

BIOLOGIA FLORAL E MECANISMO DE REPRODUÇÃO EM *Crotalaria* *mucronata* Desv.^{1/}

Élcio Cruz de Almeida ^{2/}

1. INTRODUÇÃO

O alto grau de evolução das flores de *C. mucronata* e o seu relacionamento com insetos também evoluídos chamaram a atenção para o seu estudo.

Através de observações e testes específicos, procurou-se estudar todo o mecanismo de reprodução, desde a fase de botão floral até a fase de senescência da flor. Estudou-se também o comportamento dos insetos visitantes, a fim de verificar a relação inseto-planta e entender seu mecanismo de reprodução e sua viabilidade como fonte potencial de adubo verde e cobertura de culturas jovens de café.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para estudar a biologia floral e o sistema de reprodução de *Crotalaria mucronata*, foram feitas observações em canteiros experimentais, situados no Horto Botânico do Museu Nacional, RJ, e, periodicamente, em plantas em estado nativo, na altura do km 3 da Rodovia BR-120, entre Visconde do Rio Branco e São Geraldo, em Minas Gerais.

As observações estenderam-se por seis meses consecutivos, de setembro de 1982 a fevereiro de 1983.

A morfologia da flor e a seqüência de eventos que antecedem a antese e vão até o inicio de desenvolvimento do fruto foram estudadas «in vivo».

^{1/} Parte da tese de MS apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1983.

Aceito para publicação em 24.6.1986.

^{2/} Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa. 36570 Viçosa, MG.

Para estudar o sistema de reprodução, vários testes foram realizados:

1) *Autogamia* - estimada pelo ensacamento de 300 botões florais de sete inflorescências tomadas aleatoriamente. Os botões foram ensacados vinte e quatro horas antes da antese, em sacos plásticos providos de poros respiratórios, segundo técnica empregada por ORMOND e PINHEIRO (17).

2) *Polinização artificial cruzada* (xenogamia) - testada em trinta botões, que foram totalmente emasculados antes da deiscência das anteras. Tanto os botões artificialmente polinizados quanto aqueles dos quais o pólen foi retirado foram protegidos com sacos plásticos, a fim de evitar que se contaminasse com o pólen de outras flores. Imediatamente após a antese as flores foram polinizadas. Para proceder à polinização, liberou-se o estigma, forçadamente, de dentro da carena. O pólen foi levado até ele por meio de agulha de dissecação, flambada a cada vez que era usada. Em seguida, os botões foram novamente ensacados.

3) *Polinização natural cruzada* - também testada em trinta botões florais, que, após emasculados, ficaram expostos ao meio ambiente sem proteção alguma. Vinte e quatro horas após, foram novamente ensacados, para evitar interferências externas, e observados, diariamente, até a obtenção dos frutos.

4) *Controle* - trezentas flores foram etiquetadas, com o objetivo de estimar o percentual de frutos produzidos em condições naturais. Com a finalidade de detectar possíveis variações nos frutos, decorrentes do sistema de polinização, foram mensuradas e contadas as sementes viáveis e inviáveis dos frutos originários tanto da autogamia quanto da polinização natural cruzada. (Consideraram-se viáveis as sementes lisas e integrais e inviáveis as murchas).

Foram analisadas a morfologia e a viabilidade dos grãos de pólen. Para isso, foram testados com carmim acético (9, 13) e observados ao microscópio ótico, com diversos aumentos.

A capacidade dos grãos de pólen para fecundar a flor foi testada através da emasculação parcial de sessenta botões florais. Nesse teste os botões foram ensacados vinte e quatro horas antes da antese, uma vez que, nessa fase, não foram encontrados grãos de pólen germinando sobre o estigma. De trinta deles foram eliminadas as anteras maiores e deixadas as menores. Logo após, foram reensacados e observados, diariamente, até a obtenção de frutos. Todos os frutos obtidos foram mensurados e tiveram suas sementes contadas.

Com a finalidade de detectar a presença de odor nas flores, trinta delas foram colocadas em recipiente hermeticamente fechado, por um período de 60 minutos. Decorrido esse tempo, o recipiente foi aberto e cheirado.

Para determinar o período de receptividade do estigma, flores foram observadas antes e depois da antese.

Para verificar a presença de substâncias lipídicas, tanto no estigma quanto nos grãos de pólen, estes foram colocados em presença de Sudan III e IV (7).

Padrões de absorção e reflexão de raios U.V. foram observados, em flores abertas, sob U.V. (1, 3, 19, 21).

Para detectar a presença de açúcar nos exsudados dos nectários extra e intra-florais, pequenas porções destes foram retiradas, com o auxílio de uma pequena seringa de injeção, colocados sobre lâmina, cobertos com laminula e submetidos ao reagente de Fehling (14).

Os insetos visitantes foram observados periodicamente, das 7 às 18 horas,

tanto no *habitat* natural quanto nos canteiros experimentais, e coletados, para identificação.

