Marina Therezinha Andreucci Coleman

Caracteres Reprodutivos de Quatro Espécies de Crotalaria

unesp

MARINA THEREZINHA ANDREUCCI COLEMAN

CARACTERES REPRODUTIVOS DE QUATRO ESPÉCIES DE CROTALARIA

Tese apresentada para obtenção do grau de Doutor em Genética, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Área de Concentração em Genética.

Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP.

Inst. de Biociências, Letras e Ciências Exatas - UNESP
BIBLIOTECA
S. J. Rio Preto
566/92

SÃO JOSÉ DO RIO PRETO

1992

Este trabalho foi realizado no Departamento de Botânica do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Campus de São José do Rio Preto.

Orientador: Professor Doutor James Robert Coleman

AO
PROFESSOR DOUTOR CELSO ABBADE MOURÃO

MESTRE, ORIENTADOR e PESQUISADOR
(IN MEMORIAN)

DEDICADO E INCANSÁVEL NA FORMAÇÃO CIENTÍFICA
DE PESSOAS.

À
PROFESSORA DOUTORA CLÁUDIA MÁRCIA APARECIDA CARARETO

DISCÍPULA E MESTRA

DA ARTE DE ALCANÇAR O CONHECIMENTO E DOAR-SE
A CADA MOMENTO EM BENEFÍCIO DE UMA CAUSA,
LEVANDO-A AO TÉRMINO DA JORNADA, COM
SABEDORIA, DEDICAÇÃO E BONDADE.

D E D I C O E S T E T R A B A L H O

Há tempo para tudo:

Para nascer e morrer...
Tempo para falar e tempo para silenciar...
Tempo para plantar e para colher...

(Eclesiastes: 3)

A G R A D E C I M E N T O S

Reconhecer, é dar graças pelo bem que encontramos nas pessoas, coisas e circunstâncias, e não mero dever ou gentileza. Muito mais que isso é louvar a Deus; é crer no bem acima de tudo; é trazer à evidência o mundo com beleza e amor ... das pessoas, e das oportunidades.

Agradeço, portanto, a tudo e a todos, nas mais variadas contribuições, permitindo com que chegássemos ao fim do trabalho que julguei impossível no momento da ausência do nosso amigo e orientador, Dr. Celso Abbade Mourão. À ele, o nosso reconhecimento pela orientação (a sua maneira, a de abrir espaço para todos) incentivo e amizade.

A minha admiração, respeito e gratidão fica aqui registrada à Dra. Cláudia Márcia Aparecida Carareto que abraçou a causa deixada pelo Prof. Celso e com sua capacidade, bem reconhecida por ele, colaborou para que este trabalho se concretizasse, preenchendo a ausência, como se ele aqui estivesse.

Ao orientador, Dr. James Robert Coleman que, por razões imprevistas, acabou voltando com a orientação, agora de doutorado, com sugestões e contribuições que muito enriqueceram o trabalho.

Aos professores da banca examinadora: Prof. Dr. Paulo Sodero Martins, Prof. Dr. Reinaldo Monteiro, Prof. Dr. José Antonio Proença Vieira de Moraes, Profa. Dra. Cláudia Márcia Aparecida Carareto, agradeço a avaliação, críticas e sugestões.

Aos professores do pós-graduação que além da oportunidade do conhecimento nos proporcionaram o incentivo, o interesse e a amizade que muito contribuiu para a nossa determinação de continuar. Em especial aos professores: Prof. Dr. Wlademir João Tadei, Profa. Dra. Maria Astride Saad Corradi, Prof. Dr. Aluísio Gallo, Profa. Dra. Hermione Elly Mellara de Campos Bicudo, Prof. Dr. Grigor Vartanian, Prof. Dr. James Robert Coleman.

Ao Dr. Haroldo C. de Lima do Jardim Botânico do Rio de Janeiro pela identificação do material botânico.

Aos professores do Departamento de Zoologia, Dr. Reinaldo José Fazzio Feres e Dr. Arif Cais, pela identificação dos insetos.

Ao Prof. Dr. José Antonio Cordeiro, do Departamento de Computação, pelas sugestões estatísticas.

Aos colegas do Departamento de Botânica, pela cordialidade e incentivo, em especial à Profa. Dra. Neusa Taroda Ranga e Profa. Dra. Eurides Mambreu pela leitura crítica e sugestões do texto. À Profa. Dra. Nívea Dulce C. Froes e Profa. Elenice de Cássia Conforto pelo apoio e sugestões de leitura.

Ao Auxíliar Acadêmico Sr. Ademir de Oliveira Veschi, pela sempre disponibilidade desde o início da coleta de dados até a digitação do texto, não medindo esforços para que o trabalho fosse entregue dentro do prazo. À Sra. Maria Helena Carabolante de Sá, nossa eficiente técnica que muito contribuiu para o bom desempenho dos trabalhos, realizando também as fotos da prancha de ilustração da tese.

À Sra. Vilma Therezinha de Souza Strengari, secretária do Departamento de Botânica, que sempre atendeu com gentileza e eficiência as questões administrativas.

Ao Sr. Izabelino Fávaro, pelo cuidado no plantio e conservação dò canteiro experimental, trabalho indispensável para as nossas observações.

À Sra. Bernadete Daineze Trevisan, batalhadora incansável pela manutenção do ambiente de trabalho e nosso bem estar.

À Sra. Soraia Fernandes R. Soares, pela habilidade e gentileza no atendimento e execução de esquemas.

Aos amigos e colegas do curso de pós-graduação, Marcelo Ferreira Lourenço e Mary Itayama, sempre presentes na colaboração inestimável na arte da computação, registrando os dados com capacidade e boa vontade, o meu abraço especial.

Aos funcionários da Biblioteca do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas de São José do Rio Preto, cujo bom atendimento proporcionou bom andamento dos trabalhos, em especial à: Marinalva L. Freitas Maia, Olinda Vacari T. Luchezi, Maria Helena Lima, Wilse T.B. Azevedo Soares, Maria do Carmo Junqueira, Dinorah Marolla Azarito.

Ao curso de pós-graduação do IBILCE, em especial aos coordenadores, Dr. Wlademir João Tadei e Dra. Marileila Varella Garcia. As funcionárias da Seção de Pós-Graduação, Senhoras Nanci Queiroz de Assis Pereira e Onilda N. de Oliveira Akasaki, pelo atendimento e dedicação ao trabalho.

Ao pessoal técnico da Estação Experimental de Pindorama, pelo fornecimento de mudas e sementes.

À Direção do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas de São José do Rio Preto - UNESP, pela disponibilidade das condições materiais para a realização deste trabalho.

INDICE

I - INTRODUÇÃO..... 1

II - MATERIAL E MÉTODOS..... 23

III - RESULTADOS..... 35

1 - Plantas: Comportamento reprodutivo e produção total de flores e frutos..... 35

2 - Inflorescência..... 44

2a - Número de grãos de pólen por antera..... 44

2b - Número de óvulos normais e abortados..... 57

3 - Flores e Frutos: Produção por área do racemo..... 63

4 - Autopolinização e Autocompatibilidade..... 83

5 - Sementes..... 93

5a - Peso das sementes..... 93

5b - Taxa de germinação..... 97

6 - Efeito do peso da semente no desenvolvimento da plântula..... 105

IV - DISCUSSÃO..... 123

V - RESUMO..... 143

VI - SUMMARY..... 146

VII - REFERÊNCIAS..... 149

VIII - APÊNDICE..... 163

I - INTRODUÇÃO

As Angiospermas adquiriram uma dominância da biomassa terrestre, comparadas às Gimnospermas e às Pteridófitas, devido a sua capacidade de sobrevivência aos mais variados nichos ecológicos, adotando uma gama variável de formas e hábitos de crescimento e cujo ciclo de vida está representado pelas fases haplóides e diplóides do gametófito e esporófito respectivamente.

Estruturas especiais para a reprodução (androceu e gineceu), meiose, recombinação, singamia e substâncias químicas para atração de gametas tornam o custo energético da reprodução sexuada bastante alto (Willson, 1983). A migração de genes através do pólen e das sementes é outro aspecto fundamental da reprodução sexuada. Nas Angiospermas, a dispersão do pólen ocorre através de diversos tipos de vetores. Regiões receptoras de pólen (estigma) e de crescimento do tubo polínico (estilete), bem como de ovário fechado contendo óvulos e desenvolvimento do endosperma, são formações distintas das Angispermas.

Todos os organismos distribuem seus recursos entre as atividades essenciais para a vida, que são: crescimento, manutenção, reprodução e defesa. A alocação de recursos destinados a reprodução é chamada de esforço reprodutivo e envolvem energia, nutrição mineral e água, variando através do tempo, com ajustamentos que garantem a reprodução. A seleção favorece a alocação de recursos que garantem a aptidão do indivíduo. As plantas anuais que são monocárpicas (apresentam um único evento de reprodução durante a vida) sob condições de

limitação de nutrientes transferem minerais das folhas para as inflorescências. Por outro lado, as plantas policárpicas (as que apresentam vários eventos de reprodução durante a vida) tendem a sacrificar tanto a reprodução como o crescimento em favor da manutenção (Willson, 1983).

A alocação de recursos durante o desenvolvimento e estratégias de colonização tem sido interpretada seguindo modelos matemáticos que caracterizam os conceitos de seleção "r" e "K". As populações "r" são adaptadas à colonização rápida com estratégia de crescimento e floração de poucas semanas após a germinação, utilizando grande parte de seus recursos na reprodução sexuada. São na maioria autógamas, geneticamente invariáveis e altamente plásticas. Colonizam terrenos abertos e férteis e não conseguem competir com colonizadores já estabelecidos. São geralmente monocárpicas e produzem muitas sementes de fácil dispersão. As populações "K" crescem vagarosamente a partir de sementes, são auto-incompatíveis e florescem após longo período de crescimento vegetativo. São policárpicas, geneticamente variáveis e exibem pouca plasticidade. Suas sementes têm baixa dispersabilidade e ocorrem em comunidades estáveis. Muitas plantas apresentam estratégia entre "r" e "K" (McArthur & Willson, 1967; Richards, 1986).

Os recursos destinados à reprodução, à manutenção, ao crescimento e à defesa envolvem energia, nutrição mineral e água cujos requerimentos para cada atividade sofrem ajustes através da seleção natural que garantem a aptidão do indivíduo. A reprodução nos vegetais, geralmente coincide com épocas de abundância de

recursos. Willson (1983) apresenta modelos de alocação de recursos para as três atividades vitais (crescimento, reprodução e manutenção) divididos entre si, de forma gráfica, onde uma ou outra função apresenta maior ou menor investimento de recursos.

A produção de descendentes é controlada pela seleção e pelas variantes genéticas proporcionando um ótimo de fecundidade. Assim, três fatores principais agem em conjunto para determinar a taxa de contribuição de genes para a geração futura: fecundidade, idade do primeiro evento de reprodução e frequência desses eventos (Willson, 1983). Fecundidade caracteriza-se pelo número de descendentes produzidos em um único evento de reprodução. Geralmente existe uma correlação inversa entre fecundidade e o tamanho dos descendentes. A antecipação do primeiro evento de reprodução é de grande vantagem se existir sobreposição de gerações. Uma diminuição relativamente pequena na idade da primeira reprodução pode ter o efeito equivalente a um grande aumento de fecundidade permitindo a entrada de genes no conjunto gênico. Muitas plantas continuam a crescer durante sua vida e a fecundidade aumenta progressivamente com a idade. Um atraso no tempo da maturidade sexual pode ser compensada por um aumento de sobrevivência e maior fecundidade (Willson, 1983).

Estratégias sexuais envolvem ajustes nas funções maternas e paternas quanto a produção de flores e de frutos. O número de grãos de pólen, número de óvulos, sistema de reprodução e de polinização, razão pólen/óvulo, respondem diferentemente às pressões seletivas (Webb, 1979).

Pesquisadores que trabalham com plantas cultivadas têm interesse nas causas e consequências da mortalidade entre a fertilização e a maturação dos frutos. O aborto de flores e de frutos varia consideravelmente entre as espécies, desde 1% até 100% (Lloyd, 1980; Stephenson, 1981). Lloyd (loc. cit.) considerou a regulação do número de flores e frutos como um ajuste no investimento paterno e materno que combina recursos disponíveis e melhora a qualidade dos descendentes. O estudo sobre padrões de alocação de recursos, tanto espaciais como temporais, tem sido realizado com relação ao aborto de flor, de fruto e de sementes imaturos. Bawa & Webb (1984) documentaram padrões diferentes em sete espécies de árvores tropicais com relação a aborto de flor, fruto e semente imaturos, sugerindo serem devidos à seleção atuando nos vários estágios da vida da planta entre a fertilização e a produção de sementes (Harper, 1977; Lloyd, 1980; Stephenson, 1981).

Alguns autores defendem a falta de polinização bem sucedida como sendo a maior causa de aborto, entretanto, a polinização inadequada não resultaria em aborto em larga escala. Outros fatores estariam envolvidos, sugerindo-se como agentes de abortos a limitação de recursos nutritivos e de grãos de pólen (Webb, 1979; Primack & Lloyd, 1980; Willson & Schemske, 1980). O sucesso reprodutivo da planta masculina é limitado a qualidade dos cruzamentos e da planta feminina, aos recursos disponíveis para a nutrição do embrião. Plantas podem originar muito mais flores do que as que podem dar origem a frutos. Vários autores têm adotado a posição de que a seleção deve ter aumentado a

eficiência na doação de pólen como força principal direcionando à evolução floral (Willson & Price, 1977; Udovic & Asker, 1981; Charnov, 1982; Bell, 1985; Stanton, 1984; Harder et al., 1985). O transporte do pólen por animais é bastante dispendioso, uma vez que frequentemente menos de 1% do pólen removido da flor pelo polinizador, alcança estigmas de flores visitadas em seguida (Levin e Berube, 1972; Strickler, 1979; Harder et al., 1985). A aptidão masculina de espécies com fecundação cruzada pode ser aumentada, em parte, pela liberação gradativa do pólen em períodos mais longos de tempo, de tal maneira que polinizadores levam quantidades menores de pólen de cada vez, reduzindo as perdas e aumentando a eficiência (Harder, 1986). Outra estratégia é a de aumentar a produção de pólen. Plantas hermafroditas com fecundação cruzada, produzem mais flores em relação ao número de frutos, que teriam exclusivamente a função masculina de aumentar a produção de pólen (Willson & Price, 1977; Charnov, 1979; Sutherland, 1984, 1986a, 1986b, 1987).

A abscisão ocorre tanto nas flores como nos frutos estando os fatores envolvidos neste processo relacionados com a fisiologia, e a ecologia das espécies, bem como, com os insetos polinizadores e predadores. Diferentes gêneros e espécies diferenciam-se quanto à produção de flores que iniciam a formação de frutos e as que produzem frutos maduros (Stephenson, 1979). São vários os fatores que interagem na limitação da produção de sementes. Ecologistas têm se dedicado ao estudo das flores e das sementes, procurando relacionar fatores que envolvem também o crescimento e manutenção da parte vegetativa (Willson, 1979), a

atração de polinizadores, a dispersão das sementes e a predação (Heinrich & Raven, 1972; Gentry, 1974; Willson, 1974; Janzen, 1976; Augspurger, 1980; Shaffer & Shaffer, 1979; Stephenson, 1980). O potencial reprodutivo implica em recursos energéticos para o desenvolvimento da planta mãe, como número de flores polinizadas, de óvulos fertilizados, da predação e das condições ambientais. Nas plantas hermafroditas os recursos alocados para a reprodução estão divididos entre os órgãos masculino (pólen) e feminino (frutos e sementes) (Harper et al., 1970).

Hormônios de crescimento como as auxinas, as giberelinas e as citoquininas, têm papel importante no crescimento e no desenvolvimento do ovário. Na maioria das espécies ocorre pouco crescimento do ovário durante a ântese. A auxina produzida pelos grãos de pólen, ao alcançar a superfície estigmática, promove um estímulo para o crescimento do ovário (Coombe, 1960; Crane, 1964).

Entre as Leguminosae, sub-família Papilionoideae, as flores abrigam os estames e pistilos dentro da carena, sob tensão. O polinizador deve exercer força considerável sem danificar a flor, para liberar o estigma e os estames. O mecanismo denominado "tripping" é a força exercida pelo polinizador sobre a carena para liberar os estames carregados de pólen, que de forma "explosiva" saem contra o corpo do polinizador (Richards, 1986). Também tal mecanismo pode causar ruptura da membrana estigmática, liberando substâncias que facilitam a aderência do pólen. A quebra do "tripping" em plantas auto-compatíveis tornou a autogamia possível (Arroyo, 1981).

A transformação da flor em fruto através do desenvolvimento do ovário é, em geral, acompanhada de murchamento ou da abscisão de pétalas e estames. O estímulo inicial para o desenvolvimento do fruto é resultado da polinização. Em espécies com frutos sem sementes, a aplicação de auxina no estigma estimula a formação de frutos partenocárpicos (Verkek, 1957; Taiz & Zeiger, 1991).

Durante o desenvolvimento das sementes são produzidos estímulos que controlam o crescimento e a diferenciação dos frutos jovens. Hormônios produzidos pelas sementes também têm um papel importante na mobilização de recursos no desenvolvimento dos frutos (Nitsch, 1950; Bollard, 1970; Biale, 1978). Alguns pesquisadores acreditam que existe a possibilidade das sementes não produzirem quantidade suficiente de hormônios de crescimento, aumentando a do ácido abscísico (ABA), tendo como consequência a abscisão do fruto jovem (Nitsch, 1950; Udovic, 1981). Ao ABA é atribuido importante papel no controle da germinação de sementes imaturas bem como pela prevenção da germinação prematura dentro do fruto (Figueiredo & Pereira, 1991)

Os recursos disponíveis para a reprodução podem variar com as condições ambientais, com a densidade, a presença de herbívoros, a competição inter e intraespecífica (Harper et al., 1970; Harper, 1977; Stephenson, 1979) e a limitação na assimilação no armazenamento de reservas que podem variar entre os ramos férteis (Leopold & Scott, 1952; Lenz, 1967).

Com exceção das espécies apomíticas e partenocárpicas, as flores devem ser polinizadas para que se formem os frutos,

entretanto, trabalhos nessa área têm mostrado a formação de tubos polínicos nos pistilos de flores que caem por abscisão, constituindo cerca de 82% a 100%, como em Prunus cerasus (Bradburg, 1929) e Asclepias syricea L. com 9,6% das flores formando frutos (Willson & Price, 1977). Fato interessante foi observado em Quercus alba em que 57% das flores que sofreram abscisão tinham recebido grãos de pólen, provavelmente incompatível com o tecido materno (Williamson, 1966).

Muitos vegetais desenvolveram mecanismos de auto-incompatibilidade que garantem o exocruzamento e impedem que grãos de pólen portadores de um determinado alelo germinem no estigma de uma planta com o mesmo alelo. Como o tecido do estigma é diplóide e os grãos de pólen são haplóides, três alelos no mínimo são necessários para que o mecanismo seja operante, entretanto, mesmo quando três alelos são igualmente frequentes em uma população, muitas das polinizações fracassam e não ocorre fertilização. Outros alelos originados por mutação terão vantagens seletivas, sendo maiores as vantagens quando o alelo novo for raro, pois, o pólen que o transporta poderá funcionar em quase todas as plantas da população. O inverso ocorre quando a frequência de um alelo aumenta (Dobzhansky, 1970). A auto-incompatibilidade está bem estabelecida nas Angiospermas envolvendo no sistema, aspectos genéticos, hormonais e bioquímicos de interação pólen-estigma levando ao impedimento da fertilização. O mecanismo é complexo, com diferenças entre os sistemas gametofítico e esporofítico. Os vários mecanismos que levam as células a aceitarem ou não diferentes genótipos,

demonstram que o reconhecimento produz benefícios práticos da fecundação cruzada permitindo que diferentes genótipos sejam combinados para melhor vigor. Por outro lado, a auto-polinização permite que genótipos bem adaptados sejam fixados e uma linhagem pura seja selecionada (Nettancourt, 1977).

Alguns pesquisadores tentaram, sem sucesso, aumentar o número de frutos por meio de polinização manual (Bushnell, 1920; Harrold, 1935; Mann & Robinson, 1950; Benseler, 1975; Stephenson, 1979). Em Catalpa speciosa foi comparada a produção de polinização manual e livre e constatado que os dois tipos produziram a mesma quantidade de frutos; enquanto em Mangifera indica e em Cassia fasciculata houve ligeiro aumento na proporção de frutos iniciais formados, mas que não atingem a maturidade (Stephenson, 1979).

