do ano .

No período de floração de S. alata nos meses mais frios e secos , entre abril e junho , foi registrado a presença das espécies polinizadoras : B. morio , C. fuscata , E. nigrita e X. frontalis . Essas espécies foram observadas como polinizadoras presentes também no período de floração entre dezembro e março .

As espécies polinizadoras de S. alata mais frequentes observadas foram Bombus morio , Pseudaugochloropsis graminea e Xylocopa frontalis .

A sazonalidade na ocorrência das espécies polinizadoras representa diferença no padrão de atividade dessas espécies considerada resultante das características do ciclo de vida de cada uma dessas espécies .

4.3. Comportamento das Espécies Polinizadoras e as Condições Climáticas .

As espécies polinizadoras de plantas fornecedoras exclusivamente de pólen , como são exemplos : B. morio , C. fuscata , C. bicolor , C. similis , C. tarsata , E. nigrita , P. graminea e X. frontalis polinizadores de S. alata , caracterizam-se por serem adaptadas para remover o pólen destas flores pela vibração das anteras . As adaptações morfológicas presentes nas flores de S. alata é uma característica floral dessa espécie que restringe o acesso aos recursos energéticos dessas flores (o pólen) apenas à essa categoria de espécies polinizadoras (Bittencourt, 1981 ; Buckmann, 1974 , 1979 ; Buckmann & Hurley, 1978 ; Laroca , 1972 ; Michener , 1962 ; Wille , 1963) .

A disponibilidade de espécies fornecedoras de pólen representa condição necessária para a reprodução dessas abelhas , sendo essencial para a sobrevivência e desenvolvimento das formas larval jovens (Stephen et al., 1969) .

A disponibilidade de alimento é essencial para o sucesso reprodutivo das espécies, a reprodução e o sucesso reprodutivo das espécies polinizadoras é regulada pelo padrão de fenologia reprodutiva das espécies hospedeiras.

A disponibilidade e forma de ocorrência de recursos energéticos florais (néctar, pólen e compostos secundários) irá determinar a forma de forrageamento das espécies associadas a estas plantas e a atividade dessas espécies como polinizadores (Heinrich, 1975).

A área de forrageamento para sobrevivência e provisão das espécies polinizadoras é determinada pela forma de ocorrência dos recursos florais, estando relacionado à fenologia das espécies vegetais hospedeiras e dependente da permanência dessa fonte de alimento em uma comunidade.

Em relação ao balanço custo / benefício para as espécies de abelhas polinizadoras o forrageamento na procura do pólen representa exigência energética distinta das necessidades relativas ao forrageamento por néctar, correspondendo à seleção de adaptações apropriadas para esses dois distintos comportamentos nas abelhas (Heinrich & Raven, 1972; Heinrich, 1975).

As espécies de abelhas polinizadoras tem o crescimento de suas populações dependente da capacidade de colonização e crescimento das populações das espécies vegetais suas hospedeiras. Apenas a disponibilidade do néctar, que é o alimento para os indivíduos adultos, permite a permanência de certas espécies de abelhas polinizadoras em uma área.

A presença de espécies fornecedoras de pólen é fator que favorece a reprodução nas abelhas, nessas espécies os indivíduos jovens (na fase de larva) tem dieta formada à partir do pólen carregado pelas abelhas fêmeas adultas para dentro dos ninhos.

Para uma espécie de abelha em reprodução nidificando em um determinado local a disponibilidade de espécies em floração dentro de uma área coberta pelo raio de atividade e de forrageamento desta espécie de abelha possibilita a procura e coleta de recursos de outras espécies também em áreas mais distantes, ampliando a área de forrageamento inicial. A ampliação da área de forrageamento representará a possibilidade de alocar maior quantidade do recurso pólen o qual condiciona o desenvolvimento de sua prole e também o tamanho desta, possibilitando a produção de prole maior e mais numerosa.

A disponibilidade de flores concentradas dentro de uma pequena área representa para as espécies de abelhas a possibilidade de, garantido essa fração de recursos energéticos, estender o forrageamento para áreas mais distantes possibilitando a busca de recursos complementar à mais para sua sobrevivência e para a alimentação de suas crias (Heinrich & Raven, 1972).