3. RESULTADOS

3.1. Morfologia Externa da Flor e do Fruto

C. mucronata tem flores dispostas em cachos terminais. Essas flores mudam de posição, em relação ao eixo da inflorescência, de acordo com o estádio de desenvolvimento. Os botões do ápice da inflorescência são eretos, e, à medida que se desenvolvem, passam de eretos a pêndulos.

As flores medem cerca de 1,3 cm de comprimento, são zigomorfas, amarelas, de estrutura tipicamente papilionácea (Fig. 1). Possuem nectários, que se localizam tanto na base dos pedicelos florais quanto na base do ovário (disco nectarífero). Cálice gamossépal, tubuloso-acampanado, com cinco lacinios, ligeiramente maiores que o tubo, com duas bractéolas na base. Na flor aberta o cálice envolve as unhas das pétalas, fazendo-as ficar numa posição que facilita a visita de determinados insetos.

Corola com cinco pétalas típica das flores das *Papilionoidae*. A maior, denominada vexilo ou estandarte, é a que mais se destaca na flor aberta (Fig. 2a). As pétalas da quilha, ou carena, de forma falcada, são concrescidas, formando um poro no ápice. Elas envolvem completamente o androceu e o gineceu (Fig. 2b). Duas outras pétalas, as alas, são livres, um pouco menores que as demais, e se dispõem uma de cada lado da carena (Figs. 2c e d). Todas as pétalas são de consistência delicada, com vexilo e alas de cor amarelo-vivo e carena de cor amarelo-esverdeada. Todas elas apresentam listras avermelhadas lateralmente (guias de néctar) e características especiais, relacionadas com o mecanismo de exposição do pólen.

Na face interna de cada ala há uma projeção (Fig. 2e), que se ajusta a uma dobra correspondente na face externa da carena (Fig. 2f). Assim, alas e carena formam um sistema flexível, de maneiras que, ao serem forçadas para baixo, forçam também a carena. Cessando a pressão exercida sobre as alas, todo o conjunto retorna à posição inicial, como que uma mola. O vexilo tem ainda duas projeções na base (Fig. 2g) que se encaixam nas depressões das alas. Essas projeções do vexilo ajudam a mantê-lo sobre a carena, impedindo que se desloque para os lados quando forçado para baixo. O androceu é formado por dez estames, cinco de filetes curtos, com anteras pequenas, arredondadas, dorsifixas, alternando-se com outros cinco de filetes longos, com anteras maiores, sagitado-elíticas, basifixas (Fig. 3). Nos dois tipos de estames as anteras são rimosas e introrsas. Todo o conjunto forma um tubo, pela adelfia das partes inferiores dos filetes, que envolve todo o ovário (Fig. 3a). Esse tubo tem um pequeno orifício na base, voltado para a unha do vexilo, que permite comunicação com o disco nectarífero (Fig. 3b).

Ovário viloso, estipitado, de placentação marginal e com disco nectarífero aneliforme na base. Estilete falcado, terminal, mais longo que os estames. Estigma captado-lobado, papiloso e úmido, abaixo do qual se encontra uma fileira de pêlos, de posição ventral (Fig. 3c).

Os frutos são legumes inflados, semicilíndricos, mucronados, de cor parda a castanho-clara, quando maduros, com cerca de 3,5 a 4,5 cm de comprimento por 0,4 a 0,8 cm de largura, sem tabiques internos.

Pericarpo com sutura ventral acanalada (Fig. 4). Nos frutos maduros as sementes agrupam-se no ápice. A deiscência é do tipo bolocórica (22), e as sementes são lançadas a distâncias de até 4 m da planta-mãe. Na espécie deste trabalho

essa deiscência só ocorre quando a umidade relativa do ar é baixa, seguida de temperaturas em torno dos 30°C, ou mais.

As sementes medem cerca de 0,29 cm de comprimento por 0,22 cm de largura, são reniformes, lustrosas, desprovidas de endosperma e têm testa fina. O hilo localiza-se na porção mediana da face ventral, sob uma depressão, com uma fenda longitudinal, mediana. O embrião é do tipo papilonáceo, axial, ocupando uma posição grande do eixo da semente, cujos cotilédones se apresentam crassos, oblongos, dispostos no sentido longitudinal, com eixo radicula-hipocótilo infletido, localizado lateralmente.

3.2. Atividades Florais

Para melhor compreender as atividades florais, no decorrer do trabalho tornou-se necessário separá-las em duas fases: a primeira foi considerada a de *pré-antese* e a segunda um período de *pós-polinização*. A *pré-antese* compreende a fase em que a extremidade do vexilo se encontra ligeiramente afastada da extremidade da carena (Fig. 5), porém não oferece possibilidade de acesso a nenhum agente polinizador. É nela que ocorre a liberação dos grãos de pólen das anteras maiores e deposição destes sobre o estigma, que já se encontra receptivo, embora a flor permaneça fechada. Ainda nessa fase podem-se visualizar grãos de pólen germinado sobre o estigma (Fig. 6). O período de *pós-polinização* caracteriza-se pelo alongamento dos filetes das anteras menores, que chegam a ultrapassar as anteras maiores, já completamente maduras, havendo, assim, uma inversão na posição dessas anteras (Fig. 7).