Muitos agentes abióticos ou bióticos causam dano e abscisão de frutos. Baixas temperaturas podem ser causa de abortos de frutos jovens (Addicott & Lynch, 1955; Shubert, 1955; Hard, 1963; Heinrich & Raven, 1972). A predação das sementes por insetos também causa abscisão seletiva de frutos jovens (Janzen, 1971; Mattson, 1978; Boucher & Sork, 1979; De Steven, 1980). Em Cassia grandi foi observado aborto de aproximadamente 95% dos frutos iniciais e 85% deles estavam danificados por insetos (Janzen, 1969). Fatores genéticos também são responsáveis pela abscisão de frutos (Bradburg, 1929). Udovic & Asker (1981) verificaram produção de frutos maduros em Yucca whipplei em somente 10% das flores. Trabalhos relacionados com abscisão de frutos sugerem limitação de nutrientes que agiriam indiretamente

na formação e permanência de frutos na planta (Nightingale & Farnham, 1936; Willson & Price, 1980); entretanto, a redução da área foliar pode ser responsável também por uma elevada taxa de aborto (Cunningham, 1939; Mc Callan, 1948; Mc Alister & Krober, 1958; Jameson, 1963). Quinlon & Preston em 1968 (cf. Bollard, 1970), pela remoção do ápice vegetativo de macieiras, obtiveram redução da queda dos frutos. Neste caso, o crescimento apical estaria competindo em recursos com os frutos.

A semente apresenta formas bastante variáveis, enquanto que o tamanho, um indicador do investimento energético para cada descendente, é relativamente invariável quando comparado com outras características, como tamanho da planta, número de inflorescências, número de sementes. O parâmetro usado para o tamanho é o peso (Harper et al., 1970).

A relação entre tamanho e número de sementes apresenta vantagens e desvantagens, tais como: sementes grandes apresentam embriões grandes e maior quantidade de endosperma podendo produzir plântulas vigorosas e com maior habilidade de sobreviverem em diversos tipos de ambientes. Entre as desvantagens das sementes grandes com relação às pequenas, aponta-se um maior intervalo de tempo para o crescimento do embrião, além da dispersão mais difícil se não houver disponibilidade de mecanismos especiais. Maior número e menor tamanho de sementes propiciam maior possibilidade de dispersão ao acaso. Assim, se o material energético é limitado um maior número de sementes é compensado pela diminuição de tamanho (Stebbins, 1971).

Polimorfismo de tamanho da semente é conhecido em certos gêneros, como Chenopodium e Atriplex (Harper et al., 1970). A cor da semente também apresenta variação, sendo as maiores de cor castanha e as menores de cor preta no gênero Atriplex. As sementes maiores germinam mais rapidamente com relação às menores, que caracteriza certa dormência. O tamanho da semente constitui fator de grande interesse na seleção e controle da hereditariedade, como acontece com as sementes de soja (Glicine max) bem como do estabelecimento da uniformidade do tamanho e vigor das colheitas (Fehr & Weber, 1968). Um mínimo de três ou quatro fatores genéticos, com efeito aditivo, parece controlar o tamanho das sementes de cevada, Sorghum vulgare, (Voigt et al., 1966; cf. Harper, 1970). O tamanho das sementes pode diferir marcadamente em alguns casos entre populações da mesma espécie (Cook, 1972; Crouch & Kloet, 1980; Wyatt, 1981). A regulação gênica do tamanho das sementes é um tanto complexa, dado ser o endosperma determinado por duas contribuições maternas e uma paterna que vão suprir inicialmente o embrião de alimento.

Corner (1954) utilizou o caráter tamanho da semente e diferenciou duas categorias de famílias lenhosas: as megaspermas e as microspermas. A variação de tamanho entre elas tem extremos representados pelas orquídeas como Goodyera repens (0,00002 g) e pelo côco da palmeira, Lodoicea malvidica (cerca de 20 kg). Entre as famílias estudadas, as leguminosas se destacam por terem sementes com grande variação de tamanho (Stebbins, 1971).

Certos grupos restritos de plantas têm pólen estéril e mecanismo especial de formação de gametas femininos sem

reprodução sexuada. Neste caso, há formação de sementes sem prévia fertilização da oosfera e o processo foi denominado de agamospermia (Gustafsson, 1946). A apomixia, neste caso, somente mantém os níveis de heterozigosidade.

No sistema reprodutivo sexual há uma grande variedade de opções. Nas flores hermafroditas pode haver auto-polinização e no caso de haver fertilização é efetuada a autogamia. Se a flor recebe pólen de outra flor a polinização é cruzada e a fertilização é dita alogamia. Entre duas flores da mesma planta diz-se da fertilização geitonogâmica e entre flores de plantas separadas, xenogâmica (Percival, 1969). Diz-se que uma flor é autogâmica quando o pólen da antera fertiliza o óvulo da mesma flor. A transferência de pólen da mesma flor, ou entre flores, não garante necessariamente que haja fertilização. Na maioria das plantas a auto-polinização é rejeitada.

A cleistogamia foi descrita pela primeira vez por Kuhn (1867, cf. Uphof, 1938) que a definiu como sendo flores com auto-polinização e autofecundação. Formas florais fechadas que produzem frutos e sementes como resultado da autogamia são amplamente encontradas entre as Angiospermas. Lord (1981) relacionou 56 famílias e 287 espécies e, entre as leguminosas, cerca de 21 gêneros com dimorfismo floral com redução de estames e do perianto, portanto consideradas cleistogâmicas (CL) verdadeiras. As chamadas pseudocleistogâmicas referem-se às espécies em que não há diferenças morfológicas, característica das CL verdadeiras, porém, as flores não possuem expansão do perianto permanecendo fechadas até a produção de frutos. No caso

das flores CL, em pré-ântese há auto-polinização seguida de ântese, comum entre as leguminosas cultivadas (Frankel & Galun, 1977).

Maheshwari, (1962, cf. Lord, 1981) apoiou a hipótese de Darwin, de 1877 de que as flores cleistogâmicas eram formas modificadas das chasmogâmicas, representando uma alternativa herdada no modo de reprodução. Burck (1906; cf. Lord, 1981) sugeriu que muitas espécies cleistogâmicas teriam se originado das espécies chasmogâmicas por mutação. Uma espécie bem estabelecida que exibe cleistogamia é Salvia cleistogama, cultivada por Ascherson (1871, cf. Uphof, 1938) durante várias gerações, demonstrando ser a constância da cleistogamia uma condição herdada. Os autores sugerem que as espécies com cleistogamia facultativa também foram originadas através de mutações como em Juncus bufonius e Drosera rotundifolia. Webster (1900, cf. Uphof, 1938) descreveu experimento com Linaria canadenses produzindo flores cleistogâmicas e, no ano seguinte, no mesmo local, plantas produziram flores chasmogâmicas. Entre as orquídeas, a cleistogamia é bem estabelecida, como em Calanthe trifolia var. cleistogamia (cf. Uphof, 1938) e Plocoglottis glaucescens var. cleistogamia. Bates & Henson (1955) mostraram que a herança de chasmogamia em Lespedeza cuneata era devida a ação de 58 a 102 genes e somente 36% da variação do caráter seria dependente de fatores hereditários com interferência de fatores ambientais. Base genética da cleistogamia tem sido sugerida para muitas espécies (Bates & Henson, 1955; Long, 1966; Lord, 1981; Donelly, 1979), porém a extensão dos fatores hereditários

responsáveis pela cleistogamia com modificação da morfologia floral ainda não está bem determinada. Formas florais tanto CL como CH podem ocorrer em um determinado ponto do ciclo de vida de grande número de plantas sob diferentes condições ambientais (Heslop-Harrison, 1961; Lord, 1980; Waller, 1980).

O termo cleistogamia ecológica foi proposto por Uphof (1938) para os casos em que fatores como água, luz, temperatura, solo, nutrientes, umidade do ar influenciam o aparecimento de flores CL ou CH. Às vezes em uma mesma espécie há inicialmente chasmogamia seguida de cleistogamia e em outros casos há uma sequência reversa. Entretanto, Uphof (1938) mostrou experimentalmente a ocorrência das duas formas florais provenientes de um mesmo genótipo. Commelina virginica quando cultivada em vaso com forte luminosidade, produziu ramos aéreos com flores chasmogâmicas e os que se desenvolveram abrigados da luz produziram flores cleistogâmicas.

O termo cleistoforia foi dado a flores fechadas visitadas por insetos. Ule (1895, cf. Uphof, 1938) encontrou, no Brasil, flores de Purpurella cleistoflora que permaneciam fechadas, com aparência de cleistogâmicas verdadeiras, com estames e pistilos situados de forma a não possibilitar a autogamia. Entretanto as flores são visitadas por Hymenoptera que podem, nessa ocasião, causar polinização.

Tem sido sugerido que a auto-compatibilidade foi selecionada em diferentes ocasiões entre as Leguminosae, como parte da estratégia de colonização. Mudanças no sistema de polinização cruzada deve ter dado origem ao sistema de auto-

polinização, através de mudanças genéticas agrupadas nas seguintes categorias: mutação, poliploidia e mudanças no "background" genético que resultaram num efeito básico de auto-polinização e fertilização (Nettancourt, 1977).

Vantagens da auto-polinização dependem da seleção para assegurar produção de sementes na falta de polinizadores, sobrevivência de um genótipo bem sucedido e redução dos custos da reprodução sexuada alocando-os para o aumento da fecundidade.

Seja qual for o sistema reprodutivo o resultado da fertilização é a produção de sementes. Dormência é a capacidade frequentemente encontrada entre as sementes de muitas espécies invasoras, de sobreviverem a condições desfavoráveis durante um certo período e germinarem só mais tarde. Assim, a dormência pode persistir durante anos, provendo fontes de sementes que poderão germinar de forma não sincronizada, possibilitando constante emergência de plântulas. Pesquisas visando um melhor conhecimento da germinação e quebra de dormência foram realizadas em Crotalaria medicagenia (Rao, 1947), C. ochroleuca (Jones, 1971) e C. juncea (Pandey & Sinha, 1978). Inibidores químicos podem ser responsáveis pela dormência como também pela resistência a microorganismos. Em várias sementes, lactonas misturadas a compostos fenólicos são antissépticos presentes nas sementes. Inibidores não hormonais de sementes incluem compostos fenólicos, flavonóides, glicosídeos e taninos (Egley & Duke, 1985).

Em muitos casos, a dormência é devida à constituição da testa, ou ainda do endosperma da semente ou do pericarpo do fruto bloqueando a entrada de água e limitando a respiração e impedindo

mecanicamente que o embrião se expanda. Uma ou mais condições podem ocorrer em uma só espécie. A testa da semente, impermeável à água, ocorre em muitas espécies de várias famílias, entre elas as Leguminosae. A emergência da radícula muitas vezes não ocorre, mesmo utilizando-se de processos mecânicos de escarificação ou de cortes na semente. Dell (1980) detectou na semente de Albizia lophantha áreas da camada paliçada menos resistentes ("estrofíolos") que permitem a entrada de água após serem removidas através de fervura.

Trabalho realizado com Crotalaria medicaginea (Rao, 1947) mostrou baixa taxa de germinação em laboratório (1% a 30%), mesmo após tratamento com água a 40°C, escarificação com areia e tratamento com vapor de etileno. O melhor resultado para eliminar o estado de dormência foi obtido com ácido sulfúrico concentrado durante 50 minutos. O autor concluiu que a germinação estava impedida pela testa das sementes.

A impermeabilidade das sementes à água constitui um dos mecanismos mais efetivos da dormência ocorrendo em vários membros de famílias de plantas invasoras, inclusive leguminosas, que geralmente apresentam sementes duras que respondem à escarificação (Egley, 1979). Marbach & Mayer (1975) registraram a resistência da germinação de Pisum elatius relacionada com o escurecimento do tecido envolvente da semente quando em contato com oxigênio atmosférico, concluindo que uma reação catalizadora do polifenol oxidase impedia a penetração de água para que pudesse ocorrer embebição da semente.

A regulação hormonal da dormência e da germinação pode ser causada por giberelina, citoquinina e ácido abscísico. O etileno tem sido usado para estimular a germinação de muitas sementes (Ketting, 1977) que já possuem essa substância, porém em quantidade abaixo do limiar necessário à germinação (Egley, 1978).

Tamanho de semente e desenvolvimento da plântula tem sido estudado tanto em casa de vegetação como em trabalho de campo. O efeito do tamanho da semente na aptidão da plântula é bastante complexo. Diferenças de tamanho de sementes e qualidade da plântula não tem correspondência linear. Diferenças de tamanho de sementes representam diferenças fisiológicas e as plântulas resultantes enfrentam também o impacto de microhabitat, onde a germinação vai se estabelecer e a plântula sofrer uma adaptação variável correlacionada com a plasticidade (Marshall, 1986).

Desigualdade na alocação de recursos entre frutos ou sementes em desenvolvimento tem sido documentada. A variação na biomassa de frutos ou número de sementes pode ser atribuída a várias causas; a qualidade do pólen, por exemplo, pode determinar quais sementes ou frutos são retidos e quais são abortados (Bookman, 1984; Lee, 1984). A remoção de frutos competindo numa mesma inflorescência pode afetar o número e o tamanho dos frutos e de sementes desenvolvidas (Lee & Bazzaz, 1982; Galen et al., 1985). Outro fator que pode influenciar o tamanho do fruto e da semente é a posição dos ovários de flores que também competem pelos recursos disponíveis. A presença de muitas sementes no fruto pode ter resultados positivos, como os ovários de

Amelanchier e Vaccinium com muitas sementes que se desenvolvem mais rapidamente do que aqueles com menos sementes (Gorchov, 1985).

O papel do processo de pré-fertilização na alocação de recursos no sucesso reprodutivo tem sido pouco investigado, com exceção do estudo de Wyatt (1981) no qual a variação intraespecífica de óvulos por ovário e número de sementes por fruto foi examinado. O autor mostrou que a variação no número de óvulos deveria ser menor que a variação no número de sementes porque existe um número relativamente constante de óvulos por ovário devido à seleção estabilizadora agindo contra um desvio desse número, assegurando maior eficiência reprodutiva. Por outro lado, a produção de sementes está sujeita a flutuações devidas ao comportamento dos polinizadores, às condições ambientais e à competição entre as plantas. Esse autor sugeriu uma alocação variável de recursos dentro do ovário. A competição intraovariana por recursos limitados teria como efeito variação nas condições de crescimento, constituindo um fator de pré-fertilização.

Solomon (1988), investigando padrões de alocação de recursos em óvulos e sementes de Solanum carolinense verificou que o número de óvulos por ovário variou ao longo da inflorescência, bem como o volume do ovário, decrescendo da posição basal para a distal. A remoção dos ovários da posição basal da inflorescência, em estadios iniciais de desenvolvimento, resultou em aumento do tamanho do ovário e do número de óvulos nos ovários distais, sugerindo um sistema de controle dinâmico. Frutos maduros da espécie mostraram padrão similar, decrescendo

em massa e número ao longo do eixo da inflorescência no sentido base-ápice. Entretanto, não está esclarecido se as variações de ovários e de frutos, quanto à alocação de recursos, decorrem da simples relação de causa e efeito, mas sim da expressão da adaptação entre os ovários ao longo da inflorescência.

Dados obtidos em 187 espécies de plantas hermafroditas auto-incompatíveis mostraram a formação de frutos de apenas 22,1% (Sutherland & Delph, 1984). Nas plantas hermafroditas que produzem flores bissexuais perfeitas, a formação de frutos é computada dividindo-se o número de frutos maduros pelo total de flores produzidas. Flores hermafroditas podem agir como doadoras de pólen (flores masculinas) e aquelas potencialmente produtoras de frutos (flores femininas), como referido por Charnov (1979); Primack & Lloyd (1980); Lloyd (1980); Sutherland (1987).

Sutherland & Delph (1984) propuzeram a hipótese de função masculina para as plantas hermafroditas nas quais o número de flores masculinas é maior do que o número de flores femininas funcionais e a produção total de frutos é controlada pela função masculina. Sutherland (1987), comparando resultados obtidos em plantas hermafroditas auto-incompatíveis com plantas monóicas, andromonóicas e dióicas, apresentou a hipótese de que a razão flor/fruto nas plantas hermafroditas se deve ao sucesso relativo das flores masculinas como doadoras de pólen. Os resultados indicaram não haver diferença significativa na razão de sexo floral nesses quatro sistemas. Quando comparados os sexos florais através do número de frutos por flor feminina e de frutos por flor masculina, considerando-se a polinização, a fertilização e a

maturação dos frutos bem sucedida, não há diferença significativa entre flor masculina hermafrodita e os outros sistemas. Isto sugere uma pressão seletiva responsável em manter constante a razão de sexo floral em espécies monóicas, dióicas e andromonóicas, como também pela baixa razão flor/fruto em hermafroditas.

A razão pólen-óvulo é, segundo Cruden (1977), um indicador do sistema de hibridização das Angiospermas, pois reflete a quantidade de pólen que atinge o estigma com resultados de um máximo de formação de sementes. Quanto mais eficiente o transporte de grãos de pólen, mais baixo é o índice pólen/óvulo. Assim as plantas cleistogâmicas deveriam ter o índice mais baixo se comparadas com as xenogâmicas.

O gênero Crotalaria pertence à família Leguminosae, sub-família Papilionoideae, e compreende cerca de 500 espécies predominantemente tropicais e sub-tropicais do hemisfério sul (Miller, 1967; Lewis, 1987). Burkart (1952) faz referência a distribuição do gênero nas Américas como sendo do sul dos Estados Unidos até região sub-tropical da Argentina, Uruguai e Brasil onde ocorre maior variedade de espécies.

Originárias da África e India (Bailey, 1949) introduzidas no Brasil como adubo verde, as espécies de Crotalaria tiveram ampla distribuição geográfica devido a grande capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais. No Brasil ocorrem principalmente nas regiões central, sul, sudeste e nordeste sendo encontradas em cerrados, caatingas e matas, frequentemente em terrenos baldios, cultivados e ao longo de

estradas (Soares & Souza, 1976; Matos, 1978; Lorenzi, 1982).

Embora algumas espécies sejam consideradas como forrageiras, são também tidas como invasoras de culturas, competindo com espécies cultivada (Leitão Filho et al., 1975). Micorrizas e nódulos bacterianos são descritos em C. vespertilio (Thomazini & Arens, 1971) e Allen & Allen (1981) relacionaram 140 espécies de Crotalaria que nodulam. Entre elas, estão C. incana, C. lanceolata e C. pallida. Entre as leguminosas, a associação simbiótica com Rhizobium, possibilita a fixação biológica do nitrogênio.

Entre as Leguminosae são encontrados compostos tóxicos que pertencem a seis grupos: alcalóides, aminoácidos, glicosídeos cianogênicos, saponinas, flavonas e glicosídeo de pirimidina (Kowacki, 1979). A respeito da toxicidade do gênero, alguns autores concordam que certas espécies são tóxicas apenas quando frutificam, tendo como princípio ativo a monocrotalina, um alcalóide contido nas sementes, folhas e caule de C. spectabilis (Allen & Allen, 1981; Miller, 1967). Tanto no homem como nos animais tem havido sérios danos (Kay et al., 1976; Ross, 1977; Kameji et al., 1980), bem como casos letais ocorridos no Equador (Lyford et al., 1976) e na índia (Tandon et al., 1976). Segundo Miller (1967), as propriedades tóxicas podem variar de acordo com as condições climáticas e edáficas. Entretanto, a toxicidade do gênero é assunto discutido na literatura, como no caso de C. paulinia e C. retusa, que têm suas folhas utilizadas como alimento em certas regiões da América Central, Suriname e Guianas (Hoehne, 1939).

Como não foi constatado na literatura, trabalhos referentes à produção em Crotalaria, o objetivo do presente estudo foi o de contribuir para um melhor conhecimento de quatro espécies de Crotalaria, C. incana L., C. lanceolata E. Mey, C. pallida Aif., C. spectabilis Roth. com relação a germinabilidade das sementes, ao desenvolvimento da plântula, e a produção de flores, frutos e de sementes nos seus aspectos qualitativos e quantitativos.

II - MATERIAL E MÉTODOS

Os nomes vulgares atribuídos às espécies do gênero Crotalaria se devem ao tipo de fruto, em legume que apresenta sementes soltas quando maduro e daí denominadas no Brasil de guizo de cascavel, xique-xique, feijão de boi, feijão de guizo, cascaveleira, guizeiro. As espécies estudadas têm distribuição geográfica brasileira principalmente no sul, norte, sudeste e nordeste com algumas ocorrências na região sul de Mato Grosso (Lorenzi, 1982) e compreendem as seguintes espécies:

Crotalaria incana L.: planta anual, herbácea, erecta e ramificada, caules e ramos pubescentes medindo de 50 a 120 cm de altura, folhas compostas trifoliadas com pecíolo pubescente. Folíolos obovados, ápice mucronado, glabros na face ventral e pubescentes na dorsal. Inflorescências em racemos, com flores amarelo-claras medindo de 10-20 cm de comprimento e reprodução por sementes de coloração bege. Forrageira não tóxica e invasora pantropical.