As espécies de abelhas presentes em uma região poderão apresentar flutuação numérica em suas populações, podendo ocorrer a ausência temporária de algumas espécies em resposta da variação sazonal das condições climáticas e em função da presença de espécies vegetais em floração fornecedoras de seu alimento.

As espécies polinizadoras de S. alata mostraram diferença no período de atividade durante a floração dessa espécie . As espécies C. bicolor , C. similis , C. tarsata e P. graminea foram espécies polinizadoras presentes apenas na floração dessa espécie no período mais quente , entre os meses de novembro à março . As espécies B. morio , C. fuscata , E. nigrata e X. frontalis foram polinizadores observados em ambos os períodos de floração de S. alata presentes nos períodos entre dezembro à março e entre abril e junho .

As diferenças nos períodos de atividade entre as espécies polinizadoras resulta das diferenças no ciclo de vida , no período de atividade de forrageamento e de nidificação que caracterizam cada uma das espécies de abelhas descritas .

As espécies de abelhas polinizadoras de S. alata observadas podem ser separadas em dois grupos segundo às suas diferentes formas de vida , havendo um grupo constituído pelas espécies solitárias dos gêneros Centris , Epicharis , Eulaema e Pseudaugochloropsis nas quais não há colaboração ou divisão das tarefas relacionadas à alimentação e nidificação e as espécies sociais dos gêneros Bombus e Xylocopa cujos indivíduos vivem em grupos parentais com divisão das funções de nidificação, reprodução , alimentação e defesa da colônia e do ninhos (Stephen et al., 1969 ; Michener, 1974) .

A ausência das espécies polinizadoras C. fuscata e C. tarsata no período de florção de S. alata entre abril e junho pode ser resultado de sazonalidade na reprodução destas abelhas de hábito de vida solitárias , em geral de ciclo de vida curto,

condicionado pela maior disponibilidade de espécies em floração no período entre dezembro à março .

Nas espécies de abelhas sociais após a fundação de um ninho, o qual será ocupado por uma colônia de indivíduos aparentados , as funções de reprodução e cuidado da colônia são divididas entre as diferentes castas sociais nas quais ambos os sexos estão presentes . Em geral haverá uma abelha fêmea fértil denominada rainha geradora de todas as abelhas novas , machos e fêmeas . A colônia será composta ainda por indivíduos machos com função exclusiva de reprodução , que mesmo nas espécies sociais podem ser de vida livre e abelhas fêmeas não fecundadas encarregadas das tarefas de construção , cuidado e defesa da colônia e da alimentação das crias (formas imaturas e indivíduos juvenis) .

Nas espécies sociais de abelhas os indivíduos de ambos os sexos permanecem por período variável abrigados no interior da colônia. Nos períodos climáticos desfavoráveis os indivíduos adultos de espécies solitárias podem também se refugiar no interior do ninho (Stephen et al., 1969 ; Free, 1980) .

Nas espécies de abelhas solitárias as fêmeas provisionam as células dos ninhos com alimento e após a oviposição abandonam essas células de procriação . Nessas espécies , na fase adulta ambos os sexos caracterizam-se por serem de vida livre e a presença destes indivíduos é regulada pela longevidade das formas adultas , pelas características ambientais predominantes e pela disponibilidade de recursos energéticos disponível nas espécies em floração (Stephen et al., 1969) .

Para ambos os tipos de espécies de abelhas, nas solitárias e nas sociais, a formação de novas gerações e o crescimento de suas populações é condicionado pela disponibilidade de recursos alimentares apropriados, representados pela presença de plantas em floração. A dinâmica das populações de abelhas é também regulada pela disponibilidade de locais e substrato apropriado para a nidificação e pelas condições climáticas apropriadas (Stephen et al., op cit.).

Heithaus (1979) aponta a competição por recursos alimentares das flores como possível principal fator de seleção que determina a diversidade e a estrutura de comunidades de abelhas nas regiões tropicais.

Para as espécies de abelhas que se alimentam nas flores e cuja reprodução depende dessa fonte alimentar, nos períodos de escassez ou ausência dos recursos energéticos disponíveis nas espécies em floração a reprodução pode ser interrompida e ocorrer deslocada para outro período mais favorável.