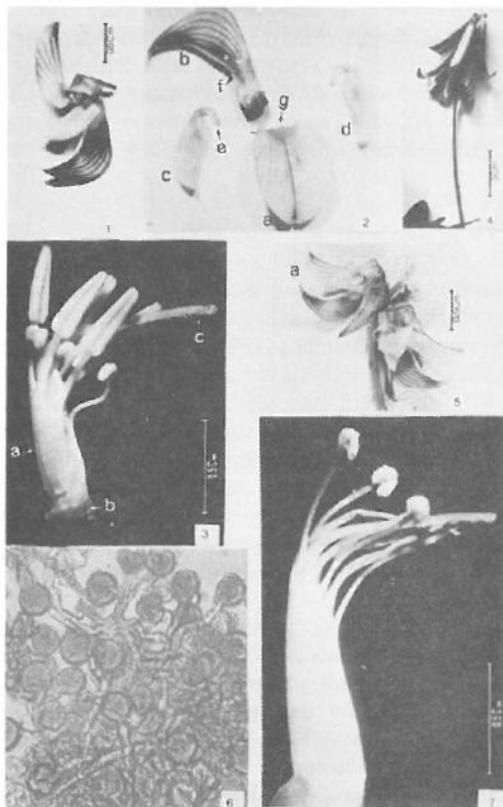
Quando ocorre o alongamento dos seus filetes em direção ao ápice da carena, as anteras menores carregam consigo o pólen restante, ainda retido nas anteras maiores. Simultaneamente, ocorre a liberação do pólen das anteras menores, que, juntamente com os grãos de pólen das anteras maiores, preenche totalmente a extremidade da carena. Em consequência, o estigma fica totalmente imerso numa «massa de pólen». A liberação dos grãos de pólen das anteras menores ocorre concomitantemente com a abertura da flor. Nesse período verifica-se uma maior atividade dos nectários, intensifica-se a visita de insetos e é grande o número de tubos polínicos.

Na inflorescência, as flores não se abrem de maneira sincrônica; assim, numa mesma planta são encontradas flores em diferentes estádios de desenvolvimento no decorrer de um dia (Fig. 8).

O processo de abertura dessas flores está intimamente relacionado com as condições do tempo. Em dias ensolarados e de temperatura acima dos 30°C esse processo tem início entre as 6 e as 8 horas, continuando ao longo da inflorescência durante todo o período luminoso. O climax de floração, no decorrer de um dia, ocorre entre as 10 e as 16 horas, coincidindo com períodos de temperaturas mais elevadas. Nos dias de temperatura inferior a 30°C o horário de início da antese é alterado, e ela pode começar depois das 9 horas. Em dias frios, nublados ou chuvosos, dificilmente ocorre antese.

Pela análise morfológica dos grãos de pólen de ambas as anteras, ao microscópio ótico, não se detectaram diferenças nem na estrutura externa nem no tamanho. Esses grãos de pólen, na presença de carmim acético, deram reação positiva, corando-se de vermelho, com uma percentagem de viabilidade acima de 95%.

Quando a carena é pressionada para baixo, como ocorre durante a visita de abelhas, os estames e, principalmente, o estilete empurram parte dessa «massa de pólen» para fora, a qual é liberada sob forma de filamento. Simultaneamente, o es-



tigma se exterioriza, como que um «êmbolo», voltando à sua posição inicial assim que a abelha se retira.

Aproximadamente 12 horas após a antese, pode-se notar um ligeiro desenvolvimento do ovário. Quando isso ocorre, as alas enrolam suas extremidades para dentro, sendo liberadas da flor poucas horas depois. O mesmo acontece com o vexilo. A carena pode continuar protegendo o estigma e estilete até um período bem adiantado do desenvolvimento do fruto (Fig. 4).

As flores, sob luz U.V., adquiriram coloração arroxeadas, sendo esta coloração mais intensa nas unhas das pétalas. O vexilo foi a peça floral que coloriu mais intensamente.

O estigma fica receptivo desde o estádio de pré-antese, juntamente com a maturação das anteras maiores, permanecendo assim até cerca de 8 horas depois da antese.

Tanto o estigma quanto os grãos de pólen deram reação positiva na presença de Sudan III e IV, mostrando-se revestidos de uma camada lipídica em toda a periferia.

Os exsudados dos nectários extra e intraflorais apresentaram coloração ver-

melho-tijolo após tratados com o reagente de Fehling, o que indica a presença de açúcar nessas secreções.

O tempo de vida da flor se exaure com o início da liberação da corola, cujo tempo varia de acordo com as condições ambientes.