Crotalaria lanceolata E. Mey: planta anual, herbácea, erecta, pouco ramificada, caule glabro, medindo de 60-100 cm de altura, folhas alternas, compostas trifoliadas e longo pecioladas. Folíolos linear-lanceolados e glabros. Inflorescências terminais em racemos alongados de 10-20 cm de comprimento com flores amarelas fixadas ao eixo do racemo isoladamente ou aos pares. O fruto, um legume cilíndrico,

ligeiramente recurvado, liso, de coloração preta quando maduro. Reprodução por sementes de coloração vermelha e bege no mesmo fruto. Invasora de áreas cultivadas e ambientes alterados.

Crotalaria pallida Aif.: planta anual subarbustiva, erecta, bem ramificada, glabra medindo de 80-150 cm de altura, folhas alternas, compostas trifoliadas. Folíolos obovados, ápice mucronado, face dorsal levemente pubescente e ventral glabra. Inflorescências terminais em racemos de 15 a 25 cm de comprimento cujas flores amarelas são estriadas pela cor castanha e fixadas ao eixo do racemo isoladamente ou aos pares. Reprodução por sementes de coloração bege. Com distribuição em regiões neotropicais, são encontradas como invasoras de áreas cultivadas.

Crotalaria spectabilis Roth.: planta anual subarbustiva, erecta, bem ramificada, glabra, medindo de 50-120 cm de altura, folhas simples estipuladas, mucronadas no ápice, glabras na face superior e pubescentes na inferior. Inflorescências terminais, em racemos de 20-35 cm de comprimento com flores amarelas. Suas sementes, de coloração preta, são consideradas as mais tóxicas das espécies (Lorenzi, 1982). Originária da India (Bailey, 1949).

As flores das leguminosas papilionadas apresentam o estandarte, duas alas e uma carena onde estão abrigados o androceu e o gineceu. Nas espécies C. lanceolata, C. pallida e C. spectabilis, as alas permanecem apostas sobre a carena mesmo após a ântese, de forma que o mais visível na flor é o estandarte e

carena.

Populações naturais de C. incana, C. lanceolata e C. pallida foram localizadas em terrenos baldios e ruderais em um raio de 15 Km de São José do Rib Preto. Dessas populações foram obtidas sementes e mudas para plantio em canteiro experimental. Sementes provenientes de populações naturais foram colocadas para germinar em caixotes de madeira contendo o mesmo tipo de solo do canteiro. A espécie C. spectabilis foi cultivada a partir de sementes fornecidas pela Estação Experimental de Pindorama, do Instituto Agronômico de Campinas.

As observações deste trabalho foram realizadas tanto em populações naturais no município de São José do Rio Preto como em canteiro experimental. Porém, os dados de produção são do canteiro experimental, uma vez que as populações naturais não permanecem intactas através de todo período. Para diminuir os efeitos ambientais sobre os caracteres estudados, as quatro espécies foram casualmente associadas sob condição de competição. A coleta de dados se deu durante os anos de 1988-1991, com relação às plantas, às inflorescências, às flores e frutos e às sementes.

1 - Plantas: Comportamento reprodutivo e produção total de flores e frutos

Para as quatro espécies foi observado a cada seis dias, durante um período de 90 dias, o comportamento reprodutivo desde

o início da formação da inflorescência, da ântese dos primeiros botões florais, das primeiras flores e dos frutos. Tal período permitiu a observação da presença no eixo floral de só botões, botões e flores, flores e frutos e de somente frutos. Para cada espécie foram marcadas ao longo do período de floração 10 inflorescências de cada vez para contagens. Plantas marcadas para a coleta de dados sobre o número de flores, de frutos por racemo e de sementes por fruto, bem como da produção total por planta, foram mantidas até o final da produção. Outras plantas vizinhas foram utilizadas para contagens de frutos por racemo e de sementes por fruto. Para as quatro espécies, os racemos foram colhidos após a maturação dos frutos, isto é, com pericarpo escuro e desidratado à medida que amadurecem.

Os verticilos florais das quatro espécies foram medidos. O gineceu, desde a base do ovário até o ápice do estigma e os estames, em número de 10, e parcialmente soldados, foram medidos desde a base até a inserção na antera. Estas, em número de cinco alongadas e cinco arredondadas, foram medidas no seu maior comprimento. As medidas foram tomadas sob lupa com auxílio de uma régua milimetrada.

Estigmas das quatro espécies, retirados de botões em fase de pré-ântese, foram cortados e montados entre lâmina e lamínula em solução de azul de algodão e lactofenol (Darlington & La Cour, 1970), com a finalidade de se observar a presença ou não de grãos de pólen nos estigmas de botões fechados.

2 - Inflorescências

a - Número de grãos de pólen por antera

Botões florais em fase de pré-ântese foram coletados para contagem de grãos de pólen viáveis e inviáveis por antera. Para cada espécie foram colhidos, de plantas diferentes, três racemos. De cada racemo foram examinadas 12 anteras, seis grandes e seis pequenas totalizando 36 contagens. As anteras foram retiradas sob lupa, com auxílio de estiletes, sobre lâmina com uma gota de solução de lactofenol com azul de algodão a 1% (Darlington & La Cour, 1970). Após a separação dos grãos de pólen, o material foi examinado ao microscópio aumentado 60 vezes, efetuando-se a contagem dos grãos de pólen corados e não-corados. Os primeiros, pela presença de citoplasma são considerados viáveis. Para a contagem, a lâmina foi observada cautelosamente para que todos os grãos de pólen fossem incluídos e as medidas efetuadas com auxílio de uma escala micrométrica.

b - Número de óvulos normais e abortados

Para cada espécie foram colhidos cinco racemos com flores em fase de ântese recente de plantas diferentes para contagem de óvulos, normais e abortados, de flores do eixo da inflorescência. De cada racemo foram estudadas três flores,

totalizando 15 por espécie.

c - Razão pólen/óvulo

A razão pólen/óvulo foi obtida pela divisão do número de grãos de pólen por antera pelo número de óvulos por flor (Cruden, 1977).

3 - Flores e Frutos: Produção por área do racemo

Foram coletados 21 racemos maduros retirados ao acaso de 10 plantas de cada espécie, do canteiro experimental. Em cada racemo foram delimitadas três regiões correspondentes ao espaço entre a primeira cicatriz e o primeiro fruto (região basal), entre o primeiro e o último fruto (região mediana) e entre o último fruto e o ápice (região distal) para a contagem do número de cicatrizes, comprimento e número de frutos distribuídos ao longo do eixo do racemo. Tais contagens permitiram observar a distribuição espacial dos frutos ao longo do eixo e a avaliação do número de flores e de frutos em potencial de cada racemo. O mesmo procedimento foi usado para a contagem de frutos e cicatrizes no experimento de auto-polinização. Foram obtidas assim as potencialidades totais dos racemos.

Foram registrados também os números (com N variáveis) de flores, de frutos e de sementes por racemo, das quais efetuou-se a pesagem. As médias dessas medidas, multiplicadas pelo número de racemo de cada planta, foram tomadas como estimativa da

produção total de cada planta.

4 - auto-polinização e auto-compatibilidade

As espécies avaliadas quanto à possibilidade de auto-polinização e auto-compatibilidade foram C. lanceolata, C. pallida e C. spectabilis. A espécie C. incana, por apresentar-se frágil ao toque, derrubando as flores da inflorescência com facilidade, não foi estudada. Para cada espécie foi observada a produção de frutos, o número de cicatrizes e o comprimento da inflorescência, com o mesmo procedimento descrito no ítem 3, em três situações: auto-polinização, polinização cruzada dentro de racemos e livre. Alguns racemos foram cobertos com sacos de papel, para testar-se a possibilidade de formação de frutos e sementes em consequência da auto-polinização (Natural), enquanto outros foram descobertos diariamente para transferência de pólen de flores abertas de um mesmo racemo, com auxílio de um pincel (Experimental). As flores de um mesmo racemo foram tanto doadoras como receptoras de pólen após o que o racemo voltava a ser coberto. A polinização livre foi observada em flores de racemos descobertos. Os tipos de observação e o número de racemos constam do quadro abaixo.

Espécie	auto-polinização		
	Livre	Natural	Experimental
C. lanceolata	21	6	5
C. pallida	21	6	10
C. spectabilis	6	5	5

5 - Sementes

a - Peso da semente

Sementes das quatro espécies, provenientes do canteiro experimental, foram colhidas durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 1990 e armazenadas em sacos de papel, em ambiente seco, sendo a amostragem ao acaso em número de 100 por espécie, para pesagem individual das sementes, em balança analítica que fornece medidas em décimo de miligrama. As sementes da espécie C. lanceolata exibiram variação de cor que convencionou-se denominá-las beges e vermelhas.

b - Taxa de germinação

Estudos preliminares de germinação confirmaram as dificuldades mencionadas na literatura para se obter quebra de dormência. Por isso, as sementes de cada espécie receberam tratamentos diversos até que se conseguisse a germinação. Os melhores resultados foram obtidos à temperatura de 30ºC mantendo-a para a realização dos experimentos. O tratamento geral para as sementes das quatro espécies foi escarificação com lixa grossa, seguida de esterilização com hipoclorito de sódio a 0,52% e lavagem em água destilada antes de serem colocadas para germinar (Scott & Jones, 1985). As sementes beges de C. lanceolata demonstraram maior resistência à germinação em relação às

sementes vermelhas e foram previamente submetidas também ao tratamento com ácido sulfúrico. As vermelhas foram testadas quanto a presença de tanino, usando-se cloreto de ferro em solução aquosa a 10% com carbonato de cálcio (Johansen, 1940). Os tratamentos favoráveis para quebra de dormência das sementes são apresentados no quadro seguinte.

Espécie	Tratamento
C. incana	Escarificação e banho maria: 40°C, cinco minutos
C. lanceolata	
beges	Escarificação e fervura por um minuto
vermelhas	Escarificação
C. pallida	Escarificação
C. spectabilis	Escarificação

As sementes das quatro espécies utilizadas para testes de germinação foram colhidas de frutos de plantas do canteiro experimental e colocadas em placas de Petri sobre papel de filtro umidecido com água destilada. Em seguida, foram colocadas para germinar em câmara do tipo Mangeldorf-Biomatic à temperatura de 30°C.

O início da germinação foi considerado quando da emergência da radícula, ocasião em que se iniciou a contagem e eliminação das sementes germinadas. As contagens foram encerradas após 10 dias sem germinação e a taxa de germinação foi então calculada. O número de sementes e de placas de Petri para cada espécie tiveram repetições com um total de 2.500 sementes para C. spectabilis e 1.000 para as demais espécies, demonstrado no quadro seguinte.

Espécie		Placas	Sementes/Placa
C. incana		5	50
C. lanceolata			
beges	experimento I	6	32 a 45
	experimento II	5	50
vermelhas		25	50
C. spectabilis		5	100

6 - Efeito do peso da semente no desenvolvimento da plântula

Para o estudo do efeito do tamanho da semente no desenvolvimento da plântula foram utilizadas as sementes mencionadas no ítem 5.a. Para a quebra da dormência foram aplicados os tratamentos descritos no ítem 5.b. C. pallida não foi estudada. As sementes de cada espécie foram agrupadas em três classes de peso (pequena, média e grande), cujos limites são apresentados no quadro seguinte.

Espécie	Pequena (mg)	Média (mg)	Grande (mg)
C. incana	2,2 - 5,6	5,6 - 8,0	8,0 - 12,0
C. lanceolata			
beges	0,3 - 1,5	1,6 - 2,9	3,6 - 4,5
vermelhas	1,6 - 2,9	2,3 - 3,5	3,6 - 4,5
C. spectabilis	12,1 - 18,1	18,2 - 20,5	20,6 - 24,2

Para o plantio foram utilizados copos plásticos de 7 cm de diâmetro por 5 cm de altura e volume de 150 ml contendo areia fina previamente lavada e esterilizada a 100°C. Para cada copo foram colocadas 100 g de areia fina e 50 ml de água destilada.

Nos dias subsequentes a água foi colocada quando necessária, na mesma quantidade para todos os copos. Para cada classe de peso foram usados 14 copos, com seis sementes de mesmo peso por copo, num total de 84 sementes por classe de peso.

Das plântulas que germinaram, foram colhidas uma de cada copo em dois intervalos de tempo no total de 29 a 35 plântulas por espécie para medidas de peso e comprimento. A germinação foi realizada em laboratório, em temperatura ambiente e luz natural. Previamente, observações foram realizadas visando determinar o tempo necessário para as plântulas alcançarem seu tamanho e peso máximos. A primeira coleta foi efetuada na metade e a segunda no final do período, quando as plântulas apresentavam boas condições de vigor, porém tamanho e peso essencialmente estacionados. Assim, para a espécie C. spectabilis o intervalo máximo foi de 16 dias e o médio de 8 dias, enquanto que o tempo de coleta para as demais espécies foi de 6 e 12 dias. Antes da coleta das plântulas a areia foi molhada para evitar a quebra de raízes. As plântulas foram em seguida passadas em água e, com auxílio de um pincel, removida a areia retida na superfície. Em seguida, foram realizadas medidas do comprimento total, incluindo-se a radícula e o caulículo. As plântulas foram colocadas individualmente em saquinhos de papel, anotando-se os dados respectivos. Em estufa a 50°C as plântulas foram desidratadas por dois dias após o que foram pesadas.

7 - Análise estatística dos dados

Usou-se análise descritiva dos dados de cada espécie, teste t de Student para comparações de médias e análise de correlação e regressão linear para se verificar associações entre variáveis em cada espécie.

Para a comparação das espécies, em relação a cada variável, foi utilizada análise de variância não-paramétrica após verificar-se a heterogeneidade das variâncias de quase a totalidade das variáveis. O teste considerado mais adequado foi o de Kruskal-Wallis (Sokal & Rohlf, 1968) que compara a "locação" dos dados para k amostras independentes.

III - RESULTADOS

1 - Plantas: Comportamento reprodutivo e produção total de flores e frutos.

1.a - Crotalaria incana L.

As observações da espécie C. incana foram realizadas durante o período de janeiro a novembro de 1988. Mudas de 10-12 cm de altura, provenientes de populações naturais foram transplantadas para o canteiro experimental, com espaçamento de 1 m entre elas, à semelhança da população natural. Estimou-se posteriormente através do plantio a partir de sementes, que as mudas tinham aproximadamente três meses de desenvolvimento. Com mais dois meses e tendo atingido 50 cm de altura a planta inicia seu ciclo reprodutivo. O primeiro racemo se desenvolve na extremidade terminal do caule e durante os próximos quatro meses há sucessivas produções de racemos laterais enquanto a planta continua seu desenvolvimento vegetativo até atingir de 80 a 100 cm de altura. A produção de flores e frutos se inicia por volta de três meses continuando a produzir até 10 meses.

Botões florais e frutos maduram da base para o ápice do racemo. As medidas dos elementos florais dessa e das demais espécies mostraram dois tamanhos de filetes e de anteras em número de cinco de cada que convencionou-se chamar de longos e curtos, grandes e pequenas, respectivamente. Também foram medidos os pistilos e grãos de pólen das espécies, cujos resultados são mostrados na Tabela 1. As flores das quatro espécies de

Crotalaria apresentam pistilos e estames abrigados na carena. Embora exista hercogamia o estilete longo compensa o seu comprimento através de uma posição recurvada que possibilita a aproximação das anteras.

Pistilos isolados de flores em fase de pré-antese e examinados ao microscópio já apresentavam grãos de pólen no estigma. Também foram observados insetos como formigas pequenas (Brachyrmex sp) que circulam ao longo do eixo da inflorescência, bem como da abelha arapuá (Trigona ruficrus) em maior quantidade por volta das nove horas.

A produção total de frutos por planta em função do número de flores (em %) está na Figura 1 e a representação linear do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo está na Figura 2.

1.b - Crotalaria lanceolata E. Mey

Plantas dessa espécie foram obtidas à partir de sementes colhidas de populações naturais. Numa mesma planta e no mesmo fruto podem existir sementes 100% vermelhas ou 100% beges, bem como proporções variáveis de sementes das duas cores em um mesmo fruto. As observações quanto a germinação e desenvolvimento das plantas foram realizadas independentemente da cor das sementes. Notou-se porém, que a germinação acontece num processo sucessivo de aproximadamente dois meses após a semeadura. Mudas de cerca de 12 cm de altura foram transplantadas para o canteiro experimental e as observações se extenderam de fevereiro de 1988

a janeiro de 1989.

O desenvolvimento dos racemos, que se iniciam de ramos terminais e laterais simultaneamente desde o surgimento até a produção de frutos, compreende um período de cerca de 11 meses.

Insetos visitantes são pouco frequentes. Ocasionalmente foram vistas abelhas Trigona suficrus (Arapuá). Frutos verdes contendo larvas de inseto foram deixadas dentro de um vidro em laboratório onde se desenvolveram. Os insetos foram classificados como sendo a praga de Crotalaria: Utetheisa ornatrix L.

Pistilos isolados de flores em fase de pré-antese e examinados ao microscópio já apresentavam grãos de pólen.

A produção total de frutos por planta em função do número de flores (em %) está ilustrada na Figura 1 e a representação linear do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo na Figura 2.

1.c - Crotalaria pallida Ait.

Os indivíduos da espécie C. pallida provieram de sementes colhidas de populações naturais e foram observadas desde o início do desenvolvimento vegetativo em novembro de 1987 a setembro de 1988. A partir do início da germinação e com dois meses de crescimento a planta atinge 30 cm de altura e inicia a produção de racemos. O primeiro forma-se no eixo axial com produção sucessiva de botões à medida que o eixo da inflorescência se alonga. Ao mesmo tempo em que há formação de

racemos, o crescimento vegetativo continua até atingir a altura da planta adulta.

A produção total de frutos por planta em função do número de flores (em X) está ilustrada na Figura 1. A representação linear do desenvolvimento da planta, na Figura 2. Como nas demais espécies, o estigma examinado a partir de flor fechada, apresentou grãos de pólen na sua superfície.

Foram observados insetos visitantes como a abelha do mel (**Apis melifera**), a mamangava (**Xylocopa** sp.) e formigas (**Camponotus** sp.). Nesta espécie também foi coletada a "praga de Crotalaria" ou praga de vagem, a **Utetheisa ornatrix** L., inseto responsável por danos dos frutos onde a larva se desenvolve.

1.d - Crotalaria spectabilis Roth

Plantas da espécie de **C. spectabilis** foram obtidas a partir de sementes fornecidas pela Estação Experimental de Pindorama.

As observações dessa espécie se deu no período de dezembro 1990 a outubro de 1991. Quando a planta atingiu seu crescimento vegetativo de 30 a 60 cm de altura e quatro meses de desenvolvimento, surgiu a primeira inflorescência no ápice do eixo principal do caule. Após o desenvolvimento desse racemo em botões e flores, as laterais adjacentes emergiram sucessivamente. Em geral, o racemo inicial tem seus frutos amadurecidos cerca de trinta dias antes dos racemos laterais. Pistilos isolados de flores em fase de pré-antese e vistos ao microscópio, já

apresentaram grãos de pólen no estigma.

Nas quatro espécies, o pólen produzido pelas anteras grandes amadurece antes daquele produzido pelas anteras pequenas. Estas têm seu filete alongado a medida que a flôr se desenvolve, atingindo no final do desenvolvimento, alturas equivalentes de filetes.

Entre os insetos visitantes foram observados: a mamangava (Xylocopa sp.) e a abelha arapuá (Trigona sufricus).

A produção total de frutos por planta em função do número de flores (em X) está ilustrada na Figura 1 e a representação linear do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo na Figura 2.

As porcentagens de formação de frutos em função do número de flores por planta, de seis plantas das espécies de C. incana e C. lanceolata e de cinco de C. pallida e C. spectabilis, são mostrados na Figura 1.

Para a espécie C. incana foram verificados picos de frutificação por planta que não corresponderam necessariamente ao maior número de flores produzidas. Para 310 flores da planta 1, houve 87% de frutos produzidos enquanto que para 392 flores da planta 2, a produção foi de 76%. Verifica-se nos picos de frutificação seguintes como na planta 5, na qual 570 flores resultaram em 24% a mais de frutos, comparados com a planta 6 que produziu o maior número de flores (712 para 74% de frutos), sugerindo menor produção com aumento da densidade.

Para C. lanceolata a produção variou desde 30% até 80%, com menor produção de frutos associada ao maior número de flores. Houve portanto num extremo de 320 flores com 80% de produção de frutos (planta 2), e de 600 flores para 30% de frutos produzidos (planta 6).