Para as abelhas indivíduos adultos a sobrevivência e possibilidade de permanência em uma área depende principalmente da disponibilidade de fontes de alimento adicionais permanentes encontradas apenas nas espécies vegetais em floração.

A atividade desses indivíduos poderá ser interrompida devido a condições climáticas acentuadamente desfavoráveis, devido a fortes ventos, chuvas muito fortes ou constantes, temperaturas muito baixas, ou devido a alterações bruscas na cobertura vegetal na área de sua ocorrência. Nestas condições adversas as espécies polinizadoras como por exemplo as abelhas podem ser

forçadas à migração ou à entrar em estado de dormência abrigadas no interior de seus ninhos .

Para muitas espécies de abelhas nos períodos climáticos desfavoráveis e de escassez de fontes de alimento muitos indivíduos adultos terão de migrar ou morrerão , permanecendo apenas as suas crias que tiverem sido suficientemente alimentadas e protegidas de forma a suportarem abrigadas dentro dos ninhos até o fim desta estação , quando então emergirão na forma adulta de uma nova geração (Stephen et al., op cit.) .

A migração de espécies de abelhas através do deslocamento de grupos parentais (enxames colonizadores, nas espécies sociais) ou de indivíduos solitários (nas espécies solitárias) para áreas com características mais favoráveis , que apresentem espécies em floração e condições climáticas favoráveis , permite a sobrevivência dessas espécies .

A presença de populações de S. alata amplamente distribuídas e a característica dessa espécie apresentar floração em dois períodos do ano representa um importante elemento de constância da disponibilidade das flores dessa espécie , considerado como fator incrementador da associação desta com seus polinizadores .

5. Dispersão de Sementes e Colonização de Ambientes .

5.1. Germinação .

Algumas características reprodutivas observadas e descritas no estudo de S. alata representam aspectos comuns a todas as espécies desse gênero observadas nesse trabalho . As espécies dos gêneros Senna , Cassia e Chamaecrista apresentam produção de grande número de frutos maduros bem desenvolvidos e de sementes viáveis .

As espécies desses gêneros podem ser caracterizadas pelo formato e tamanho de suas sementes , assim como também em relação às características dos frutos . Havendo desde espécies herbáceas com sementes pequenas , com tamanho entre 1 à 2 mm e cilíndricas como em Chamaecrista rotundifolia e em C. flexuosa . Outras espécies com sementes maiores arredondadas como em S. siamea ou com sementes ovaladas ou elípticas alongada como em S. cernua , S. multijuga e em S. reticulata . Algumas espécies com sementes com aspecto de disco como em Cassia fistula e em S. leptophylla.

Essas sementes em geral apresentam na deiscência dos frutos testa lisa ou pouco ornamentada e rígida . As sementes dessas espécies apresentam longevidade e dormência . Essas sementes devido a sua abundância , dormência e longevidade constituem um banco genético natural permanente dessas espécies quando depositadas no solo .

Foi observado desenvolvimento de plantas novas de S. alata em condições variáveis e mesmo adversas , desde em local pouco

sombreado até sob insolação permanente e tanto em terrenos acidentados , arenosos ou pedregosos , drenados ou em locais inundados.

Foi constatado a existência de dormência e quebra da dormência por escarificação nas sementes de S. alata . Nessa espécie a germinação é dependente da quebra da dormência das sementes e dependente de condições ambientais apropriadas .

Em condições de dispersão de S. alata em solo drenado a quebra da dormência das sementes pode ocorrer devido ao arraste e contato destas com as partículas do solo . Em locais pedregosos as sementes ficam retidas nos espaços livres e também estão sujeitas à processo de desgaste e escarificação natural . Nos locais inundados as sementes de S. alata estão sujeitas à esses mesmos processos de quebra de dormência , em geral submersas .

Após a quebra da dormência as sementes de S. alata irão germinar em resposta ao estímulo devido à disponibilidade de condições favoráveis para esse processo , com a embebição das sementes quando houver disponibilidade de água.

Como a espécie S. alata tem ciclo de reprodução anual as sementes dispersadas presentes no solo representam uma garantia para a reposição e a sobrevivência de suas populações mesmo após eventuais perturbações ambientais que possam inibir a reprodução por um determinado período de tempo , ou na hipótese de destruição e morte de plantas estabelecidas .