3.3. Sistema de Reprodução

Dos 300 botões ensacados para estimar a autogamia, 130 produziram frutos maduros. Os outros 170 foram abortados ainda em estádio de botões, flores ou frutos jovens. Nos botões emascudos e polinizados artificialmente não houve formação de frutos: eles abortaram até 12 horas após polinizados. As quedas resultaram das danificações causadas às peças florais durante a exposição forçada do estilete. Os 30 botões totalmente emasculados, para a verificação da ocorrência de polinização natural cruzada, foram normalmente visitados por abelhas logo após a antese. Do total empregado, apenas quatro deram frutos e tiveram desenvolvimento normal.

Das 300 flores-controle, cerca de 126 produziram frutos que atingiram o estádio de maturação.

Os frutos não apresentaram diferenças no tamanho, número e viabilidade de sementes produzidas, nem na autogamia nem na polinização natural cruzada. O número de sementes viáveis nesses frutos foi, em média, de 44. O número de sementes consideradas inviáveis variou de uma a duas por fruto.

Os testes para determinar a capacidade de fecundação dos grãos de pólen deu o seguinte resultado: dos botões que tiveram as anteras menores retiradas, em apenas seis houve formação de fruto; os demais caíram logo após a retirada das anteras. Naqueles de que se retiraram as anteras maiores formaram-se apenas quatro frutos; os demais tiveram comportamento semelhante ao do primeiro caso.

Os frutos resultantes de flores polinizadas por grãos de pólen, tanto das anteras maiores quanto das menores, não apresentaram variação na quantidade de sementes viáveis ou inviáveis por eles produzidas.

3.4. Insetos Visitantes e Polinização

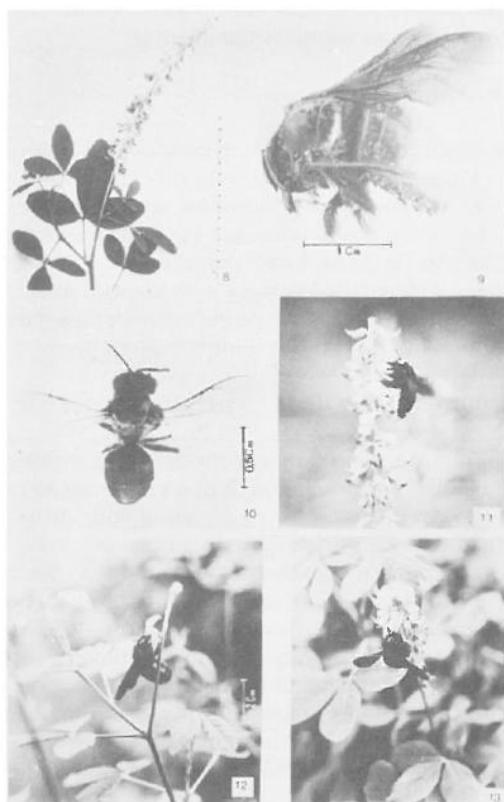
Diferentes insetos visitam as flores de *C. mucronata*. Todos são de hábitos diurnos e não apresentam a mesma regularidade nas visitas.

Das observações feitas nas plantas em estado nativo, coletaram-se e identificaram-se os seguintes visitantes: as formigas *Pheidole susannae* Forel; as abelhas *Xilocopa ordinaria* F. Smith (Fig. 9), *Apis mellifera* L. (Fig. 10) e *Trigona spinipes* F.; as vespas *Polistes canadensis* L., *Polistes versicolor* OI., *Polistes sericea* OI. e *Polybia occidentalis* OI. e formas jovens de *Pentatomidae*. Dentre eles, os mais regulares foram as abelhas *X. ordinaria* e *A. mellifera*, que são os únicos insetos que visitam especificamente a flor.

O horário de visita dos insetos não pôde ser precisamente determinado, já que as visitas são intimamente relacionadas com as condições ambientes. Essas condições são as mesmas necessárias para que haja antese.

Em dias considerados «ótimos» as visitas prolongam-se por todo o dia e, nesse caso, a população de visitantes oscila à medida que há maior ou menor número de flores se abrindo. Com exceção de *X. ordinaria* e *A. mellifera*, os demais insetos visitam apenas os nectários na base dos pedicelos florais.

As visitas das formigas iniciam-se tão logo a planta emite a inflorescência do eixo principal, independentemente de haver flores abertas ou se abrindo. Elas



«passeiam» por toda a planta, detendo-se, principalmente, nos nectários extraflorais. Muito raramente chegam até as flores e, quando o fazem, limitam-se a percorrer as pétalas, sem causar-lhes dano.

Os outros insetos, geralmente, pousam no eixo das inflorescências e «sugam» o néctar dos nectários extraflorais, tanto das flores quanto de botões mais desenvolvidos.