Em C. pallida os maiores valores percentuais de produção de frutos foram associados com maior produção de flores, com diferenças percentuais relativamente pequenas. A maior produção obtida foi de 87,6% para 936 flores produzidas (planta 5) e a menor, com 57% para 510 flores (planta 3). Nesta espécie houve um aumento proporcional de frutos com o aumento do número de flores em algumas das plantas.

Em C. spectabilis foi constatada a produção percentual relativamente uniforme de frutos, o que possivelmente reflete a maior uniformidade de produção de flores nas plantas estudadas. O máximo de produção de frutos, 56%, ocorreu na planta 5, que produziu 331 flores. A menor produção de frutos, 28%, foi observada na planta 3, que produziu 310 flores.

Nas espécies estudadas, foi observada, em fase de pré-ântese, a maturação das anteras grandes que liberam o pólen, próximo do estigma. Em fase de pós-ântese, o ovário das flores já apresentaram início de desenvolvimento de fruto. Subsequentemente as anteras pequenas têm seus filetes alongados e seu pólen amadurecido e liberado junto à massa de pólen já presente na extremidade da carena.

O padrão de alocação de recursos divididos entre reprodução, crescimento e manutenção ocorrem simultaneamente e cuja representação esquemática é apresentada por Willson, 1983.

Tabela 1 - Valores médios do comprimento do gineceu e do androceu (filete e antera) em centímetros, e do grão de pólen em micrômetros, de espécies de Crotalaria.

Espécie	Gineceu	Androceu				Grão de Pólen
		Filete		Antera		
		Longo	Curto	Grande	Pequena	
C. incana	1,3	1,2	1,2	0,3	0,1	23
C. lanceolata	1,1	0,9	0,8	0,5	0,2	21
C. pallida	2,0	1,5	1,4	0,4	0,2	21
C. spectabilis	2,0	1,7	1,5	0,9	0,7	21

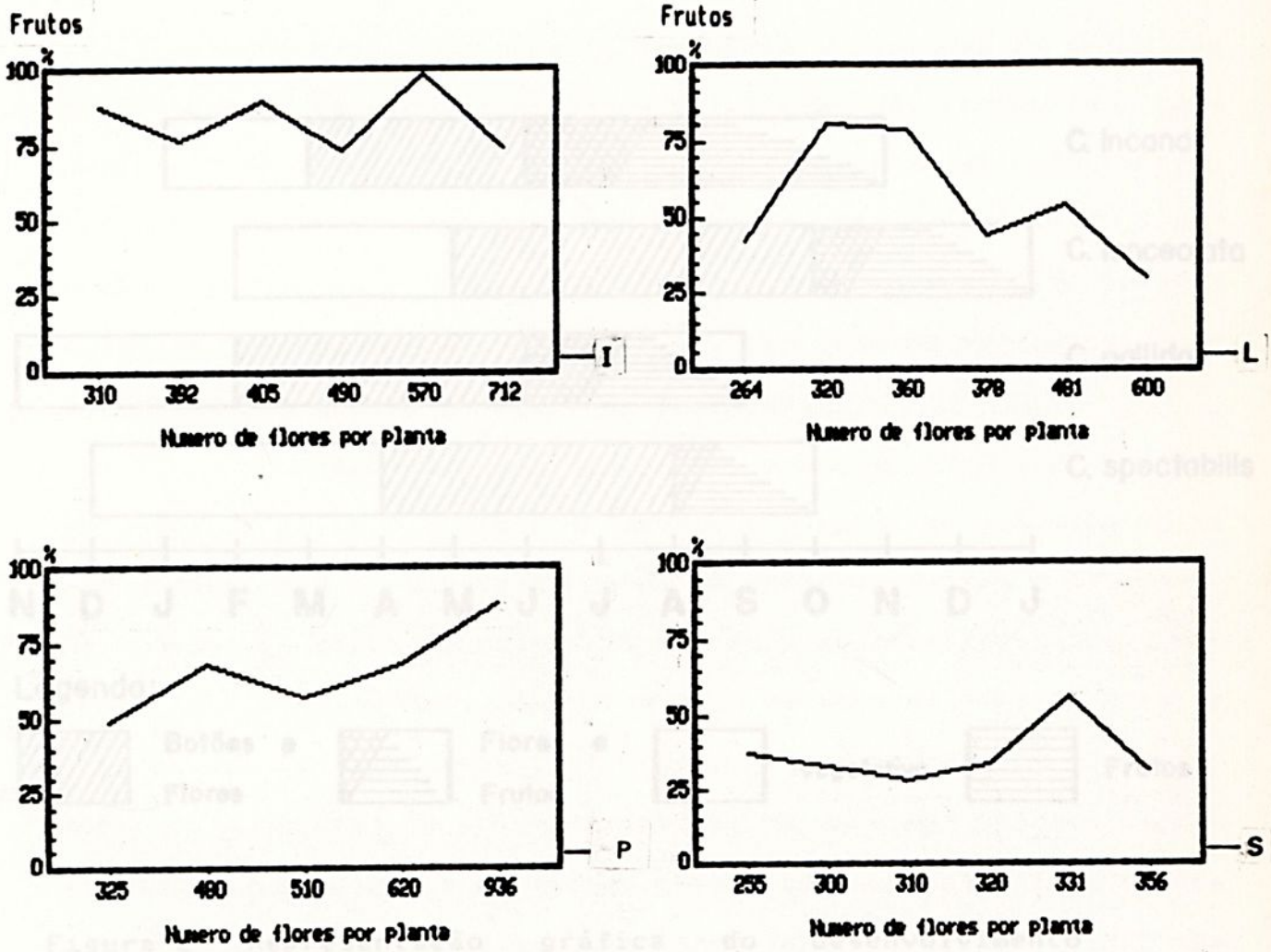


Figura 1 - Frequências percentuais de frutos em função do número de flores por planta em C. incana (I), C. lanceolata (L), C. pallida (P) e C. spectabilis (S).

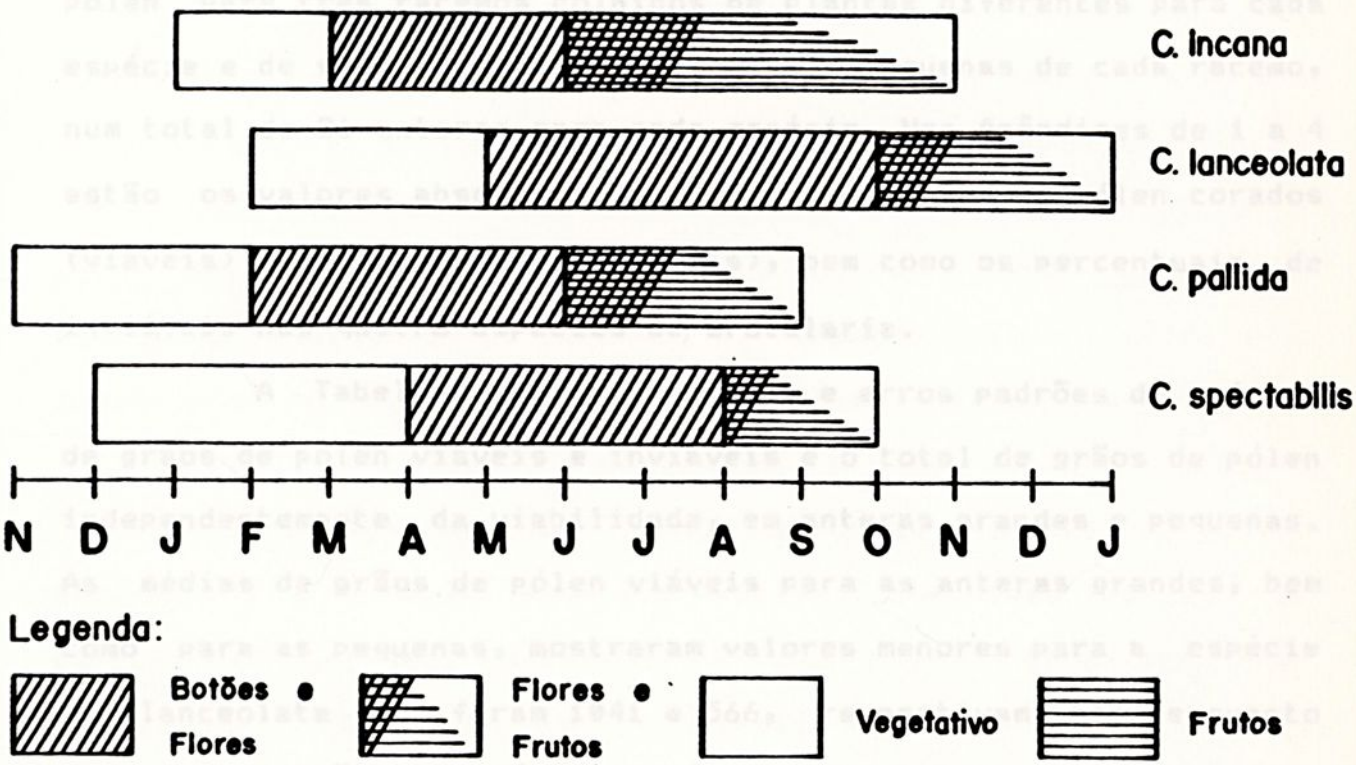


Figura 2 - Representação gráfica do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de espécies de Crotalaria durante o período de observação.

2 - INFLORESCÊNCIA

2.a - Número de grãos de pólen por antera

Os dados obtidos correspondem a contagem de grãos de pólen para três racemos colhidos de plantas diferentes para cada espécie e de seis anteras grandes e seis pequenas de cada racemo, num total de 36 anteras para cada espécie. Nos Apêndices de 1 a 4 estão os valores absolutos dos números de grãos de pólen corados (viáveis) e não corados (inviáveis), bem como os percentuais de inviáveis nas quatro espécies de Crotalaria.

A Tabela 2 mostra as médias e erros padrões do número de grãos de pólen viáveis e inviáveis e o total de grãos de pólen independentemente da viabilidade, em anteras grandes e pequenas. As médias de grãos de pólen viáveis para as anteras grandes, bem como para as pequenas, mostraram valores menores para a espécie C. lanceolata que foram 1041 e 566, respectivamente; enquanto que, para grãos de pólen inviáveis, os menores valores foram encontrados na espécie C. incana para anteras grandes (61) e para anteras pequenas na espécie C. lanceolata (62). Para grãos de pólen viáveis, os maiores valores foram encontrados nas anteras grandes de C. spectabilis (5441) e nas pequenas, de C. incana (1390); enquanto que, para grãos de pólen inviáveis os maiores valores foram encontrados nas anteras grandes na espécie C. pallida (947) e para as anteras pequenas de C. spectabilis (367).

As diferenças entre as médias de grãos de pólen viáveis das anteras grandes e pequenas foram significativas ao nível de 1% para as quatro espécies, enquanto que, para as médias de grãos de pólen inviáveis foram significativas somente para as espécies C. lanceolata e C. pallida (P<0,01). O número médio de grãos de pólen, independente da viabilidade (Total) variou de 1191 (C. lanceolata) a 5803 (C. spectabilis) nas anteras grandes e de 628 (C. lanceolata) a 1737 (C. pallida) nas pequenas. Os valores de t de Student, todos significativos ao nível de 1%, indicam a maior produção de grãos de pólen das anteras grandes, cerca de o dobro das pequenas em C. incana e C. lanceolata e o triplo e o quádruplo em C. pallida e C. spectabilis, respectivamente.

Foi utilizado teste de Kruskal-Wallis para a verificação da hipótese de nulidade de que as amostras das quatro espécies não diferem quanto a "posição" dos seus pontos. Os valores de H obtidos, comparados ao valor crítico de x^2 para três graus de liberdade (x^2 = 11,34; P<0,01), foram todos significativos ao nível de 1% : H = 60,81 para o número de grãos de pólen viáveis nas anteras grandes e H = 15,90 para as anteras pequenas, H = 60,62 para o número de grãos de pólen inviáveis nas anteras grandes e H = 40,54 nas pequenas, H = 59,80 para o número total de grãos de pólen das anteras grandes e H = 26,72 das anteras pequenas. Os valores de H indicam, portanto, heterogeneidade das amostras das quatro espécies para os números de grãos de pólen.

Na Tabela 3 estão as médias e erros padrões do número de grãos de pólen viáveis e inviáveis, independente do tamanho da

antera. Os maiores valores foram encontrados em C. spectabilis e C. pallida, respectivamente, para grãos de pólen viáveis (3274) e inviáveis (656), enquanto que os menores ocorreram em C. lanceolata, tanto para viáveis (803) como para inviáveis (106). Os valores de t indicaram serem significativas as diferenças entre as médias de cada espécie ($P<0,01$).

Como para o número de grãos de pólen, nas anteras dos dois tamanhos, os valores de H obtidos, comparados ao valor crítico de x^2 para três graus de liberdade ($x^2 = 11,34$; $P<0,01$) foram todos significativos ao nível de 1% : $H = 39,27$ para o número de grãos de pólen viáveis das anteras grandes + pequenas e $H = 89,48$ para o número de grãos de pólen inviáveis dos dois tamanhos de anteras.

Dos valores das Tabelas 2 e 3 destacam-se como mais eficientes para produção de grãos de pólen viáveis as espécies C. pallida e C. spectabilis; comparadas a C. spectabilis, as espécies C. lanceolata e C. incana foram menos eficientes com uma redução de produção da ordem de 70% e 30%, respectivamente.

As médias e erros padrões das frequências de grãos de pólen inviáveis das anteras grandes, pequenas e no total (independente do tamanho da antera) são apresentadas na Tabela 4. Para as anteras grandes, as frequências variaram de 2,0% (C. incana) a 18,2% (C. pallida), para as pequenas de 10,5% (C. lanceolata) a 25,6% (C. spectabilis) enquanto que para o total variaram de 9,6% (C. incana) a 20,3% (C. pallida). As diferenças entre as médias foram significativas apenas para C. incana ($t_{34} = 2,43$; $P < 0,05$) e C. spectabilis ($t_{34} = 7,01$; $P < 0,01$).

Os resultados do teste de Kruskal-Wallis indicaram heterogeneidade das amostras para inviabilidade nas anteras grandes ($H = 54,50$; $P<0,01$), nas pequenas ($H = 58,27$; $P<0,01$) e no total ($H = 26,53$; $P<0,01$).

Na Figura 3 estão ilustradas as frequências percentuais de grãos de pólen inviáveis apresentadas na Tabela 4. Verifica-se que para C. incana e C. spectabilis o grau de inviabilidade nas anteras pequenas comparado ao das grandes é muito maior do que nas outras duas espécies.

Os valores de r das análises de correlação entre número de grãos de pólen viáveis e inviáveis para anteras grandes, pequenas e para o total são mostrados na Tabela 5. Das 12 análises realizadas foram significativas e positivas as de C. lanceolata para anteras grandes, pequenas e para o total e as de C. pallida somente para anteras pequenas e total, enquanto que para C. incana os valores de r, das anteras pequenas e do total foram negativos e significativos. Nota-se na Figura 4, que apresenta essas correlações, que três pontos correspondentes às anteras pequenas de C. incana afastam-se da tendência dos demais; excluídos estes pontos, as correlações tornam-se não significativas com valores de $r = -0,481$ ($t_{11} = 1,82$; $P>0,05$) e $r = -0,372$ ($t_{31} = 1,00$; $P>0,05$); respectivamente para anteras pequenas e para o total.

A Tabela 6 mostra os valores de r das correlações entre as frequências de grãos de pólen inviáveis e número total de grãos de pólen nas anteras grandes, nas pequenas e no total. Os valores de r obtidos foram todos negativos, com exceção da

espécie C. lanceolata que apresentou valores positivos e significativos nas anteras grandes ($r = 0,809$; $t_{16} = 5,50$; $P < 0,01$) e no total ($r = 394$; $t_{34} = 2,50$; $P<0,05$). Dos valores negativos foram significativos apenas o da antera pequena da espécie C. incana ($r = -0,511$; $t_{16} = 2,37$; $P<0,05$) e independente do tamanho da antera também foram significativos os valores de r das correlações para C. incana, C. pallida e C. spectabilis. Ao contrário do observado em C. lanceolata, verifica-se nestas espécies uma redução da inviabilidade dos grãos de pólen com o aumento do seu número. Na Figura 5 são apresentados os gráficos de dispersão dessas correlações. Observando-se os gráficos de dispersão da espécie C. incana notam-se três pontos que se destacam dos demais para anteras pequenas e para o total: retirando-se esses pontos os valores de r tornam-se mais altos para antera pequena ($r = -8,807$; $t_{13} = 3,60$; $P<0,01$) e para o total ($r = -0,727$; $t_{31} = 3,61$; $P<0,01$), reforçando o caráter negativo das correlações.

Tabela 2 - Médias e erros padrões do número de grãos de pólen viáveis, inviáveis e total (viáveis e inviáveis) em 18 anteras grandes (G) e 18 pequenas (P), em espécies de Crotalaria (t para diferença entre médias; **: P < 0,01).

Espécie	Viáveis			Inviáveis			Total		
	G	P	t(34)	G	P	t(34)	G	P	t(34)
C. incana	2960±157	1390±217	5,86**	61± 5	156±51	1,88	3021±159	1546±192	5,92**
C. lanceolata	1041± 93	566± 60	4,29**	150±19	62± 6	4,39**	1191±111	628± 66	4,36**
C. pallida	4290±176	1373±213	10,57**	947±81	364±61	6,10**	5237±183	1737±260	11,01**
C. spectabilis	5441±156	1107± 66	25,64**	361±20	367±36	0,13	5803±161	1454± 63	25,05**

Tabela 3. Médias e erros padrões do número de grãos de pólen viáveis e inviáveis em 36 anteras de Crotalaria (t para diferença entre médias; **: P<0,01).

Espécie	N	Viáveis $\bar{X}$ ± S	Inviáveis $\bar{X}$ ± S	t(70)
C. incana	36	2175 ± 187	108 ± 26	10,93**
C. lanceolata	36	803 ± 68	106 ± 12	10,12**
C. pallida	36	2832 ± 282	656 ± 68	7,51**
C. spectabilis	36	3274 ± 376	324 ± 20	7,73**

Tabela 4 - Médias e erros padrões das frequências (%) de grãos de pólen inviáveis nas anteras grandes, pequenas e no total, em espécies de Crotalaria (t para diferença entre médias; *: P<0,05; **:P<0,01).

Espécie	N	Grande	Pequena	t(34)	Total	
					N	$\overline{X} \pm S\overline{X}$
C. incana	18	2,0 ± 0,02	16,5 ± 6,0	2,43*	36	9,3 ± 3,2
C. lanceolata	18	11,5 ± 0,8	10,5 ± 0,7	0,94	36	11,0 ± 0,6
C. pallida	18	18,2 ± 1,5	22,3 ± 1,6	1,90	36	20,3 ± 1,1
C. spectabilis	18	6,3 ± 0,3	25,6 ± 2,7	7,01**	36	15,9 ± 2,1

Tabela 5 - Correlações entre número de grãos de pólen viáveis e inviáveis nas anteras grandes, nas pequenas e no total em espécies de Crotalaria (t para significância de r; *: P < 0,05; **: P < 0,01).

Espécie	Grande		Pequena		Total	
	r	t(16)	r	t(16)	r	t(34)
C. incana	0,344	1,47	-0,587	2,90*	-0,522	3,57**
C. lanceolata	0,951	12,35**	0,910	8,78**	0,945	16,80**
C. pallida	-0,137	0,59	0,899	8,21**	0,732	6,26**
C. spectabilis	0,190	0,84	-0,342	2,00	-0,029	0,17

Tabela 6 - Correlações entre frequências de grãos de pólen inviáveis e número total de grãos de pólen nas anteras grandes, nas pequenas e no total (t para significância de r; *: P < 0,05; **: P < 0,01).