Entre as inumeras condições ambientais desfavoráveis que podem afetar essas populações vegetais encontram-se danos devidos à predação por herbívoros (Silander, 1978) , competição por

polinizadores , competição por substrato e por iluminação adequada , ou danos resultantes de enchentes , fogo ou devido à alteração nas condições de solos .

5.2. Dispersão em Senna alata .

A forma de dispersão de uma espécie é fator que determinará a distribuição espacial dos indivíduos em uma população (Ricklefs, 1973) .

A dispersão das sementes de S. alata é realizada por queda das sementes maduras livres , após a deiscência dos frutos . A dispersão ocorre quando os frutos são balançados ou partidos , devido ao contato entre os ramos de plantas próximas, pela ação do vento , das chuvas ou pelo movimento de pessoas ou animais junto a essas plantas.

Por observação experimental constatou-se que as sementes de S. alata germinam dentro da água e suas plantas desenvolvem-se e reproduzem-se mesmo quando suas raízes encontram-se submersas.

A presença de exemplares de S. alata ocupando ambientes inundados demonstra que essa espécie é capaz de colonizar e se reproduzir sob condição de inundação de suas raízes . Esse aspecto permite supor que S. alata é adaptada para ter suas sementes dispersadas ao longo de ambientes aquáticos e provavelmente suas sementes podem ser transportadas à distância por hidrocoria .

Essa espécie demonstrou ser adaptada para a colonização de ambientes sob diferentes condições de características de solo e

foi encontrada em locais inundados com no pantanal em Mato Grosso, junto à rios na Amazônia e em brejos em São Paulo.

Essa espécie caracterizou-se por ser adaptada para se reproduzir e colonizar também ambientes com solo seco (drenado). Novos indivíduos de S. alata ocorrem em áreas com solo drenado antes não ocupados por esta espécie. Estando presente em locais de solo drenado (seco), em São Paulo, na Amazônia e em áreas semi-áridas no interior dos estado da Bahia.

Poucas vezes pode-se observar plântulas de S. alata se desenvolvendo espontaneamente junto às plantas maiores, sendo frequente a presença de plantas jovens bem desenvolvidas como evidência de estar havendo reposição e crescimento nas populações estudadas. A presença de plântulas de S. alata em desenvolvimento em grande número foi frequente apenas próximas às plantas dessa espécie localizadas em locais de solo pedregoso e drenado.

Nas observações em plantas de ocorrência espontânea constatou-se que algumas poucas sementes de S. alata já apresentam-se intumescidas quando ainda estão retidas em frutos maduros deiscentes junto à planta de origem. Algumas dessas sementes aparentando estarem prestes à germinação ou até já apresentando início de desenvolvimento de radícula.

A germinação anterior à dispersão foi também observado em S. flexuosa.

A quebra da dormência observada em S. alata, em sementes retidas nos frutos, antes da dispersão, pode representar adaptação que viabiliza a rápida propagação de novos indivíduos,

como forma oportunista de reprodução nesta espécie

5.3. Dispersão e Fluxo Gênico em Senna alata .

Considerando as 2 formas possíveis de dispersão das sementes de S. alata : dispersão curta em solo drenado e dispersão à distância devido ao transporte de sementes em ambientes inundados (ou pela água de chuvas) , pode-se supor que a dispersão pela água é fator que viabiliza o distanciamento entre plantas novas e resulta na expansão mais rápida dessas populações , favorecendo a ocupação de ambientes novos por S. alata .

A dispersão de S. alata à maiores distâncias através da água representa fator determinante de distribuição contínua entre indivíduos dessa espécie , com menor possibilidade de isolamento permanente entre as populações .

Na dispersão de sementes de S. alata em solo drenado, como as sementes maduras tendem a se estabelecer dentro de uma área próxima às plantas de sua origem, haverá estabelecimento de plantas geneticamente semelhantes agrupadas . Essa forma de dispersão resultará na manutenção de populações sujeitas predominantemente à endogamia .