X. ordinaria e *A. mellifera*, visitantes específicos da flor, estão sempre presentes na população de *C. mucronata* durante todo o ano, com diminuição das visitas nos meses normalmente frios (maio, junho, julho e agosto). Elas demoram de 3 a 7 segundos em cada flor e visitam várias flores ao mesmo tempo. Ambas as abelhas têm o mesmo tipo de comportamento intrafloral, que pode ser assim descrito: elas pousam nas alas florais, agarrando-se a elas com o primeiro par de patas (Fig. 11); com as outras, procuram equilibrar-se sobre a flor, apoiando-se no seu próprio pedicelo (Fig. 12) ou na corola de flores próxima (Fig. 13). Em seguida, introduzem a cabeça entre o vexílio e a carena, promovendo a separação dessas peças florais (Fig. 11), o que facilita a introdução do «aparelho bucal» no orifício existente na

base do tubo estaminal, que se encontra protegido pela unha do vêxilo, alcançando o disco nectarífero situado na base do ovário. Ao fazer esse movimento, pressionam alas e carena para baixo, o que é acompanhado pelo seu corpo (Figs. 11 e 13). Dessa forma é provocada a saída do estigma e parte do estilete através do poro existente na extremidade dessa peça, os quais trazem consigo uma «massa de pólen», sob a forma de filamento, a qual é dispersada na parte ventral, lateral e dorsal dessas abelhas, em geral atrás do primeiro par de patas. Assim, o estigma e o estilete funcionam como um êmbolo, impulsionando para fora a «massa de pólen».

As únicas diferenças registradas no comportamento dessas duas abelhas foram as relacionadas com o armazenamento e transporte do pólen. *A. mellifera*, após retirar néctar do disco nectarífero, passa parte do pólen, que, acidentalmente, se dispersa em seu corpo, para as corbiculas. Em *X. ordinaria* esse tipo de comportamento não foi notado, não tendo sido possível detectar o papel e o destino do pólen disperso no seu corpo.

Quando essas abelhas deixam as flores, todas as peças que tiveram suas posições alteradas retornam à posição inicial.

Nos canteiros experimentais, verificou-se que, ao contrário do que ocorre no habitat natural, é reduzida a variedade de visitantes, que se limitam principalmente à formiga *P. susannae* e às abelhas *X. ordinaria* e *T. spinipes*. Verificou-se, também, que esses insetos não apresentam variações de comportamento, quando se compararam canteiros experimentais com o habitat natural, todavia a intensidade de visitas e a quantidade desses insetos foram bem maiores nos exemplares da área experimental.

T. spinipes foi inconstante em suas visitas e sempre em número reduzido. Em visita às flores, limitou-se a «passar» sobre as pétalas, sem causar-lhes dano e sem contato com os órgãos de reprodução. Contudo, não se conseguiu determinar qual o tipo de recompensa que recebe das flores durante as visitas. Acredita-se que venha à flor apenas catar grãos de pólen que se encontram espalhados sobre as pétalas, após as visitas de *X. ordinaria* e *A. mellifera*.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Sistema Reprodutivo e Biologia Floral

Pela íntima relação existente entre a biologia floral e o sistema de reprodução de *C. mucronata*, resolveu-se incluí-los numa única discussão.

Para FAEGRI e VAN DER PIJL (4) na subfamília *Papilionoidea* a grande maioria das flores é melítófila e apresenta as seguintes características: zigomorfia, cor amarela ou azul, perfume leve, poucos estames, muitos óvulos, órgãos reprodutivos e néctar ocultos na corola. São, ainda, tipicamente papilionáceas e estão adaptadas para serem polinizadas por abelhas. As flores da planta estudada neste trabalho têm todas essas características citadas pelos autores (I.c), o que permite sua inclusão entre as espécies de flores melítófilas.

Quanto ao odor liberado pelas flores de *C. mucronata*, não se conseguiu detectar sua importância para os insetos visitantes, muito embora PROCTOR e YEO (20) tenham mencionado que o fraco odor eliminado por algumas flores não é percebido pelo homem, porém é de grande importância no comportamento intrafloral da abelha. FAEGRI e VAN DER PIJL (I.c.), por sua vez, discorrendo sobre a atração dos insetos pelo odor, afirmam que este é, normalmente, um atrativo secundário, sendo muito importante para o reconhecimento a distância.

Como, na espécie estudada, a atividade das flores compreende duas fases, conclui-se que é na primeira fase, a «pré-antese», que ocorrem a polinização e a fertilização dos óvulos. Aqui, quando o pólen das anteras maiores é liberado, a flor encontra-se fechada. Observa-se, ainda nessa fase, germinação de grãos de pólen sobre o estigma.

Comprovou-se, artificialmente, através de testes, que os grãos de pólen das anteras maiores polinizam a flor ainda fechada, uma vez que foram obtidos frutos com sementes viáveis quando foram eliminadas as anteras menores. Dessa forma, esses grãos de pólen podem ser considerados compatíveis e suficientes para fecundar todos os óvulos de uma flor. Assim, consideraram-se cleistogâmicas as flores de *C. mucronata*. Segundo FAEGRI e VAN DER PLIJ (4), nas flores cleistogâmicas não há antese. Para eles, só ocorre antese quando anteras e estigma ficam expostos aos agentes polinizadores, ou pela abertura da flor ou pela exteriorização dos órgãos reprodutivos na flor fechada, de maneira que fiquem expostos aos mesmos agentes.