Espécie	Grande		Pequena		Total	
	r	t(16)	r	t(16)	r	t(34)
C. incana	-0,236	0,97	-0,511	2,37*	-0,532	3,66**
C. lanceolata	0,809	5,50**	-0,422	1,86	0,394	2,50*
C. pallida	-0,140	0,56	-0,337	1,43	-0,388	2,45*
C. spectabilis	-0,220	0,57	-0,327	1,38	-0,769	7,01**

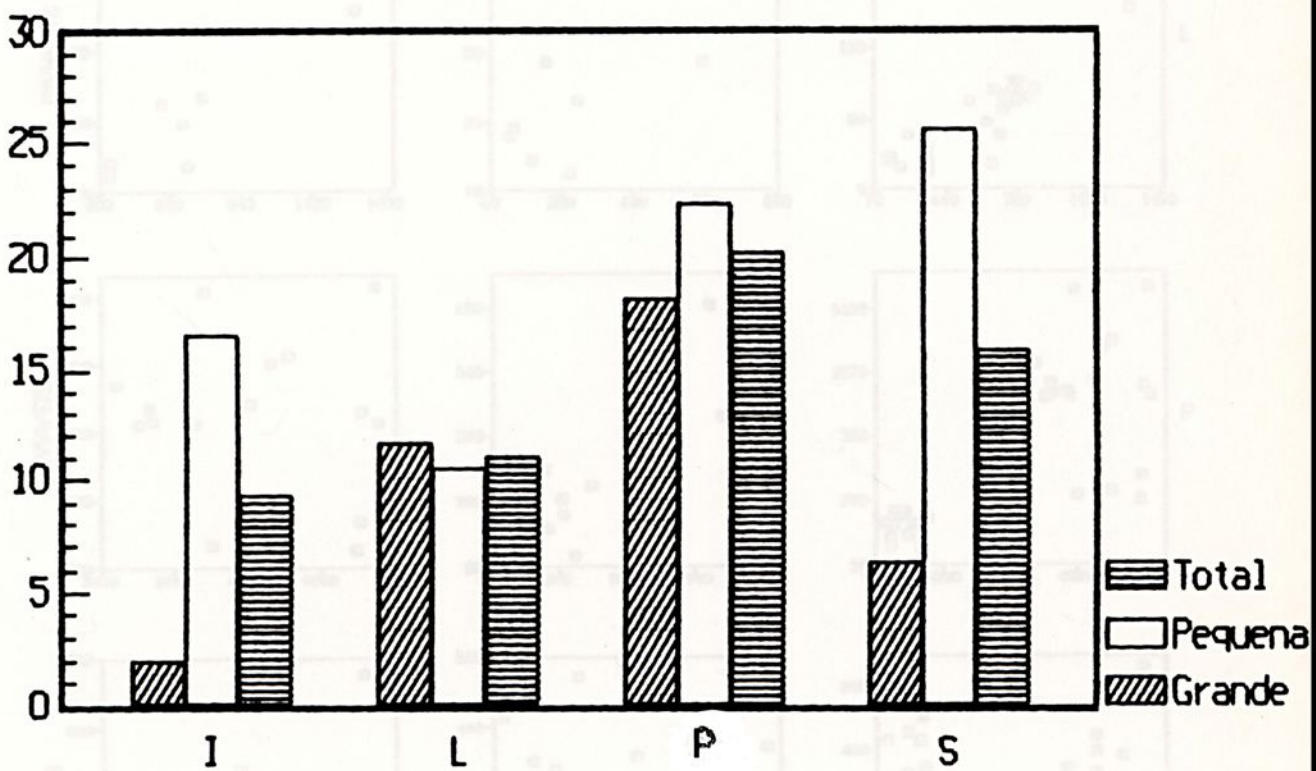


Figura 3 - Frequências percentuais de grãos de pólen inviáveis nas anteras grandes, pequenas e no total de C. incana (I), C. lanceolata (L), C. pallida (P) e C. spectabilis (S).

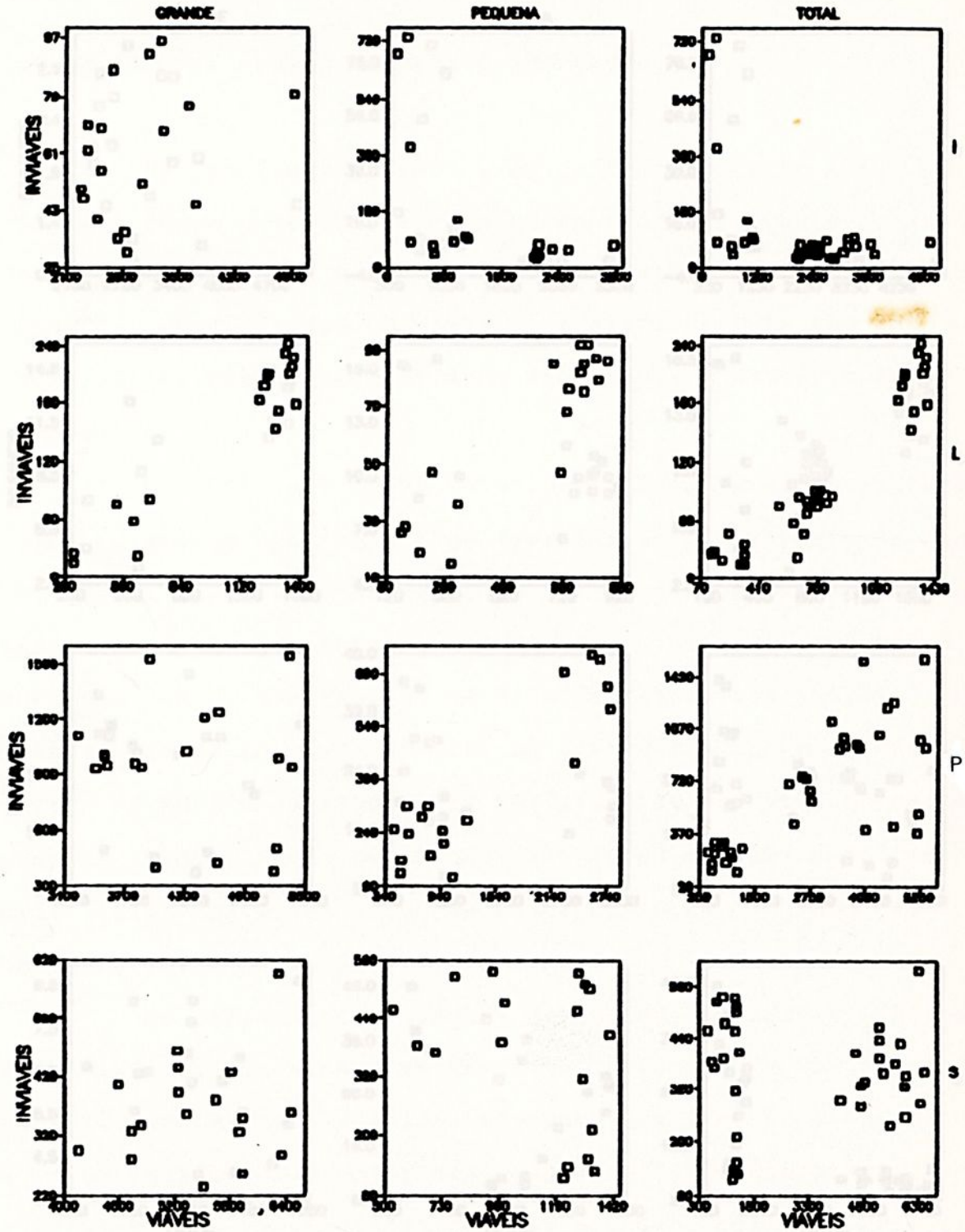


Figura 4 - Correlações entre números de grãos de pólen viáveis (abscissa) e inviáveis (ordenada) em anteras grandes, pequenas e no racemo em C. incana (I), C. lanceolata (L), C. pallida (P) e C. spectabilis (S).

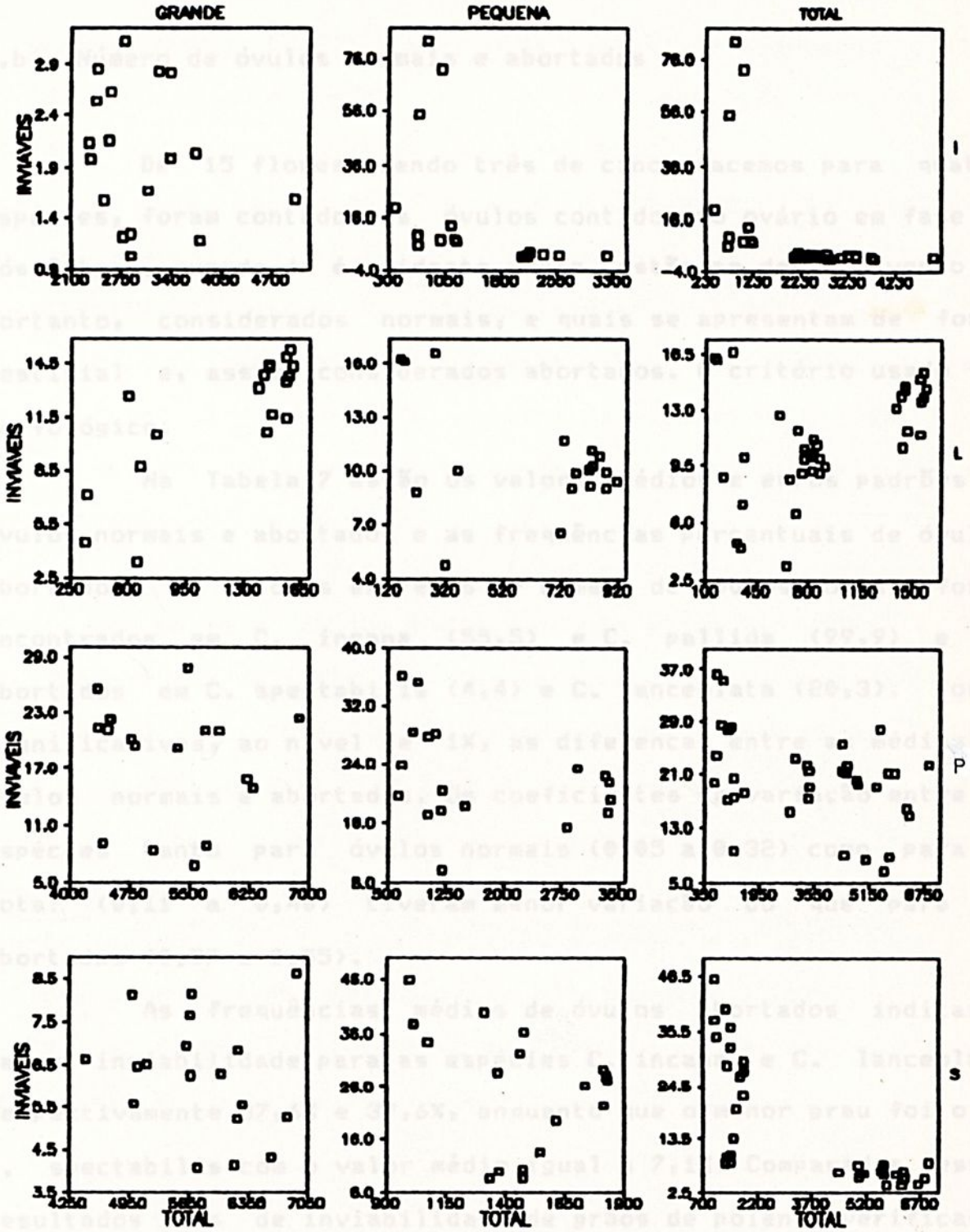


Figura 5 - Correlação entre número de grãos de pólen inviáveis (abscissa) e total (ordenada) em anteras grandes, pequenas e no total em C. incana (I), C. lanceolata (L), C. pallida (P) e C. spectabilis (S).

2.b - Número de óvulos normais e abortados

De 15 flores, sendo três de cinco racemos para quatro espécies, foram contados os óvulos contidos no ovário em fase de pós-ântese, quando já é evidente quais estão se desenvolvendo e, portanto, considerados normais, e quais se apresentam de forma vestigial e, assim, considerados abortados. O critério usado foi morfológico.

Na Tabela 7 estão os valores médios e erros padrões de óvulos normais e abortados e as frequências percentuais de óvulos abortados. Os valores extremos de número de óvulos normais foram encontrados em C. incana (55,5) e C. pallida (99,9) e de abortados em C. spectabilis (4,4) e C. lanceolata (20,3). Foram significativas, ao nível de 1%, as diferenças entre as médias de óvulos normais e abortados. Os coeficientes de variação entre as espécies tanto para óvulos normais (0,05 a 0,32) como para o total (0,11 a 0,40) tiveram menor variação do que para os abortados (0,37 a 0,55).

As frequências médias de óvulos abortados indicaram maior inviabilidade para as espécies C. incana e C. lanceolata respectivamente 37,6% e 39,6%, enquanto que o menor grau foi o de C. spectabilis com o valor médio igual a 7,1%. Comparados esses resultados aos de inviabilidade de grãos de pólen, verifica-se que os menores percentuais foram justamente os de C. incana e C. lanceolata.

Para os óvulos normais, o valor de H obtido foi significativo ao nível de 1% (H = 33,85) bem como para

os abortados (H = 28,85) e para o percentual de abortados (H = 28,08). Esses resultados indicam para essas três variáveis a heterogeneidade de "posição" das distribuições.

Foram feitas análises de correlação entre os números de óvulos normais e abortados com valores de r negativos e significativos para C. lanceolata (r = -0,812; t_{13} = 5,02; P< 0,01) e C. spectabilis (r = -0,711; t_{13} = 3,64; P<0,01). Para as espécies C. incana e C. pallida os valores de r não foram significativos. As representações gráficas dessas correlações são apresentadas na Figura 6.

Para se determinar as razões pólen/óvulo foram contados grãos de pólen e óvulos normais de uma mesma flor (Tabela 8). Verifica-se que as espécies podem ser distinguidas em dois grupos bem distintos: C. incana e C. lanceolata com razões baixas, 252 e 476, respectivamente, e C. pallida e C. spectabilis com razões cerca de três a seis vezes superiores às das duas primeias espécies. Os valores de H para pólen e óvulos totais foram significativos ao nível de 1%: para o pólen, H = 12,71 e para os óvulos, H = 11,69. Para a razão pólen/óvulo, o valor de H = 12,79, foi também significativo ao nível de 1%. Na Figura 7 estão ilustradas as relações pólen/óvulo para cada espécie.

Tabela 7 - Médias, erros padrões e CV de óvulos normais e abortados e frequências percentuais de óvulos abortados, em espécies de Crotalaria (t para diferença entre médias: ** P<0,01).

Espécie	N	Normais $\overline{X} \pm S$	CV	Abortados $\overline{X} \pm S$	CV	t_{28}	Abortados
C. incana	15	55,5 ± 2,9	0,20	20,1 ± 2,9	0,55	8,65**	37,6 ± 5,9
C. lanceolata	15	62,2 ± 5,2	0,32	20,3 ± 2,3	0,43	7,36**	39,6 ± 7,0
C. pallida	15	99,9 ± 2,7	0,10	16,6 ± 1,6	0,37	26,53**	16,9 ± 1,8
C. spectabilis	15	63,3 ± 0,9	0,05	4,4 ± 0,6	0,52	55,00**	7,1 ± 1,0

Tabela 8 - Médias, erros padrões e CV dos números de grãos de pólen e de óvulos e razões pólen/óvulo em 4 flores de cada espécie de **Crotalaria**.

Espécie	N	Pólen		óvulo		Pólen/óvulo
		$\overline{X}$ ± S	CV	$\overline{X}$ ± S	CV	$\overline{X}$ ± S
C. incana	4	27100 ± 1005	0,074	58 ± 4	0,14	476 ± 52
C. lanceolata	4	10952 ± 291	0,053	46 ± 7	0,40	252 ± 32
C. pallida	4	40148 ± 7855	0,391	35 ± 4	0,23	1176 ± 197
C. spectabilis	4	36082 ± 2883	0,160	25 ± 2	0,11	1475 ± 133

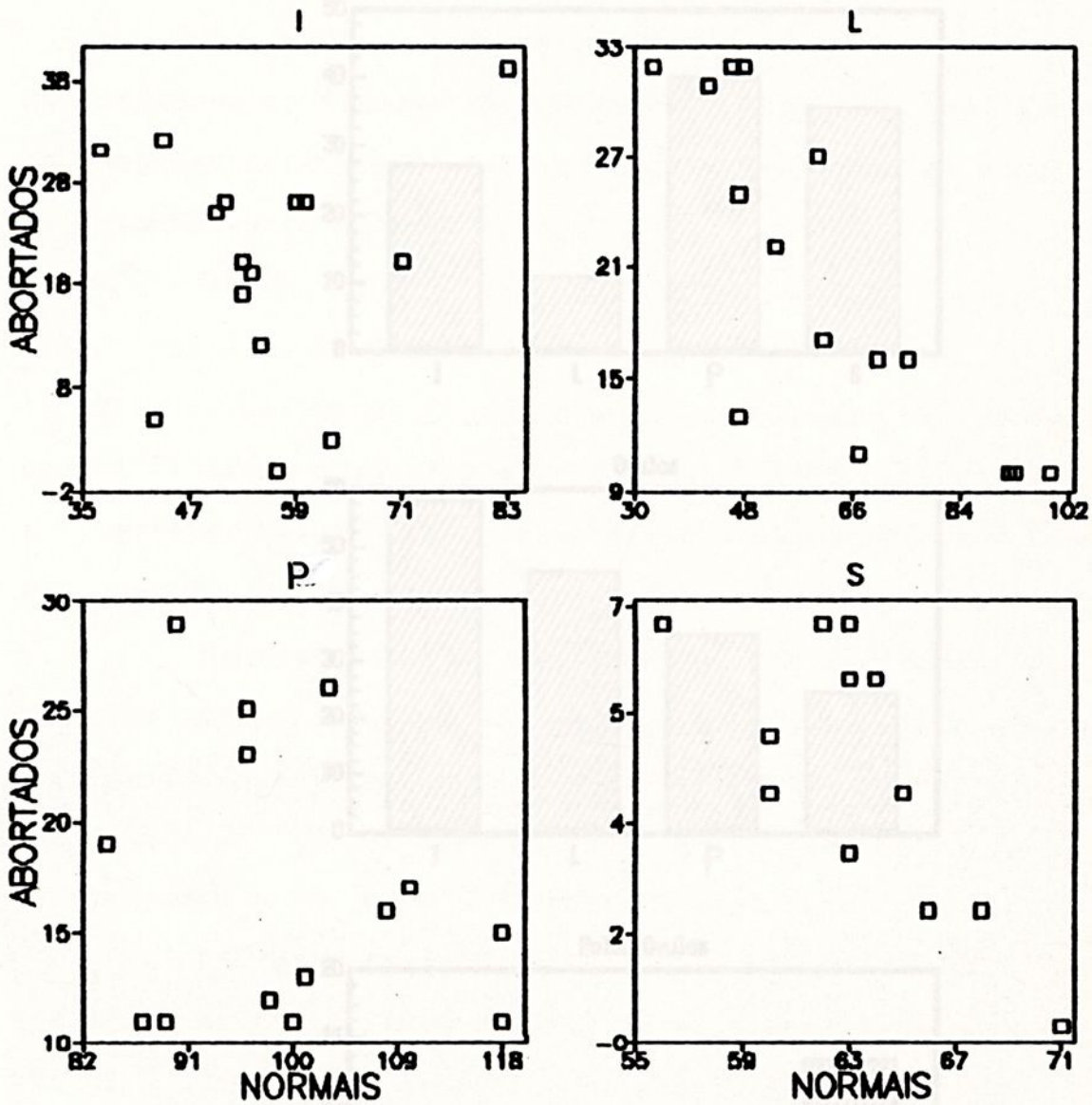


Figura 6 - Correlação entre números de óvulos normais (abscissa) e abortados (ordenada) em C. incana (I), C. lanceolata (L), C. pallida (P) e C. spectabilis (S).