Devido ao agrupamento das plantas e à atividade de forrageamento concentrado de algumas espécies polinizadoras (C. fuscata e C. tarsata) nesse padrão de ocorrência de S. alata em solo drenado com dispersão à curta distância , haverá maior homogeneidade dessas populações , com tendência ao aumento na frequência de homozigose nas sucessivas gerações nestas

populações devido à prevalência de endogamia no fluxo gênico nestas condições de reprodução (Grant , 1981) .

Nessa forma de distribuição espacial agrupada , resultante de dispersão leptocurtica , não havendo forma de expansão rápida dessas populações de S. alata de ambientes de solo drenado , essas podem sofrer isolamento reprodutivo resultante do distanciamento entre plantas não visitadas pelos mesmos polinizadores (Grant , 1980) .

O cruzamento entre plantas distanciadas de S. alata é dependente da atividade de polinizadores dos gêneros : Bombus (B. morio) , Eulaema (E. nigrita) e Xylocopa (X. frontalis) que forrageiam entre plantas distânciadas . Possivelmente com alogamia resultante também da polinização de S. alata por abelhas Epicharis rustica .

Espécies vegetais auto-compatíveis com características adaptativas na polinização semelhante às de S. alata podem apresentar características genéticas , tais como nas características reprodutivas e na segregação de caracteres produzidos tanto por endogamia como também por xenogamia .

Essas características de S. alata representam adaptação para a reprodução através de um sistema reprodutivo e de fluxo gênico aberto , que propicia possibilidades máximas de troca e recombinação gênica para a espécie com essas características reprodutivas .

Combinando a permanência de certa taxa de homogeneidade entre indivíduos produzidos por endogamia e de heterogeneidade resultante de alogamia a espécie S. alata apresenta-se adaptada a

geração de características fenotípicas variadas , possibilitando maiores chances de adaptação às condições ambientais diversas (Clausen et al., 1948 ; Grant , 1958 , 1981 ; Ricklefs , 1973) .

A presença de variação em características de uma espécie , como na adaptação para ocupar tanto ambientes de solo seco (drenado) ou de solo inundado e para a dispersão e colonização a maiores distâncias , em ambientes novos e diferentes , como o observado para S. alata neste trabalho , exemplifica uma estratégia reprodutiva oportunista que possibilita a este tipo de espécie vegetal a dispersão e colonização de ampla gama de ambientes .

Essas características reprodutivas juntas ao padrão de floração prolongado , resultante da presença de dois períodos de floração em S. alata , representam um conjunto de adaptações reprodutivas que parecem permitir à essa espécie a reprodução prolongada em vários períodos do ano e a colonização de ambientes com distintas condições de inundação do solo .

A espécie S. alata pode ser caracterizada por esses aspectos adaptativos em sua reprodução e por suas adaptações e especialização para a polinização por abelhas que coletam o pólen pela vibração de suas anteras .

V. CONCLUSÕES

1) A espécie Senna alata pode ser caracterizada por ser adaptada para a colonização de ambientes com diferentes condições de disponibilidade de água e de inundação do solo. Essa espécie mostrou-se adaptada para ocupar locais de solo drenado como em áreas abertas de campos ou próximas à formações florestais, também presente em locais com solo inundado como em brejos e junto à margem de rios ou lagoas.

2) As populações de S. alata não apresentaram floração múltipla em um mesmo ano.

A espécie S. alata caracterizou-se por apresentar floração conspícua e variação sazonal da reprodução entre populações presentes na região de Campinas (SP).

Essa espécie apresentou sincronização na floração em plantas pertencentes à uma mesma população. Não houve sincronia na floração entre populações de S. alata encontradas ocupando tipos de ambientes diferentes, com divergência na fenologia entre plantas de solo drenado e plantas de solo inundado.

O fato de S. alata possuir grupos de plantas com diferentes períodos de reprodução representa uma forma de prolongação do período reprodutivo desta espécie.

3) Os dois tipos populacionais de S. alata caracterizaram-se por apresentarem fenologia com fases de reprodução (floração e frutificação) defasadas, havendo divergência reprodutiva temporal na fase de floração entre as plantas de ambientes inundados e as de ambientes de solo drenado e consequentemente

redução nas possibilidades de fecundação cruzada entre essas populações de S. alata .