Embora a polinização ocorra na flor fechada, por conseguinte uma cleistogâmia pode-se afirmar também que nas flores de *C. mucronata* ocorre antese, uma vez que os órgãos reprodutores podem ser exteriorizados por algumas abelhas, como o fazem *X. ordinaria* e *A. mellifera*.

Segundo FRANKEL e GALUN (5), a polinização da flor ainda em botão é comum em grande número de *Leguminosae* cultivadas, embora suas flores apresentem-se claramente como do tipo entomófilo.

A mudança de posição dos botões, de eretos a pêndulos, é fator determinante do tipo de polinização nessa espécie. No caso, se permanecessem eretos, dificilmente a autogamia poderia ocorrer, uma vez que os estames estariam bem abaixo do estigma. A posição pendular faz com que os grãos de pólen «escorreguem» através dos pêlos do estilete, indo, assim, preencher toda a extremidade da carena, fazendo com que o estigma fique imerso numa «massa de pólen», ai depositada, o que garante, por sua vez, a auto-polinização. Na segunda fase, a de pós-polinização, ocorrem a antese e a liberação dos grãos de pólen das anteras menores. Nessa fase algumas abelhas já podem alcançar o nectário intrafloral, uma vez que a flor se encontra totalmente aberta. Nesse momento, verifica-se, também, que os nectários extraflorais são visitados com maior intensidade. Quando os insetos visitam as flores em busca de néctar, os grãos de pólen ficam aderidos a seus corpos e são levados, por sua vez, ao estigma das flores. Esse fato foi confirmado pela obtenção de frutos de flores que tiveram todas as anteras emasculadas e foram mantidas expostas, sem proteção alguma. Consequentemente, as flores receberam o pólen aderido ao corpo do visitante, ocorrendo, assim, a fertilização cruzada. Dessa maneira, na natureza, as flores, embora cleistogâmicas, recebem normalmente pólen de outras flores através dos insetos visitantes. Pode-se ainda considerar que o pólen não exerce atração alguma sobre os insetos visitantes e que a única recompensa que eles recebem da flor é o néctar.

Pelo exposto, fica confirmado que, embora haja fluxo de pólen intra e inter-plantas, o pólen não participa, «necessariamente», do processo de fertilização, uma vez que, liberado pelas anteras maiores, na pré-antese, é suficiente para a fertilização de todos os óvulos, como revelaram os testes. Vale lembrar, ainda, que, se, por acaso, a cleistogamia falhasse, a flor teria a fertilização dos seus óvulos garantida, pois, nessa segunda fase, o estigma ainda permanece receptivo. Esse dado mostra que *C. mucronata* tem capacidade para se reproduzir por fertilização cruzada, conforme mencionado anteriormente, por ocasião da obtenção de frutos em flores que foram totalmente emasculadas.

As flores polinizam-se indiretamente, tanto com o seu próprio pólen quanto com o pólen de outras flores da mesma planta ou de plantas-irmãs.

Muito embora haja essa total autocompatibilidade, além do fato de as flores poderem receber pólen de outras, através dos visitantes, acredita-se que, na natureza, a polinização por geitonogamia e xenogamia não ocorra naturalmente.

Na literatura pertinente foram encontrados alguns registros relativos ao mecanismo de liberação do pólen das anteras maiores e menores nas flores das *Papilionoideae*. Assim, NORONHA, GOTTSBERGER e GOTTSBERGER (16), em trabalho sobre algumas espécies de *Stylosanthes*, mencionam que a abertura das anteras maiores ocorre cerca de uma hora antes da abertura da flor, ressalvando que as anteras pequenas, nessa fase, encontram-se fechadas e abaixo das anteras maiores. Assinalam ainda que as anteras menores, logo após a abertura da flor, ultrapassam as maiores, em virtude do alongamento de seus filetes, ocorrendo, em seguida, a descência daquelas. *C. mucronata* apresenta o mesmo mecanismo descrito para *Stylosanthes*, diferindo apenas no que concerne à germinação dos grãos de pólen das anteras maiores, antes da abertura da flor. Dessa forma, aqui, na pré-antese, já se efetuam a polinização e, consequentemente, a autofecundação, razão por que se admite a ocorrência de autogamia do tipo cleistogâmica, uma vez que a descência das anteras maiores dá-se quando a flor ainda se encontra fechada.

Embora as flores das *Papilionoideae* sejam, à primeira vista, muito semelhantes, há diversos mecanismos especiais de apresentação do pólen. Segundo Müller (15), quatro tipos especiais têm sido reconhecidos na família: a) mecanismo valvular, ou de alavanca; b) mecanismo de êmbolo, ou pistão; c) mecanismo de escova estilar; d) mecanismo da abertura explosiva (2, 4, 8, 11, 15). Registrhou-se em *C. mucronata* o mecanismo de êmbolo, ou pistão. Esse mecanismo já foi assinalado para os gêneros *Anthyllis*, *Coronilla*, *Hippocrepis*, *Lotus*, *Lupinus*, *Ononis* e *Tetragonolobus*. LEPPIK (11), KUGLER (8) e FREE (6) assinalam o mesmo mecanismo para *Crotalaria juncea* e *Arachis hipogaea*.