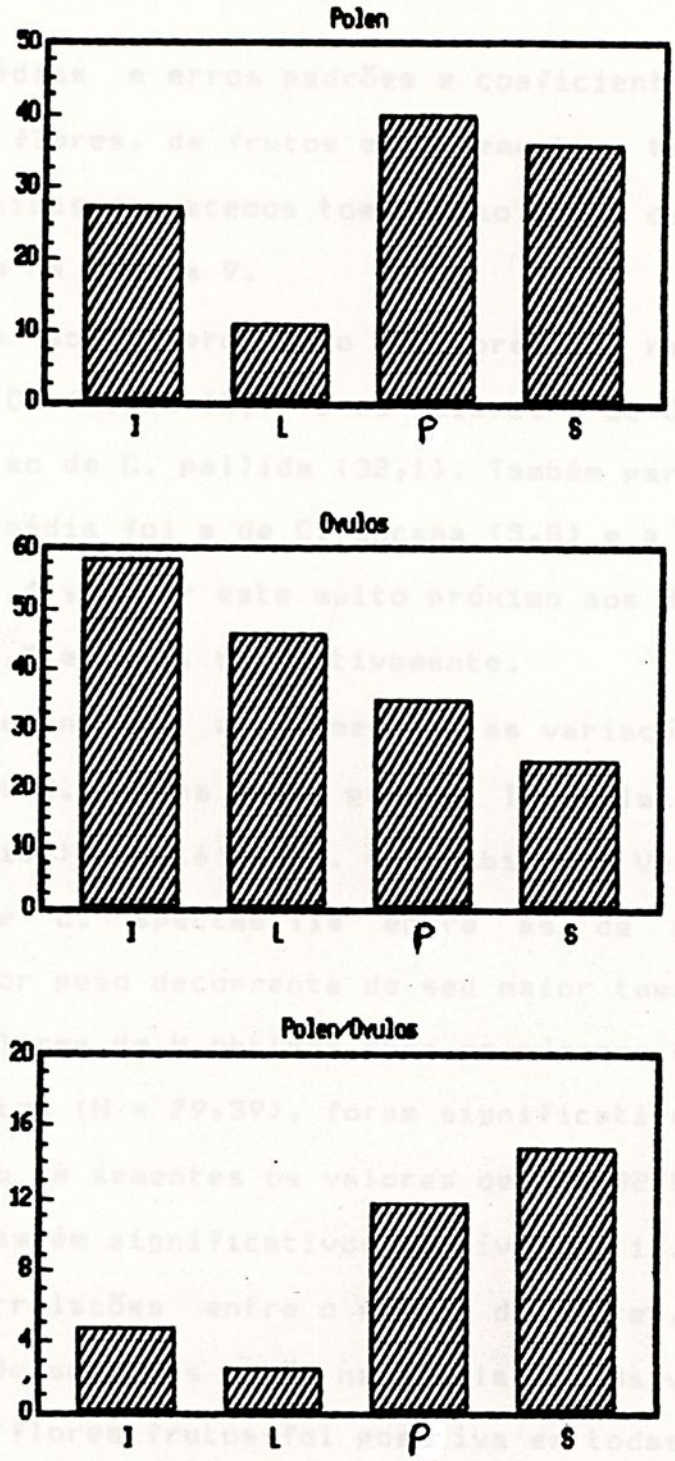


Figura 7 - Número médio de grãos de pólen (x1000), de óvulos (x100) e razão pólen/óvulo (%) em C. incana (I), C. lanceolata (L), C. pallida (P) e C. spectabilis (S).

3 - Flores e Frutos: Produção por área do racemo

As médias e erros padrões e coeficientes de variação dos números de flores, de frutos e de sementes, bem como do peso de sementes colhidas de racemos tomados ao acaso de populações de Crotalaria estão na Tabela 9.

Quanto ao número médio de flores por racemo, o menor valor foi o de C. incana (8,9) e os maiores o de C. spectabilis (32,3), iguais ao de C. pallida (32,1). Também para o número de frutos a menor média foi a de C. incana (5,8) e a maior a de C. spectabilis (11,4), valor este muito próximo aos de C.lanceolata e C. pallida, 10,5 e 10,8, respectivamente.

Considerando-se as sementes, as variações do número foram de 202 para C. incana a 390 para C. lanceolata e do peso de 0,88 mg (C. pallida) a 5,16 mg (C. spectabilis). Verificou-se que as sementes de C. spectabilis entre as de menor número apresentaram maior peso decorrente de seu maior tamanho.

Os valores de H obtidos para os números de flores (H = 110,30) e de frutos (H = 79,39), foram significativos ao nível de 1%. Para o número de sementes os valores de H = 32,56 e o peso, H = 82,60, foram também significativos ao nível de 1%.

As correlações entre o número de flores, de frutos e número e peso de sementes estão na Tabela 10. Os valores de r para correlação flores-frutos foi positiva em todas as espécies, porém com valores significativos apenas para C. spectabilis (r = 0,706; t_{38} = 6,14; P < 0,01) e C. lanceolata (r = 0,313; t_{60} = 2,55; P < 0,05). Os coeficientes de variação para flores e frutos

entre espécies foram de 17,0 a 0,41 para flores e de 0,37 a 0,45 para frutos.

As correlações entre o número de frutos e o de sementes indicaram para as quatro espécies uma associação direta entre essas duas variáveis, com valores de r altamente significativos, o mesmo ocorrendo para as correlações entre número das sementes e os seus respectivos pesos. Foram realizadas ainda análises de regressão linear simples (Tabela 11) cujos valores de F para significância de b indicaram que para C. lanceolata e C. spectabilis o número de frutos é dependente do número de flores e que para as quatro espécies, com valores de F altamente significativos, o número de sementes é dependente do número de frutos e o seu peso é dependente do número de sementes. As Figuras 8 a 10 mostram graficamente as correlações e as retas de regressão entre essas variáveis.

Na Tabela 12 encontram-se os números médios do comprimento de 21 racemos nas suas regiões distal, mediana e basal. Entre as espécies, C. spectabilis tem o racemo de maior comprimento. A região mediana (considerada entre o primeiro e o último fruto) é cerca de duas vezes maior que a região distal e quatro vezes maior que a basal. Assim, a região mediana portadora dos frutos está mais próxima da base do que do ápice. O segundo racemo mais longo foi o de C. pallida com a região mediana cerca de um terço maior que as regiões distal e basal. Neste caso, a região portadora de frutos fica mais próxima do ápice. Em C. incana, quanto a região mediana, também é maior que as demais, sendo cerca de 2,5 vezes maior que a distal e cerca de

4,5 vezes maior que a basal. A região mediana, contendo frutos, fica portanto mais próxima da base como em C. spectabilis. A espécie C. lanceolata tem a região mediana, como nas demais, maior que a distal cerca de 1,5 vezes e a basal cerca de 5 vezes, ficando assim a região portadora de frutos mais próxima da base.

As comparações das distribuições dos valores das quatro espécies pelo teste de Kruskal-Wallis indicaram heterogeneidade das distribuições dos comprimentos do racemo nas suas três regiões: distal ($H = 10,34$; $P<0,05$), mediana ($H = 44,32$; $P<0,01$) e basal ($H = 29,81$; $P<0,01$). Também, para cada espécie, os valores de H obtidos mostraram "posição" diferencial dos pontos nas três regiões do racemo, significativos ao nível de 1%, em C. incana ($H = 43,69$), em C. lanceolata ($H = 24,72$) e em C. spectabilis ($H = 32,65$; $P<0,01$), exceto para C. pallida ($H = 8,08$; $P<0,05$).

As médias e erros padrões do número de frutos por racemo, do número de cicatrizes total e por região do racemo e da produtividade potencial (número de frutos calculado como percentual da soma frutos + cicatrizes) estão apresentadas na Tabela 13. As variações do número total de cicatrizes foram de 11,5 (C. incana) a 29,1 (C. pallida). Verificou-se que o número médio de cicatrizes é maior na região distal do racemo para todas as espécies, exceto para C. pallida, isto é, nesta espécie a produtividade diminue da base para o ápice, isto é, a produtividade da região basal foi cerca de duas vezes maior que a da distal. O número médio de cicatrizes diminuiu da base para o ápice.

O número médio de frutos produzidos no comprimento total do racemo também foi variável entre as espécies: a maior produtividade média foi de C. lanceolata (16,7) e a menor a de C. spectabilis (11,8).

Somando-se o número de frutos ao de cicatrizes, independente da área do racemo, obteve-se o que foi denominado de produtividade potencial, isto é, o número de frutos mais o de cicatrizes (número de flores e/ou frutos abortados) representa a potencialidade de produção da planta. Esta produtividade foi variável entre as espécies com valores mínimo de 24,5 frutos e máximo de 41,0 frutos em C. incana e C. pallida, respectivamente. A maior média da produtividade potencial foi a de C. pallida, cuja produção de 12,0 frutos indica uma perda de produção de 71%. C. spectabilis com produtividade potencial de 38,9 e de frutos de 11,8, como em C. pallida apresentou também uma perda de produtividade de cerca de 70%. Para as espécies C. incana a potencialidade de 24,5, e produção de 13,4 e em C. lanceolata com produção de frutos de 16,7 e potencial de 33,7, a perda média de produção foi cerca de 50%.

Consideradas as três regiões do racemo, os valores de H para o número de cicatrizes nas quatro espécies foram: região distal (H = 19,44; P<0,01), região mediana (H = 9,24; P<0,05) e região basal (H' = 39,05; P<0,01). Para o número total de cicatrizes e de frutos, os valores de H foram também altamente significativos (H = 40,55; P<0,01 e H = 14,68' P<0,01, respectivamente) bem, como para a produtividade potencial (H = 32,53; P<0,01). As comparações das distribuições das três

regiões em cada espécie indicaram heterogeneidade para C. incana (H = 17,23; P<0,01) e C. spectabilis (H = 24,31; P<0,01) mas não para C. lanceolata (H = 3,32; P>0,05) e C. pallida (H 7,38; P>0,05).

Foram realizadas análises de correlação entre os valores de produtividade potencial e o número de frutos. Os valores de r foram positivos e significativos para C. incana (r = 0,582; t_{19} = 3,12; P<0,01) e para C. lanceolata (r = 0,708; t_{19} = 4,37; P<0,01) mas não significativos para C. pallida (r = -0,136; t_{19} = 0,60; P>0,05) e C. spectabilis (r = 0,322; t_{19} = 1,48; P>0,05). Essas associações positivas entre o número de frutos e a produtividade potencial para C. incana e C. lanceolata mas não para C. pallida e C. spectabilis estão ilustradas na Figura 11.

As médias e erros padrões da não-produtividade nas três regiões e no comprimento total do racemo, dada pelos números de cicatrizes considerado como percentuais da potencialidade total, isto é, número de frutos + cicatrizes, estão na Tabela 14.

As variações da não-produtividade na região distal mostraram valores extremos em C. pallida (16,1%) e C. spectabilis (39,0%), enquanto que na região basal foram de 6,6% (C. incana) a 30,0% (C. pallida). A análise de Kruskal-Wallis indicou heterogeneidade das distribuições dos valores da não-produtividade para as regiões do racemo: distal (H = 22,81; P<0,01) e basal (H = 19,95; P<0,01) e para não-produtividade total o valor obtido foi H = 33,16 (P<0,01).

A região do racemo com maior não-produtividade foi a distal nas espécies C. incana, C. lanceolata e C. spectabilis,

com valores cerca de três, uma vez e meia e quatro vezes maior que a não-produtividade da região basal, respectivamente para as três espécies. Já para C. pallida, a não-produtividade da região basal foi cerca de duas vezes maior que a da distal. O par de espécies C. incana e C. lanceolata, as quais se assemelharam por apresentarem menor inviabilidade de grãos de pólen, maior inviabilidade de óvulos, volta a ser caracterizado agora por apresentar menor não-produtividade de frutos, comparados à C. pallida e C. spectabilis.

Comparadas as distribuições da não-produtividade das três regiões do racemo, verificou-se heterogeneidadè para C. incana ($H = 17,45$; $P<0,01$), C. spectabilis ($H = 28,43$; $P<0,01$) C. pallida ($H = 8,36$; $P<0,05$) e não para C. lanceolata ($H = 3,450$; $P>0,05$).

As correlações entre os percentuais de não-produtividade e o comprimento das respectivas regiões dos racemos estão na Tabela 15.

Os valores de r mostraram na região distal, correlação positiva, com $P<0,01$ em C. incana ($r = 0,694$; $t_{19} = 4,20$) e C. lanceolata ($r = 0,913$; $t_{19} = 9,76$), enquanto que, em C. pallida e C. spectabilis as correlações não foram significativas. Para a região mediana, os valores de r não-significativos, indicaram ausência de associação entre comprimento do racemo e não produtividade. Ao contrário, para a região basal as correlações para comprimento e não produtividade foram todas positivas e significativas ao nível de 1% para C. incana, C. lanceolata e C. spectabilis, enquanto que para C. pallida, o valor de r foi

significativo ao nível de 5% ($r = 0,540$; $t_{19} = 2,80$). Os diagramas de dispersão das análises de correlação das regiões distal e basal são apresentados nas Figuras 12 e 13, respectivamente.

Tabela 9 - Médias e erros padrões dos números de flores, de frutos e de sementes e do peso das sementes (em g) dos racemos tomados ao acaso de populações de Crotalaria.

Espécies	N	Flores		Frutos		Sementes			
						Número		Peso	
		$\bar{X} \pm S$	CV	$\bar{X} \pm S$	CV	$\bar{X} \pm S$	CV	$\bar{X} \pm S$	CV
C. incana	40	8,9±0,5	0,35	5,8±0,4	0,43	202±17	0,53	1,15±0,09	0,49
C. lanceolata	62	22,8±0,7	0,24	10,5±0,5	0,37	390±27	0,54	1,02±0,06	0,46
C. pallida	20	32,1±3,0	0,41	10,8±1,1	0,45	355±58	0,73	0,88±0,11	0,43
C. spectabilis	40	32,3±0,9	0,17	11,4±0,8	0,44	212±16	0,47	5,16±0,33	0,40

Tabela 10 - Correlações entre número de flores, de frutos e número e peso de sementes de espécies de Crotalaria (t para significância de r; *: P<0,05; **: P<0,01).

Espécie	Flores vs Frutos		Frutos vs sementes		Nº sementes vs peso	
	r	t	r	t	r	t
C. incana	0,212	1,34	0,865	10,63**	0,831	9,21**
C. lanceolata	0,313	2,55*	0,926	19,00**	0,940	21,34**
C. pallida	0,228	1,01	0,914	9,56**	0,716	4,35**
C. spectabilis	0,706	6,14**	0,973	25,99**	0,696	5,98**

Tabela 11 - Regressões entre os números de flores, de frutos e número e peso de sementes de espécies de **Crotalaria** (F para inclinação da reta; *: P<0,05; **: P<0,01).

Espécie	Flor vs. Fruto		Frutos vs. Sementes		Nº de sementes vs. peso	
	Equação	F	Equação	F	Equação	F
C. incana	y= 4,25+0,17x	1,79	y= 4,3 +34,2x	112,77**	y=0,25 +0,01x	84,62**
C. lanceolata	y= 5,02+0,24x	6,51*	y= -54,2 +42,2	362,29**	y=0,12 +0,02x	461,82**
C. pallida	y= 7,98+0,09x	0,99	y=-150,0 +46,8x	91,76**	y=0,402+0,001x	18,92**
C. spectabilis	y=-9,93+0,66x	37,82**	y= 1,12+18,6x	667,24**	y=2,12 +0,01x	33,21**

Tabela 12 - Médias e erros padrões do comprimento do racemo (em mm) nas regiões distal, mediana e basal, em espécies de Crotalaria.

Espécie	N	Distal	Mediana	Basal
C. incana	21	49,6± 5,3	134,7± 7,5	30,6± 4,0
C. lanceolata	21	56,4±10,1	88,3± 6,1	17,3± 2,2
C. pallida	21	60,7± 7,7	89,8± 7,8	67,4± 9,2
C. spectabilis	21	111,5±15,6	203,3±12,5	48,2±10,2

Tabela 13 - Médias e erros padrões da produtividade potencial (frutos + cicatrizes), do número de frutos e de cicatrizes por região do racemo (distal, mediana e basal) em espécies de Crotalaria.

Espécie	N	Nº de cicatrizes				Nº de Frutos	Produtividade Potencial
		Distal	Mediana	Basal	Total		
C. incana	21	5,4±0,6	4,0±0,7	1,7±0,4	11,5±2,0	13,4±1,0	24,5±1,1
C. lanceolata	21	7,6±1,4	5,0±0,6	4,4±0,5	17,0±1,5	16,7±0,8	33,7±2,0
C. pallida	21	6,8±1,5	9,6±2,1	12,8±2,1	29,1±2,9	12,0±1,1	41,0±2,5
C. spectabilis	21	14,8±1,4	8,2±1,1	4,0±1,3	27,9±1,5	11,8±0,9	38,9±1,6

Tabela 14 - Médias e erros padrões do número de cicatrizes tomado como percentual da produtividade potencial (frutos + cicatrizes) nas regiões distal, mediana e basal e no comprimento total do racemo em espécies de **Crotalaria**.

Espécie	N	Distal	Mediana	Basal	Total
C. incana	21	22,2±2,5	16,5±3,0	6,6±1,4	45,3±3,2
C. lanceolata	21	19,8±3,3	15,7±1,9	13,2±1,2	48,7±2,1
C. pallida	21	16,1±3,1	22,1±4,3	30,0±4,1	68,1±3,7
C. spectabilis	21	39,0±3,5	20,7±2,6	9,5±2,6	69,2±2,6

Tabela 15 - Correlações entre percentuais de não-produtividade e comprimento das respectivas regiões de 21 racemos em espécies de Crotalaria (t para significância de r; *: P < 0,05; **: P < 0,01).

Espécie	Distal		Mediana		Basal	
	r	$t_{(19)}$	r	$t_{(19)}$	r	$t_{(19)}$
C. incana	0,694	4,20**	-0,146	0,64	0,734	4,71**
C. lanceolata	0,913	9,76**	0,196	0,87	0,552	2,89**
C. pallida	0,084	0,37	0,361	1,69	0,540	2,80*
C. spectabilis	0,408	1,95	-0,009	0,04	0,631	3,54**

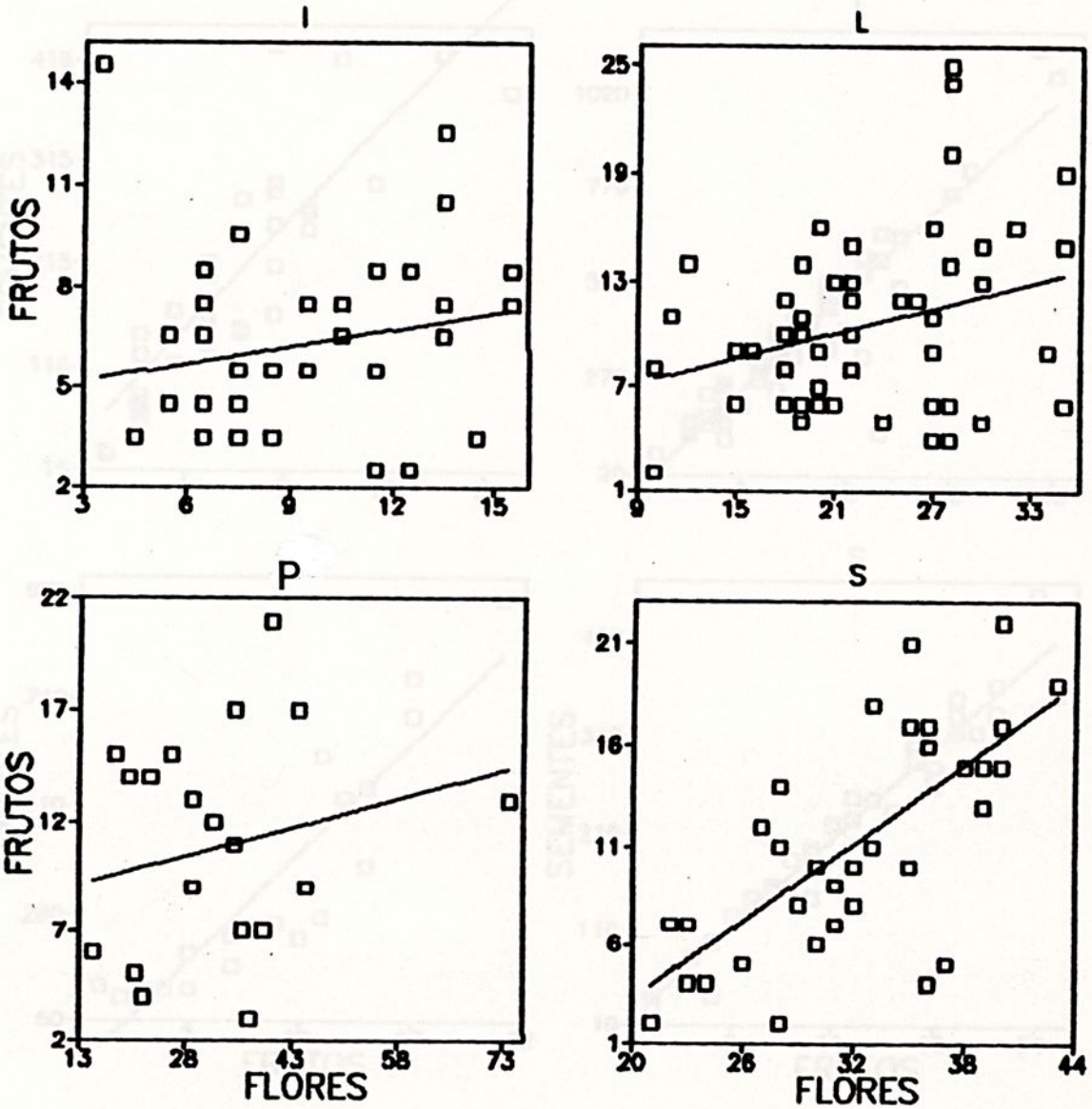


Figura 8 - Correlações e retas de regressão dos números de flores (abscissa) versus o de frutos (ordenada) em C. incana (I), C. lanceolata (L), C. pallida (P) e C. spectabilis (S).