4) A variação na fenologia da floração observada em S. alata mostrou ser independente da condição de inundação do solo ocupado por essa espécie .

O cultivo experimental de S. alata , com transplante de plantas jovens originadas de populações de local inundado cultivadas em local de solo drenado , demonstrou que a divergência no período de floração entre as populações dessa espécie não é diretamente regulado pelas condições de inundação do solo . De acordo com os resultados obtidos por observação e pelo cultivo dessa espécie, essas variações intraespecíficas representam possíveis características ecotípicas dessa espécie .

A variabilidade na fenologia reprodutiva observada em S. alata e a adaptação para colonização de ambientes distintos foi interpretado como evidência de haver diferenciação adaptativa entre populações dessa espécie . A reprodução em dois períodos do ano representa variabilidade nas características fenológicas e da reprodução desta espécie.

5) Espécies vegetais fornecedoras de pólen , como S. alata e as demais espécies dos gêneros Senna , Cassia e Chamaecrista são importantes componentes de comunidades naturais por serem fornecedoras deste recurso energético de forma concentrada e restrita às espécies de abelhas especializadas capazes de realizar a polinização por vibração dos estames nessas espécies . Nessa categoria de plantas incluem-se também espécies das famílias Melastomataceae e Solanaceae .

6) Em função da colonização de diferentes tipos de ambientes e da ocorrência de variação nos períodos de reprodução observados entre populações de S. alata constatou-se que essas populações estão sujeitas à isolamento reprodutivo de moderado até eventualmente acentuado, resultante da divergência em seus períodos de floração.

O fato de S. alata ocorrer em ambientes distintos e em ampla área de distribuição geográfica resulta no isolamento geográfico entre suas populações. Nessas condições, o fluxo gênico na reprodução entre as populações de S. alata irá depender da capacidade de voo e da atividade de forrageamento à maiores distâncias das espécies suas polinizadoras.

As espécies polinizadoras de S. alata podem ser separadas em dois grupos: 1) as espécies polinizadoras do gênero Centris que devido ao seu hábito de permanência na coleta em flores de uma mesma planta e entre plantas próximas atuam como agentes de endogamia nessa espécie e 2) as espécies dos gêneros Bombus, Epicharis, Eulaema e Xylocopa que devido à sua capacidade de voo à distância e por buscarem pólen entre plantas distanciadas são agentes incrementadores da fecundação cruzada em S. alata.

7) A atividade das abelhas mostrou-se dependente das condições climáticas havendo redução no número de espécies nos períodos mais frios ou chuvosos. O período de maior atividade de abelhas associadas às espécies em floração correspondeu à época quente e chuvosa, entre outubro e março, quando houve predomínio de espécies em floração.

8) As espécies polinizadoras de S. alata apresentaram diferença em relação a seu período de atividade. Das abelhas polinizadoras observadas apenas B. morio, C. fuscata, E. nigrita e X. frontalis foram encontradas em atividade em ambos os períodos de floração descritos para S. alata.

As espécies C. similis, C. tarsata e P. graminea caracterizaram-se por serem espécies polinizadoras presentes apenas no período de floração de S. alata entre os meses de dezembro à março, ausentes na floração no período entre abril e junho. A sazonalidade da ocorrência de espécies polinizadoras resulta das diferenças nos períodos de reprodução destas (Stephen et al., 1969).

O fato das abelhas coletadas descritas como polinizadoras de S. alata frequentemente apresentarem pólen espalhado sobre o corpo, geralmente na porção dorsal do tórax e abdômem, além do pólen recolhido armazenado nas patas posteriores, foi considerado como evidência dessas espécies serem importantes agentes da polinização cruzada dessa espécie, o mesmo sendo suposto na polinização das demais espécies hospedeiras observadas.

9) As espécies de leguminosas dos gêneros Senna e Cassia partilham as mesmas espécies de abelhas polinizadoras. Devido à ocorrência em simpatria dessas espécies estas encontram-se sobre o efeito de transferência interespecífico de pólen por essas abelhas. Esse aspecto da ecologia da polinização de espécies dos gêneros Senna e Cassia determina que estas encontrem-se em competição por seus polinizadores devido ao efeito de

interferência na polinização e no fluxo gênico resultante da redução na frequência de visitas desses polinizadores .