NORONHA et alii (16) afirmam que todas as flores com mecanismo de êmbolo apresentam concrecção das margens superiores e inferiores das pétalas da carena, deixando apenas um orifício em sua extremidade, pelo qual o pólen é bombeado. Em *C. mucronata*, entretanto, esse concrecimento dá-se apenas nas partes superiores da carena. Os mesmos autores citam diversos caracteres típicos do mecanismo de êmbolo, a saber: anteras dimórficas, alongamento dos filetes dos estames menores e presença de estruturas especiais nas pétalas. Os referidos autores salientam, ainda, que esses caracteres não são encontrados todos juntos em alguns gêneros, podendo faltar ou, então, ser substituídos por outros com a mesma função. *C. mucronata* possui anteras dimórficas, que mudam de posição no período de pós-polinização. Outros exemplos desse mecanismo já foram registrados para espécies do gênero em estudo e outros, como *Lupinus luteus* L. (15), *Crotalaria juncea* L. (6), *Zornia latifolia* DC. (2) e *Stylosanthes* (16).

A fase de pós-polinização caracteriza-se por uma intensa atividade floral, a saber: abertura da flor, eliminação de néctar no disco nectarífero e presença de insetos visitantes.

Apis mellifera e *Xilocopa ordinaria* são especificamente os visitantes das flores de *C. mucronata*. Ao pousarem nelas, em busca de alimento, provocam a exteriorização do estigma, sob a forma de êmbolo, a cada visita que realizam, ocasionando, consequentemente, a liberação do pólen, que, por sua vez, fica aderido, em grande parte, a seus corpos. Dessa forma, apesar de já estar polinizada, a flor recebe pólen de outras flores.

Para retirar o néctar do nectário intrafloral, é necessário que o inseto visitante abaixe o vexilo, para possibilitar a introdução da «probóscide», até alcançar o

néctar. Essa morfologia da flor implica em uma seleção de insetos e mostra haver uma relação entre a flor e o polinizador. Assim, verifica-se que cada parte da flor desempenha importante papel, direta ou indiretamente, no mecanismo da polinização.

Os demais visitantes, que retiram o néctar dos nectários extraflorais, não provocam a exteriorização do estigma nem a liberação do pólen. PROCTOR e YEO (20) e FAEGRI e VAN DER PIJL (4) fizeram referências à correlação entre a morfologia das flores e o mecanismo de polinização em *Leguminosae*. LINDMAN (12), entretanto, foi quem enfatizou, nesse aspecto, as flores das *Papilionoideae*, ressaltando a interdependência de alguns insetos e as flores.

Em *C. mucronata*, a antese de cada flor é muito curta, mas, em razão do assincronismo e da intermitência da abertura de flores, a atividade floral, no decorrer de um dia, mantém-se intensa, promovendo um fluxo constante de recompensa aos insetos visitantes.

Mesmo sendo cleistógamas, as flores dessa espécie apresentam, ainda, características de flores de polinização cruzada, como pode ser provado pela sua própria morfologia.

A presença de substâncias lipídicas nos grãos de pólen facilita a aglomeração destes em «massa», o que favorece o seu transporte por insetos polinizadores. Segundo PERCIVAL (18), em muitas flores entomófilas os grãos de pólen têm uma camada lipídica, que os protege contra a chuva.

FAEGRI e VAN DER PIJL (4), abordando o mecanismo de polinização da flor, salientaram a sua posição pendular como uma defesa contra chuvas. Assim, nas flores de *C. mucronata*, além de os órgãos reprodutores estarem constantemente protegidos pela carena, a polinização seria preservada das chuvas, tanto pela camada lipídica que envolve os grãos de pólen como pela posição pendular de suas flores.

Para LEPPIK (10), há muitos tipos especiais de flores zigomorfas que atingiram o mais alto grau de desenvolvimento floral, lugar ocupado, também, pelas flores de *C. mucronata*. Todas elas têm em comum a simetria bilateral, sendo a variação da coloração numa mesma flor, harmônica, e emitem odores especiais. Ainda segundo o autor (1.c), esse alto grau de evolução floral corresponde ao mais alto estádio de evolução de insetos, quando são capazes de reconhecer a simetria bilateral. Na espécie estudada, o comportamento de *A. mellifera* e *X. ordinaria* traduz esse alto estádio de evolução, quando essas abelhas forcaram o vexilo para alcançar o néctar intrafloral.

Se, por um lado, apresenta uma morfologia floral muito evoluída e recebe visita de insetos também de comportamento evoluído, como é o caso de *A. mellifera* e *X. ordinaria*, por outro lado *C. mucronata* se mostra auto-suficiente apenas com a cleistogamia. Tudo isso indica que essa espécie está num processo de evolução, apresentando, entretanto, muitos recursos típicos de flores de polinização cruzada, muito embora, pela predominância da cleistogamia, esses recursos não sejam necessariamente utilizados.