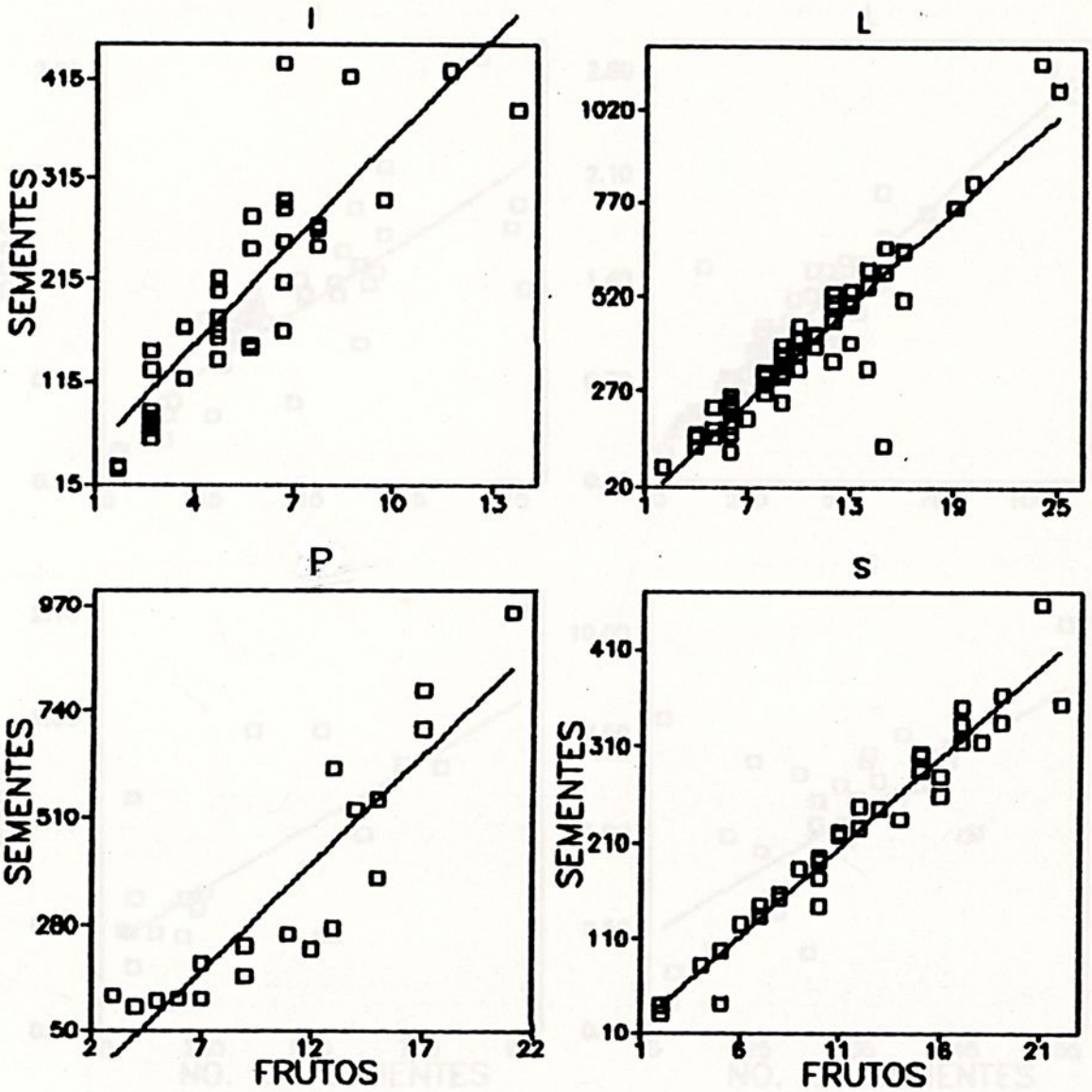


Figura 9 - Correlações e retas de regressão de frutos (abscissa) versus os de sementes (ordenada) em C. incana (I), C. lanceolata (L), C. pallida (P) e C. spectabilis (S).

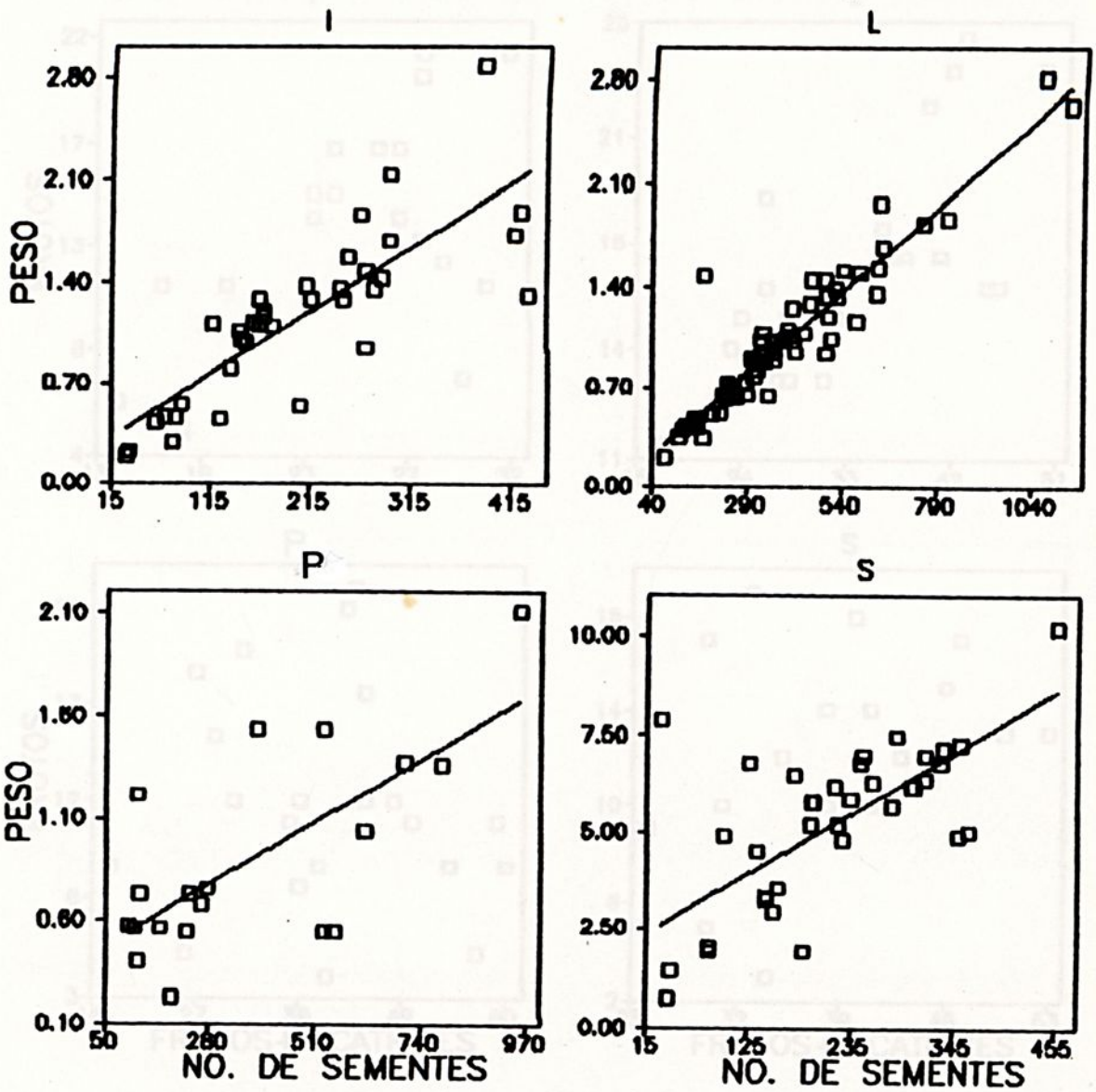


Figura 10 - Correlações e retas de regressão dos números de sementes (abscissa) versus o peso (ordenada) em C. incana (I), C. lanceolata (L), C. pallida (P) e C. spectabilis (S).

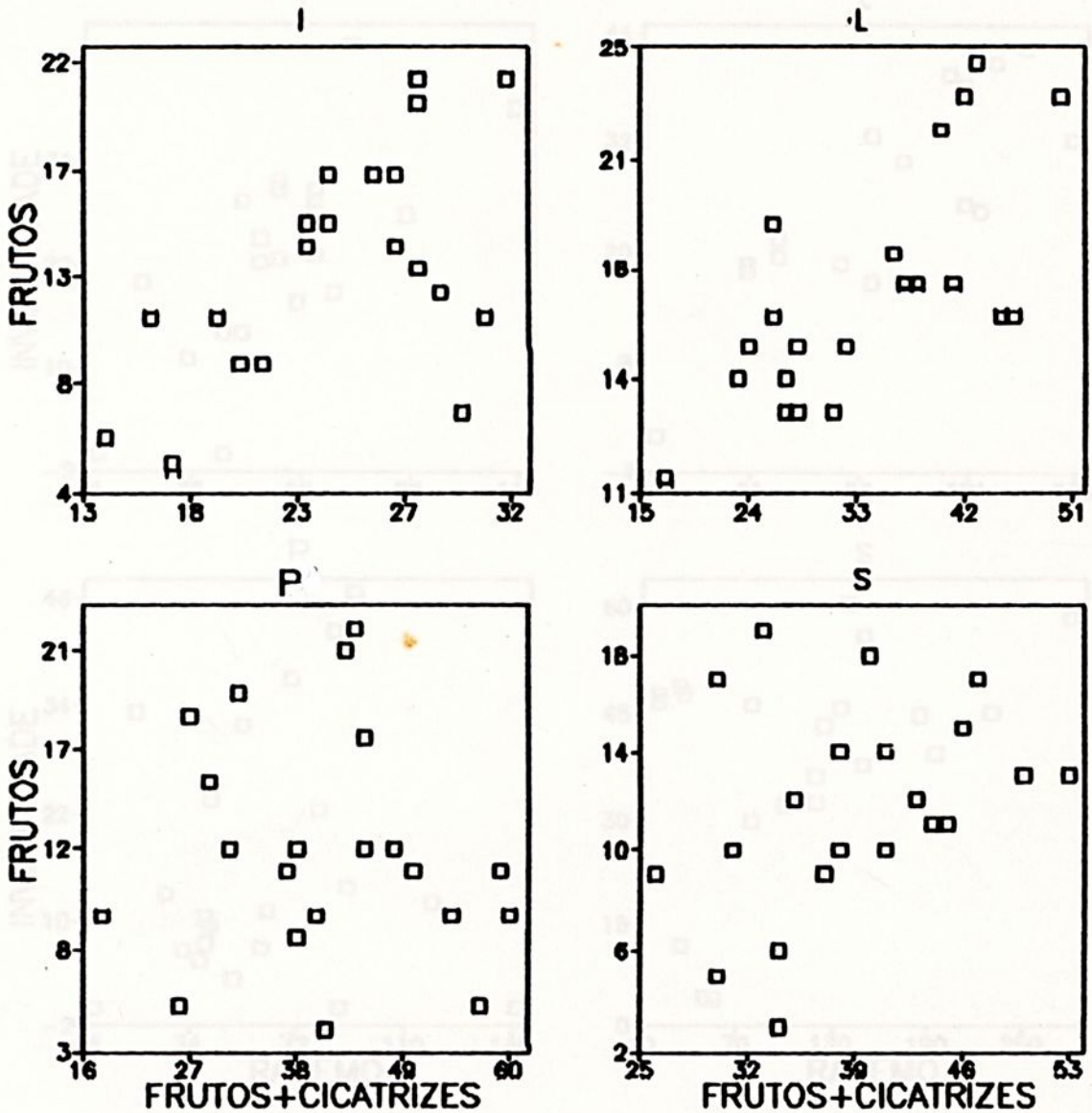


Figura 11 - Correlações entre os números de frutos + cicatrizes (produtividade potencial) em abscissa e os de fruto (ordenada) em C. incana (I), C. lanceolata (L), C. pallida (P) e C. spectabilis (S).

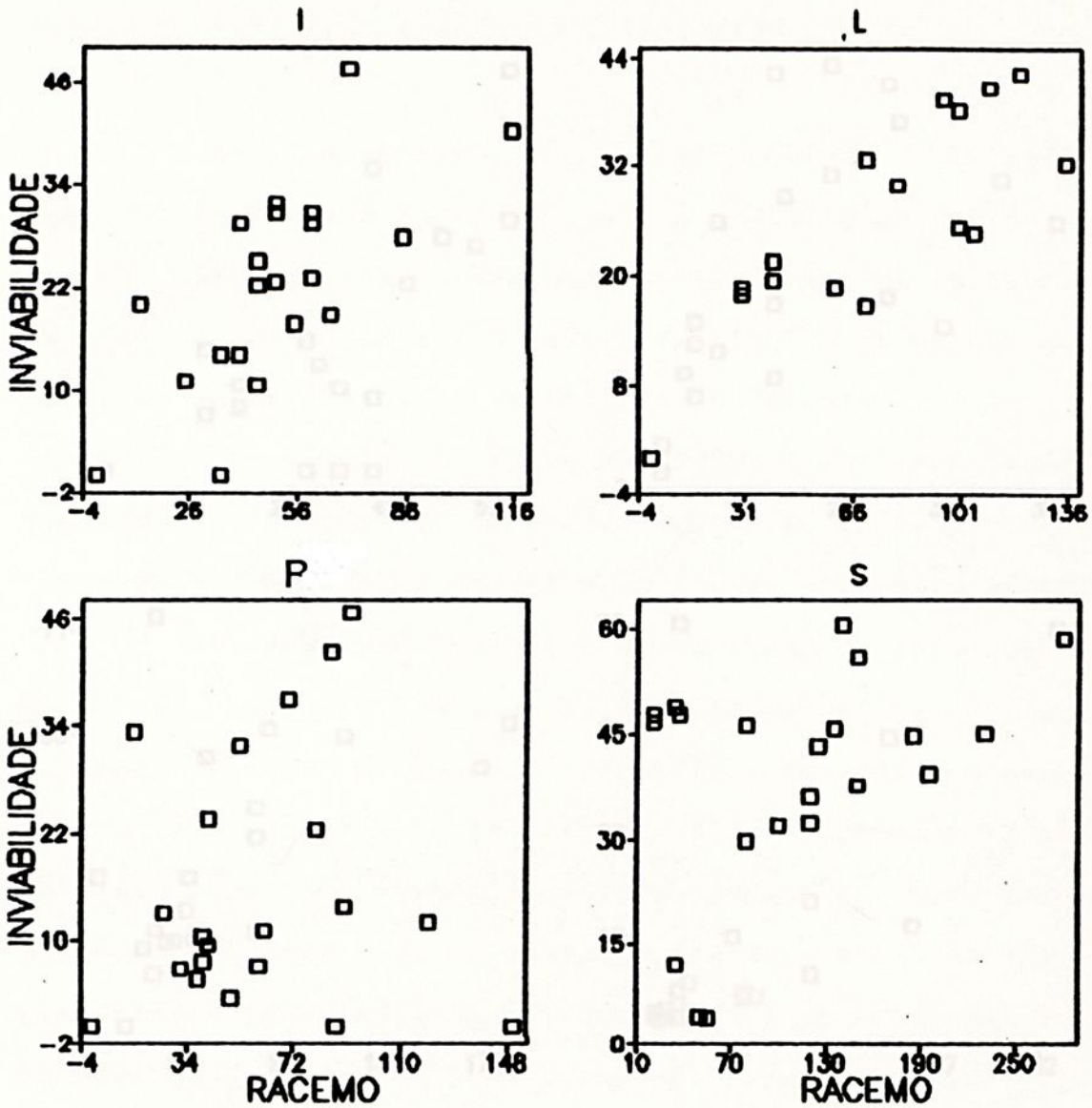


Figura 12 - Correlação entre comprimento da região distal do racemo (abscissa) e inviabilidade (ordenada) em C. incana (I), C. lanceolata (L), C. pallida (P) e C. spectabilis (S).

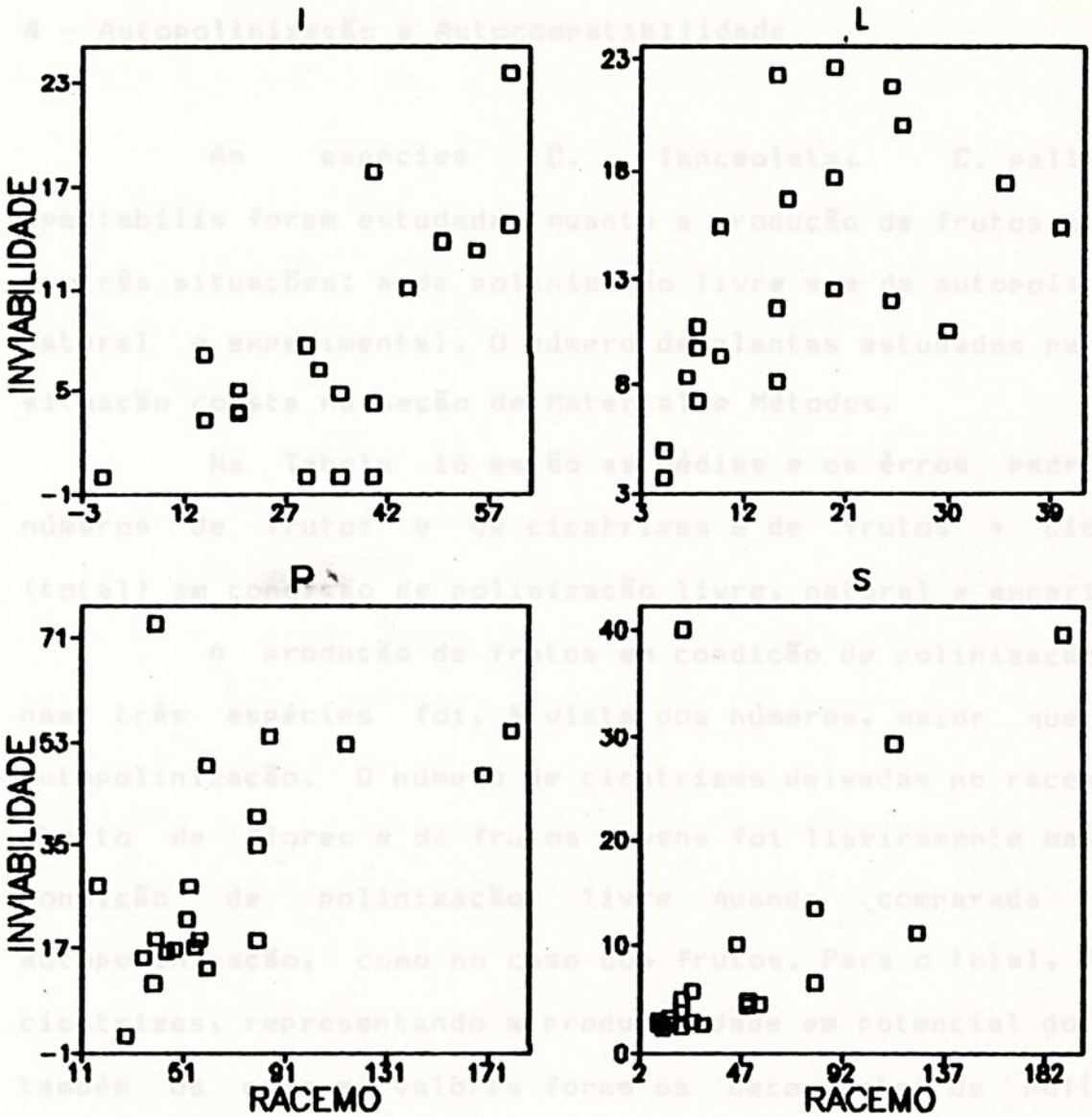


Figura 13 - Correlação entre comprimento da região basal do racemo (abscissa) e inviabilidade (ordenada) em C. incana (I) e C. lanceolata (L).

4 - Autopolinização e Autocompatibilidade

As espécies C. lanceolata, C. pallida e C. spectabilis foram estudadas quanto a produção de frutos no racemo em três situações: a de polinização livre e a de autopolinização, natural e experimental. O número de plantas estudadas para cada situação consta na seção de Material e Métodos.

Na Tabela 16 estão as médias e os èrros padrões dos números de frutos e de cicatrizes e de frutos + cicatrizes (total) em condição de polinização livre, natural e experimental.