10) Não foi observado a ocorrência de frutificação por cruzamento híbrido experimental entre S. alata e S. reticulata .

Nessas espécies possivelmente o isolamento reprodutivo é determinado por mecanismos após a polinização . O mesmo sendo provável para as demais espécies afins dos gêneros Senna , Cassia e Chamaecrista observadas nesse trabalho .

BIBLIOGRAFIA :

- Almeida Fernando F.M. 1964 . Fundamentos geológicos do relêvo paulista . Boletim nº 41 , IGC . São Paulo .
- Alexander , M.P. 1980 . A versatile stain for pollen , fungi , yeast and bacteria . Stain Technology 55 (1) : 13-18 .
- Alvin , P.T. 1960 . Moisture stress as a requeriment for flowering of coffee . Science , 132 : 354 .
- Baker , H.G. 1963 . Evolutionary mechanisms in pollination biology . Science , 139 (8) : 877-883 .
- Baker , J.R. e I.Baker 1936 . The seasons in a tropical rain forest , part 2 : botany . J. Linn. Soc. 39 : 507-519 .
- Bateman , A.J. 1949 . Pollinating agents and population genetics. Hereditas , suppl.(v.1949) : 532-533 .
- Bawa , K.S. 1974 . Breeding systems of tree species of lowland tropical community . Evolution , 28 : 85-92 .
- Bittencourt , H.F.R. 1981 . Ecologia da polinização de Cassia macranthera . Dissertação de Tese do Curso de Pós-Graduação em Biologia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro , Rio de Janeiro .
- Buckmann , S.L. 1974 . Vibratile pollination of Cassia quiedontilla . Bull.Southern California Acad. Sci. 73 : 171-173 .
- Buckmann , S.L. 1979 . Vibratile pollination in angiosperms . Dissertation Abstracts International , 39 (12) .
- Buckmann , S.L. e Hurley , J.P. 1978 . A biophysical model for buzz pollination in angiosperms . J.Theor.Biol. 72 , 639-657 .

- Clausen , J., Keck , D.D. e Hiesey , W.M. 1948 . Experimental studies on the nature of species ; environmental responses of climatic races of Achillea. Carnegie Inst.Wash.Publ.581:1-129.
- Faegri , K. e van der Pijl 1971 . The principles of pollination ecology . Oxford , Pergamonn Press .
- Ferri , M.G. 1986 . Fisiologia Vegetal (2) . 2 a. ed. São Paulo, E.P.U .
- Font Quer , P. 1973 . Dicionario de Botanica . Ed.Labor. Barcelona .
- Franken , M. 1979 . Major nutrient and energy contents of the litterfall of a riverine forest of Central Amazonia . Trop. Ecol. 20 (2) : 211-224 .
- Frankie , G.W., Baker , H.G. e Opler , P.A. 1974 . Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowland of Costa Rica . Jour.Ecol. 62 (3) : 881-913 .
- Frankie , G.W. 1975 . Tropical forest phenology and the pollinator-plant coevolution . pp: 192-209 , in : Gilbert,L.E. & Peter H. Raven ed. Coevolution of animals and plants . University of Texas Press .
- Free , John B. 1980 . A organização social das abelhas (Apis). São Paulo , E.P.U.Ed.Universidade de São Paulo .
- Futuyma , D.J. 1979 . Evolutionary Biology . Sunderland , Mass., Sinauer Ass.Inc.
- Grant , V. 1958 . The regulation of recombination in plants . Cold Spring Harbor Symp.Quant.Biol. , 23 : 337-363 .
- Grant , V. 1980 . Gene flow and the homogeneity of species population . Biol.Zbl., 99 : 157-169 .