5. RESUMO

Este trabalho envolve o estudo da biologia floral e do mecanismo de reprodução de *Crotalaria mucronata* Desv. Vários testes específicos foram empregados no estudo da flor. Foi estudado o comportamento dos insetos visitantes, com acompanhamento diário. Os resultados obtidos permitiram descobrir a capacidade reprodutiva dessa espécie e verificar que o grande número de insetos que visitam suas flores não exerce papel de maior importância na sua reprodução, uma vez que elas são cleistógamas.

6. SUMMARY

(FLORAL BIOLOGY AND REPRODUCTIVE MECHANISM IN *Crotalaria mucronata* Desv.)

In order to elucidate some aspects of the floral biology and reproductive mechanisms of *Crotalaria mucronata* Desv., some tests like pollen viability and sugar, starch and fat contents in floral whorls were accomplished. Daily visits of insects were also registered.

The reproductive capacity of the species was determined. Since the flowers are cleistogamous the great number of visiting insects seemed not to affect their reproduction.

7. LITERATURA CITADA

1. BUCHMANN, S.L. Buzz pollination of *Cassia quiedondilla* (Leguminosae) by bees of the genera *Centris* and *Melipona*. *Bull. Sth. Calif. Acad. Sci.* 73 (3):171-173. 1974.
2. BURKART, A. *Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas*. 2.^a ed. Buenos Aires, Acme Agency, 1952. I-XV + 569 p.
3. CRUDEN, R.W. Pollination Biology of *Nemophila menziessi* (Hidrophyllaceae) With comments on the Evolution of Oligolectic Bees. *Evolution* 126 (3):373-389. 1972.
4. FAEGRI, K. & VAN DER PIJL, L. *The principles of pollination ecology*. 3.^a ed. Oxford, Pergamon Press, 1979. 291 p.
5. FRANKEL, T. & GALUN, E. *Pollination mechanisms, reproduction and plant breeding*. Berlin, Springer-Verlag, 1977. 281 p.
6. FREE, J.B. *Insect pollination of crops*. New York, Academic Press, 1970. 544 p.
7. JOHANSEN, D.A. *Plant microtechnique*. New York, McGraw-Hill, 1940. 523 p.
8. KÜGLER, H. *Blütenökologie*. Stuttgart, Ed. Gustav Fischer Verlag, 1970. 117 p.
9. LAWRENCE, G.H. *Taxonomy of vascular plants*. New York, The Macmillan Company, 1966. 823 p.
10. LEPPIK, E.E. Evolutionary relationship between entomophilous plant and authophilous insects. *Evolution* 66(11): 466-481. 1957.
11. LEPPIK, E.E. Floral evolution and pollination in the leguminosae. *Ann. Bot. Fenn.* 3:299-308. 1966.
12. LINDMAN, C.A.M. Papillionaceae in die Blüteneirichtungen einiger südamerikanischer Pflanzen I. Leguminosae. Bihang till kgl. Svenska Veteskapsakademien Handlanger Band 27, afd 3, 14:24-60. 1902.

13. LINSLEY, E.C. & CAZIER, M.A. Further observation on bees which take pollen from plants of the genus *Solanum*. *Pan. Pacif. Ent.* 39 (1): 1-18. 1963.
14. MORITA, T. & ASSUMPÇÃO, R.M.V. *Manual de soluções, reagentes e solventes*. São Paulo, Ed. Edgar Blücher Ltda., 1972. 627 p.
15. MÜLLER, H. *Die Befruchtung der Blumen durch Insekten*. Leipzig, W. Engelmann, 1873. 112 p.
16. NORONHA, M.R.P., GOTTSBERGER, L.S. & GOTTSBERGER, G. Biologia floral de *Stylosanthes* (Fabaceae) no cerrado de Botucatu, Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Biol.* 42 (3): 595-605. 1982.
17. ORMOND, W.T. & PINHEIRO, M.C.B. Contribuição ao estudo biosistêmico e ecológico de *Petiveria alliacea* L. *Rev. Bras. Biol.* 34 (1): 123-142. 1974.
18. PERCIVAL, M.S. *Floral Biology*. Oxford, Pergamon Press, 1965. 243 p.
19. PINHEIRO, M.C.B. *Contribuição ao estudo da biologia floral e sistema de reprodução de Cassia ramosa var. maritima Irwin*. Rio de Janeiro, UFRJ, 1979. 88 p. (Tese de MS).
20. PROCTOR, M. & YEO, P. *The pollination of flowers*. 2nd. ed. London, William Collins, 1975. 418 p.
21. RUST, R.W. & CLEMENT, S.L. Entomophilous Pollination of the *Collinesia sparsiflora* Fischer and Mayr. *J. Kaus. Ent. Soc.*, 50(1):37-48. 1977.
22. VIDAL, W.N. & VIDAL, M.R.R. *Botânica organográfica*. 2a. ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1983. 114 p.