- Grant , V. 1981 . Plant speciation . 2 ed. New York , Columbia University Press . 563 pp .
- Gregory , D.P. 1963-64 . Hawkmoth pollination in the genus Denothera . Aliso 5 : 357-384 , 385-419 .
- Heinrich , B. e Raven , P.H. 1972 . Energetics and pollination ecology . Science , 176 : 597-602 (N.Y.) .
- Heinrich , B. 1975 . Bee flowers : a hypothesis on flower variety and blooming times . Evolution , 29 : 325-334 .
- Heithaus , E.R. 1979 . Community structure of neotropical flower visiting bees and wasps : diversity and phenology . Ecology , 60 (1) : 190-202 .
- Heithaus , E.R., Fleming , T.H. e Opler , P.A. 1975 . Foraging patterns in seven species of bats in a seasonal tropical forest . Ecology , 56 : 841-854 .
- Irwin , H.S. e Barneby , R.C. 1982 . The american Cassiinae : a synoptical revision . Mem. New York Bot. Garden , 35 (1, 2) .
- Janzen , D.H. 1967 . Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America . Evolution , 21 : 620-637 .
- Janzen , D.H. 1971. Euglossine bees as long-distance pollinators of tropical plants . Science , 171 : 203-205 .
- Janzen , D.H. 1971 . Seed predation by animals . Annul. Rev. Ecol. Syst. , 2 : 465-492 .
- Laroca , S. 1970 . Contribuição para o conhecimento das relações entre abelhas e flores : coleta de pólen das anteras tubulares de Melastomataceas . Revista Floresta , 2 : 69-74 .

- Linsley , E.G. , Mac Swain , J.W. and Raven , P.H. 1964 .
Comparative behavior of bees on Onagraceae III . Oenothera and
bees of the Mojave Desert , California . Univ. Calif. Publ.
Entomol. 33 : 59-98 .
- Marquis, Robert J. 1988 . Phenological variation in the
neotropical understory shrub Piper arieanum : causes and
consequences . Ecology , 69(5) : 1552-1565 .
- Melampy, M.N. and A.M. Hayworth . 1980 . Seed production and
pollen vectors in several nectarless plants . Evolution ,
34(6) : 1144-1154 .
- Michener , C.D. 1962 . An interesting method of pollen
collecting by bees from flowers with tubular anthers . Rev.
Biol. Trop. , 10 : 167-175 .
- Michener , C.D. 1974 . The social behaviour of bees . Cambridge,
Massachussets , Harvard University Press .
- Opler , P.A., Frankie , G.W. e Baker , B.G. 1976 . Rainfall as a
factor in the release , timing and synchronization of anthesis
by tropical trees and scrubs . Jour. Biogeo . , 3 : 231-236 .
- Parsons, P.A. 1991 . Evolution rates : stress and species
boundaries . Ann. Rev. Ecol. Sys. 22 : 1-18 .
- Percival , M. 1974 . Floral ecology of coastal scrub in
sowtheast Jamaica . Biotropica , 6(2) : 104-129 .
- Pleasants , J.M. 1980 . Competition for bumblebee pollinations
in rocky mountain plant communities . Ecology , 61 (6) : 1446-
-1459 .
- Rathcke , Beverly . 1988 . Interactions for pollination among
coflowering shrubs . Ecology , 69 (2) : 446-457 .

- Raven , P.H. , Evert , R.F. e Curtis , H. 1978 . Biologia vegetal . 2a.ed. Rio de Janeiro , Ed.Guanabara Dois .
- Rickefs , R.E 1973 . Ecology . Mass. Chiron Press .
- Silander , John A., Jr. 1978 . Density dependent control of reproductive sucess in Cassia biflora . Biotropica , 10 (4) : 292-296 .
- Stephen , W.P., Bohart , G.E. e Torchio , P.F. 1969 . The Biology and External Morphology of Bees . Oregon Agricultural Station . 140 pp .
- Stiles , F.G. 1978 . Temporal organization of flowering among the hummingbird foodplants of a tropical wet forest . Biotropica , 10 (3) : 194-210 .
- Tood , J.E. 1982 . On the flowers of Solanum rostratum and Cassia chamaecrista . Amer.Nat. , 116 : 281-287 .
- Turesson , G. 1922 . The genotypic response of plant species to the habitat . Hereditas , 3 : 211-350 .
- Waser , N.M. 1978 . Competition for hummingbird pollination and sequential flowering in two Colorado wild flowers . Ecology , 59 (5) : 934-944 .
- Wille , A. 1963 . Behavioral adaptations of bees for pollen collecting from Cassia flowers . Rev. Biol. Trop. 11 (2) : 205-250 .