A produção de frutos em condição de polinização livre, nas três espécies foi, à vista dos números, maior que na de autopolinização. O número de cicatrizes deixadas no racemo pelo aborto de flores e de frutos jovens foi ligeiramente maior, em condição de polinização livre quando comparada à de autopolinização, como no caso dos frutos. Para o total, frutos + cicatrizes, representando a produtividade em potencial do racemo, também os maiores valores foram os decorrentes de polinização livre.

Considerada cada espécie, as comparações das distribuições dos pontos nos tratamentos de polinização livre, natural e experimental resultaram nos seguintes valores: $H = 14,45$ $(P<0,01)$, $H = 0,76$ $(P>0,05)$ e $H = 6,13$ $(P<0,05)$ respectivamente para frutos, cicatrizes, e total em C. lanceolata e $H = 0,62$ $(P>0,05)$, $H = 13,63$ $(P<0,01)$ e $H = 6,78$ $(P<0,05)$ respectivamente para frutos, cicatrizes e total para C. pallida. Do mesmo modo, para C. spectabilis os valores foram:

H = 4,32, H = 4,08 e H = 5,26, todos indicando homogeneidade da posição dos pontos dos três tratamentos, nesta espécie.

As comparações das médias de produtividade de frutos, cicatrizes ou total para as duas situações de autopolinização, pelo teste t de Student, foram todas não significativas, exceto para a produtividade total de C. spectabilis (t_8 = 2,59; P<0,05).

Os valores de H, das comparações das espécies, obtidos para a condição de polinização livre foram para os frutos: H = 15,10 (P<0,01), para as cicatrizes: H = 16,31 (P<0,01) e para os frutos + cicatrizes: H = 24,81 (P<0,01). No caso da autopolinização natural, quanto a produção de frutos: H = 5,97 (P<0,05), quanto a de cicatrizes: H = 7,70 (P<0,05) e quanto o toal (frutos + cicatrizes): H = 8,57 (P<0,05). Na autopolinização experimental o valor para os frutos foi H = 9,70 (P<0,01), para cicatrizes H = 9,78 (P<0,01) e para o total H = 10,21 (P<0,01).

Os valores de produtividade de frutos considerados como percentuais da produtividade total (frutos + cicatrizes), representando a produção de frutos, nas três situações de polinização estão na Tabela 17.

Para a polinização livre, os percentuais de produtividade são equivalentes para as três espécies, e para a autopolinização natural, os valores variaram de 17,5% (C. lanceolata) a 36,5% (C. pallida). Os percentuais médios de produtividade em polinização experimental mostraram quase que a mesma relação de grandeza que para a polinização natural. A representação gráfica dessas frequências é apresentada na Figura 14.

Os resultados da análise de Kruskal-Wallis mostraram homogeneidade das distribuições da "posição" dos dados para polinização livre ($H = 1,65$; $P>0,05$) e natural ($H = 4,68$; $P>0,05$) e heterogeneidade para polinização experimental ($H = 7,35$; $P<0,01$). As comparações nos três tratamentos, para cada espécie, resultaram em valores de H não-significativos para C. pallida ($H = 0,31$; $P>0,05$) e C. spectabilis ($H = 0,40$; $P>0,05$); entretanto para C. lanceolata o valor foi significativo ($H = 9,66$; $P<0,01$).

Os valores de r das análises de correlação realizadas entre o número de frutos, de cicatrizes e o comprimento do racemo, para os três tipos de polinização, são apresentados na Tabela 18.

Das 27 análises realizadas foram significativas apenas duas relativas à polinização livre: uma correlação negativa entre número de frutos e cicatrizes em C. pallida ($r = -0,570$; $t_{19} = 3,02$; $P<0,01$) e uma positiva entre número de frutos e o comprimento do racemo em C. lanceolata. ($r = 0,624$; $t_{19} = 3,48$; $P<0,01$) e uma positiva relativa à autopolinização experimental: entre número de frutos e comprimento do racemo em C. pallida ($r = 0,834$; $t_8 = 4,27$; $P<0,01$). Verifica-se que muitos dos valores de r altos não são significativos, devendo-se isso à amostra estudada ter sido muito pequena para as situações de polinização natural e experimental; entre 5 a 10 racemos. Os gráficos de dispersão dessas três análises são apresentados na Figura 15 com as respectivas retas de regressão, que são apresentadas na Tabela 19.

De maneira geral, as médias de produção de frutos, de cicatrizes e de frutos + cicatrizes das três espécies, quanto a polinização experimental, foram a vista dos números maiores do que as de autopolinização natural sugerindo que o acréscimo de grãos de pólen aumenta a produtividade do racemo. Esse acréscimo ainda foi inferior ao da produtividade em polinização livre, indicando a importância da variabilidade genética resultante da fecundação cruzada, para as espécies de C. lanceolata e C. pallida.

Tabela 16 - Médias e erros padrões dos números de frutos e de cicatrizes Total (frutos + cicatrizes) com polinização livre, natural e experimental em três espécies de Crotalaria (t para diferenças entre médias; * P(0,05).

Espécie	Livre	Autopolinização		t
		Natural	Experimental	
Frutos				
C. lanceolata	17,2±1,4	5,8±1,3	9,8±2,1	1,59
C. pallida	24,7±2,4	22,4±5,0	22,0±2,1	0,07
C. spectabilis	11,0±1,0	7,2±0,8	8,8±1,9	0,78
Cicatrizes				
C. lanceolata	36,1±2,1	32,0±5,7	35,8±3,8	0,55
C. pallida	42,4±1,9	31,1±1,9	33,5±2,0	0,80
C. spectabilis	22,5±2,0	18,2±1,7	22,2±1,7	1,60
Total				
C. lanceolata	53,4±2,5	37,8±5,8	45,6±5,1	1,01
C. pallida	67,1±2,0	53,5±6,3	55,5±3,7	0,27
C. spectabilis	33,5±2,8	25,4±1,8	31,0±1,2	2,59*

Tabela 17 - Frequências percentuais da produção de frutos em relação a frutos + cicatrizes, com polinização livre, natural e experimental em três espécies de Crotalaria.

Espécie	Livre	Autopolinização	
		Natural	Experimental
C. lanceolata	32,2±2,3	17,5±4,4	21,2±2,9
C. pallida	36,3±2,9	36,5±5,7	39,1±1,6
C. spectabilis	32,9±1,4	28,6±3,2	28,1±5,7

Tabela 18 - Correlações entre o número de frutos, de cicatrizes e comprimento do racemo em polinização Livre e Autopolinização (Natural e Experimental), em três espécies de Crotalaria (t para significância de r; * P(0,05; ** P(0,01).

Espécie	Livre		Natural		Experimental	
	r	t	r	t	r	t
C. lanceolata						
Frutos vs cicatrizes	-0,017	0,07	-0,072	0,14	0,467	0,91
vs racemo	0,624	3,48**	0,240	0,49	0,852	2,82
Cicatrizes vs racemo	0,187	0,83	0,160	0,28	0,095	0,19
C. pallida						
Frutos vs cicatrizes	-0,570	3,02**	0,600	2,12	0,663	1,77
vs racemo	-0,026	0,11	-0,270	0,95	0,834	4,27**
Cicatrizes vs racemo	-0,044	0,19	-0,645	2,38	0,587	1,46
C. spectabilis						
Frutos vs cicatrizes	0,763	2,63	-0,186	0,32	-0,770	2,09
vs racemo	0,302	0,63	0,741	1,91	0,719	1,79
Cicatrizes vs racemo	0,279	0,58	0,032	0,05	-0,225	0,40

Tabela 19 - Análise de regressão do número de frutos versus o de cicatrizes e o comprimento do racemo em polinização Livre e autopolinização (Natural e Experimental) em 3 espécies de Crotalaria (F para significância de b; *: P(0,05; **: P(0,01).

Espécie	Livre		Natural		Experimental	
	Equação	F	Equação	F	Equação	F
C. lanceolata						
Frutos vs cicatrizes	y = 36,6-0,03x	0,01	y = 33,8- 0,31x	0,02	y = 27,7+0,82x	0,84
vs racemo	y = 76,0+6,62x	12,12**	y = 96,6+ 5,92x	7,97	y = 128,0+4,40x	0,24
Cicatrizes vs racemo	y = 143,0+1,31x	0,69	y = 141,0+ 0,37x	0,03	y = 132,0+0,67x	0,11
C. pallida						
Frutos vs cicatrizes	y = 53,9-0,46x	9,65**	y = 26,1+ 0,22x	4,50	y = 19,6+0,63x	3,15
vs racemo	y = 362,0-0,17x	0,01	y = 300,0- 1,12x	0,63	y = 25,0+9,98x	9,14**
Cicatrizes vs racemo	y = 373,0-0,35x	0,04	y = 497,0- 7,14x	5,70*	y = - 3,0+7,40x	2,10
C. spectabilis						
Frutos vs cicatrizes	y = 5,6+1,54x	5,56	y = 21,1- 0,41x	0,11	y = 28,3-0,69x	4,36
vs racemo	y = 197,0+8,30x	0,40	y = 25,7+22,00x	3,65	y = 160,0+7,34x	3,22
Cicatrizes vs racemo	y = 202,0+3,80x	0,34	y = 176,0+ 0,44x	0,01	y = 282,0-2,57x	0,16

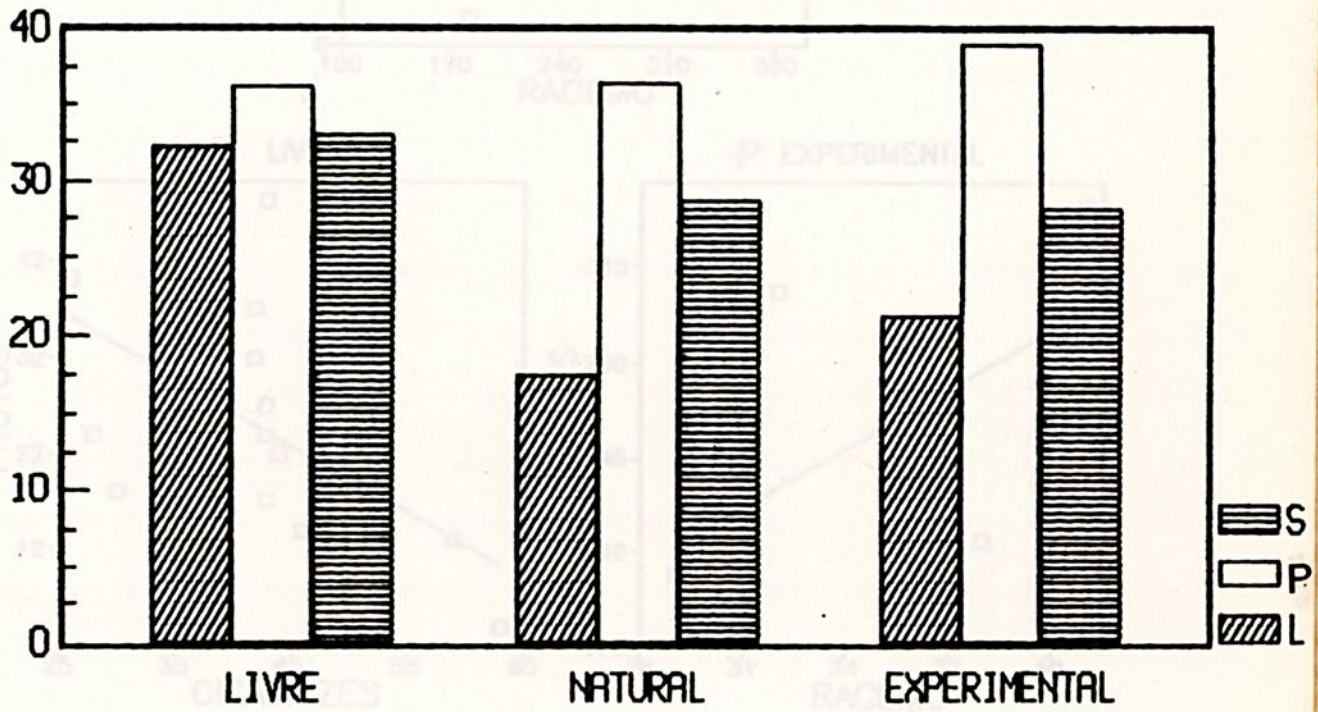


Figura 14 - Percentuais de produtividade de frutos em relação a produtividade potencial (frutos + cicatrizes) em três situações de polinização em C. lanceolata (L),,C. pallida (P) e C. spectabilis (S).

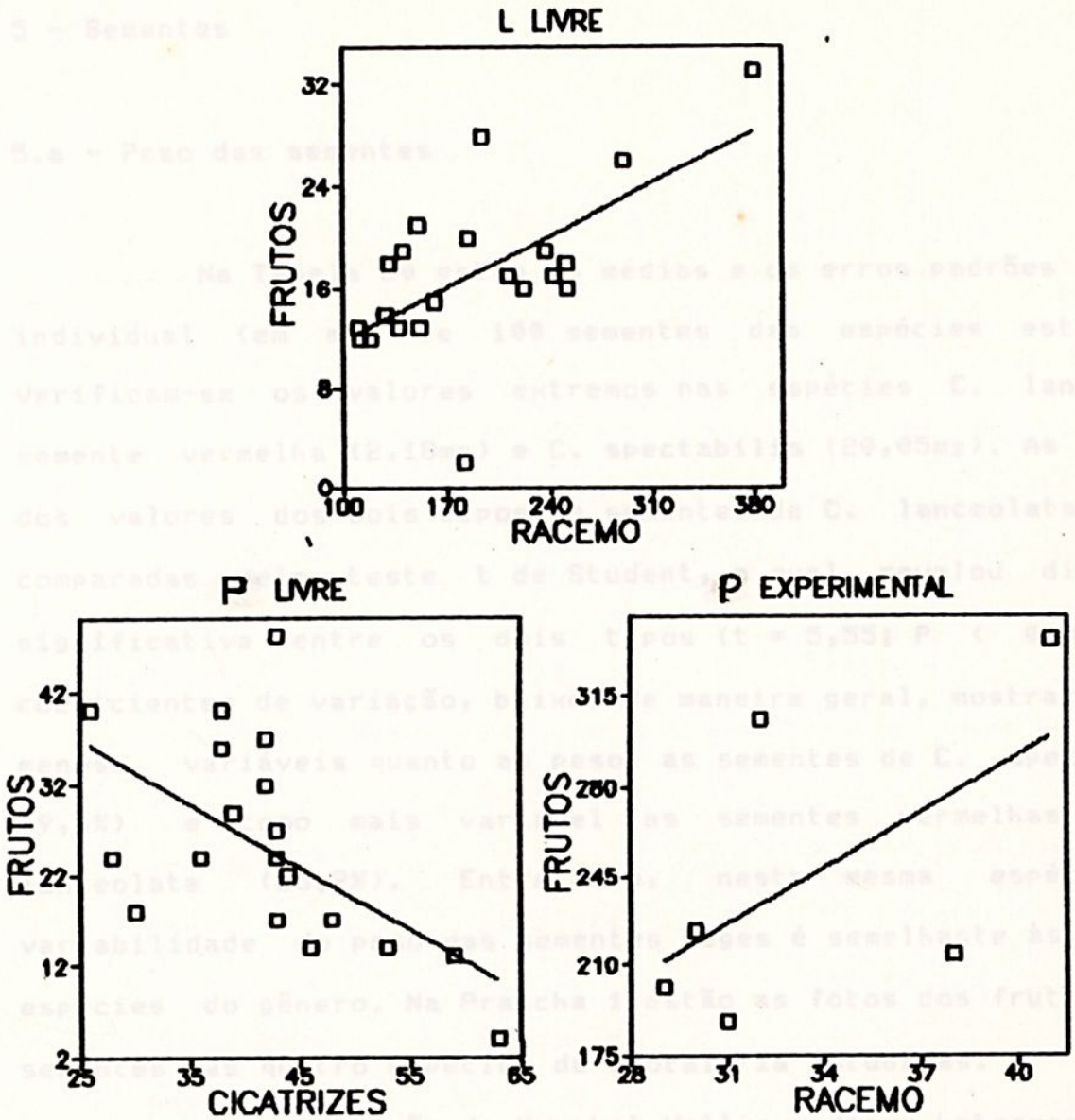


Figura 15 - Correlações e retas de regressão entre o número de frutos e o de cicatrizes ou o comprimento do racemo em condição de polinização livre ou experimental em C. lanceolata (L) e C. pallida (P).

5 - Sementes

5.a - Peso das sementes

Na Tabela 20 estão as médias e os erros padrões do peso individual (em mg) de 100 sementes das espécies estudadas. Verificam-se os valores extremos nas espécies C. lanceolata semente vermelha (2,18mg) e C. spectabilis (20,05mg). As médias dos valores dos dois tipos de sementes de C. lanceolata foram comparadas pelo teste t de Student, o qual revelou diferença significativa entre os dois tipos ($t = 5,55$; $P < 0,01$). Os coeficientes de variação, baixos de maneira geral, mostraram como menos variáveis quanto ao peso, as sementes de C. spectabilis (9,4%) e como mais variável as sementes vermelhas de C. lanceolata (25,2%). Entretanto, nesta mesma espécie, a variabilidade do peso das sementes beges é semelhante às demais espécies do gênero. Na Prancha 1 estão as fotos dos frutos e das sementes das quatro espécies de Crotalaria estudadas.

A comparação de Kruskal-Wallis indicou heterogeneidade entre as espécies ($H = 456,00$; $P<0,01$).

Os valores dos pesos individuais das sementes foram agrupados em classes com intervalos de 1 mg, cujas representações gráficas das freqüências encontram-se na Figura 16.

Tabela 20- Médias e erros padrões do peso individual de 100 sementes (em mg) de espécies de Crotalaria (t para diferença entre médias; **: P<0,01).

Espécie	$\overline{X} \pm S_X$	t(198)	CV
C. incana	9,35±0,13		0,137
C. lanceolata			
beges	2,53±0,03		0,126
		5,55**	
vermelhas	2,18±0,06		0,252
C. pallida	6,21±0,08		0,127
C. spectabilis	20,05±0,19		0,094

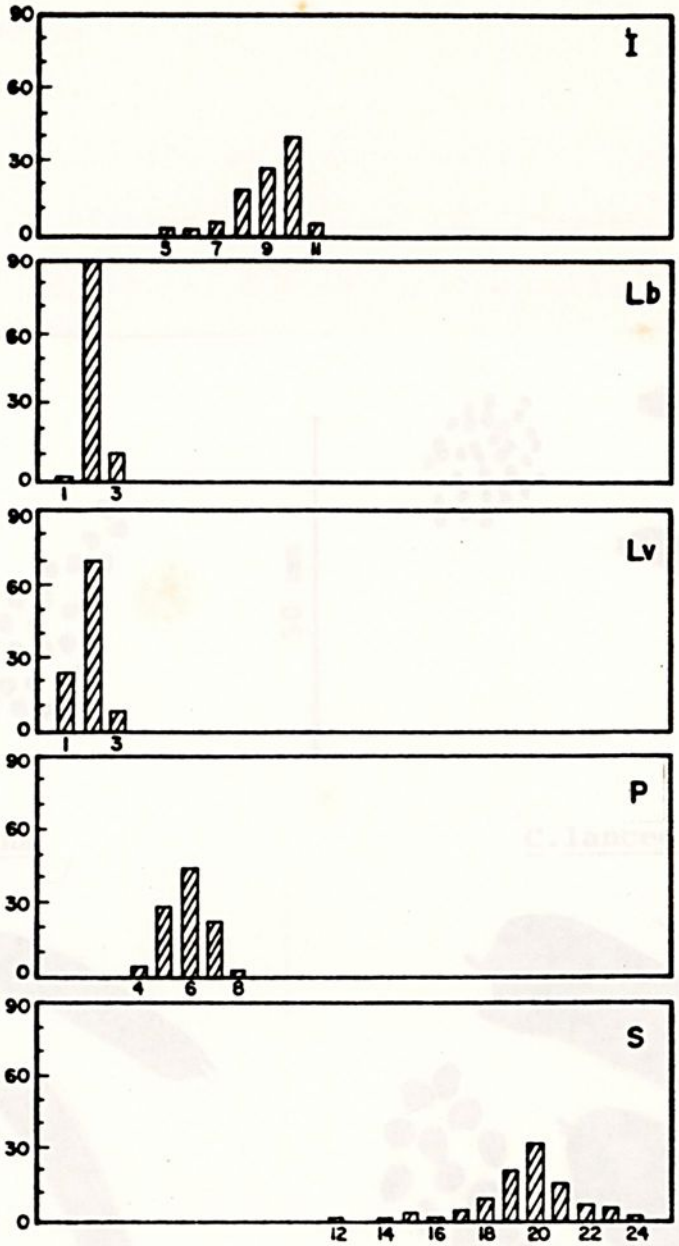
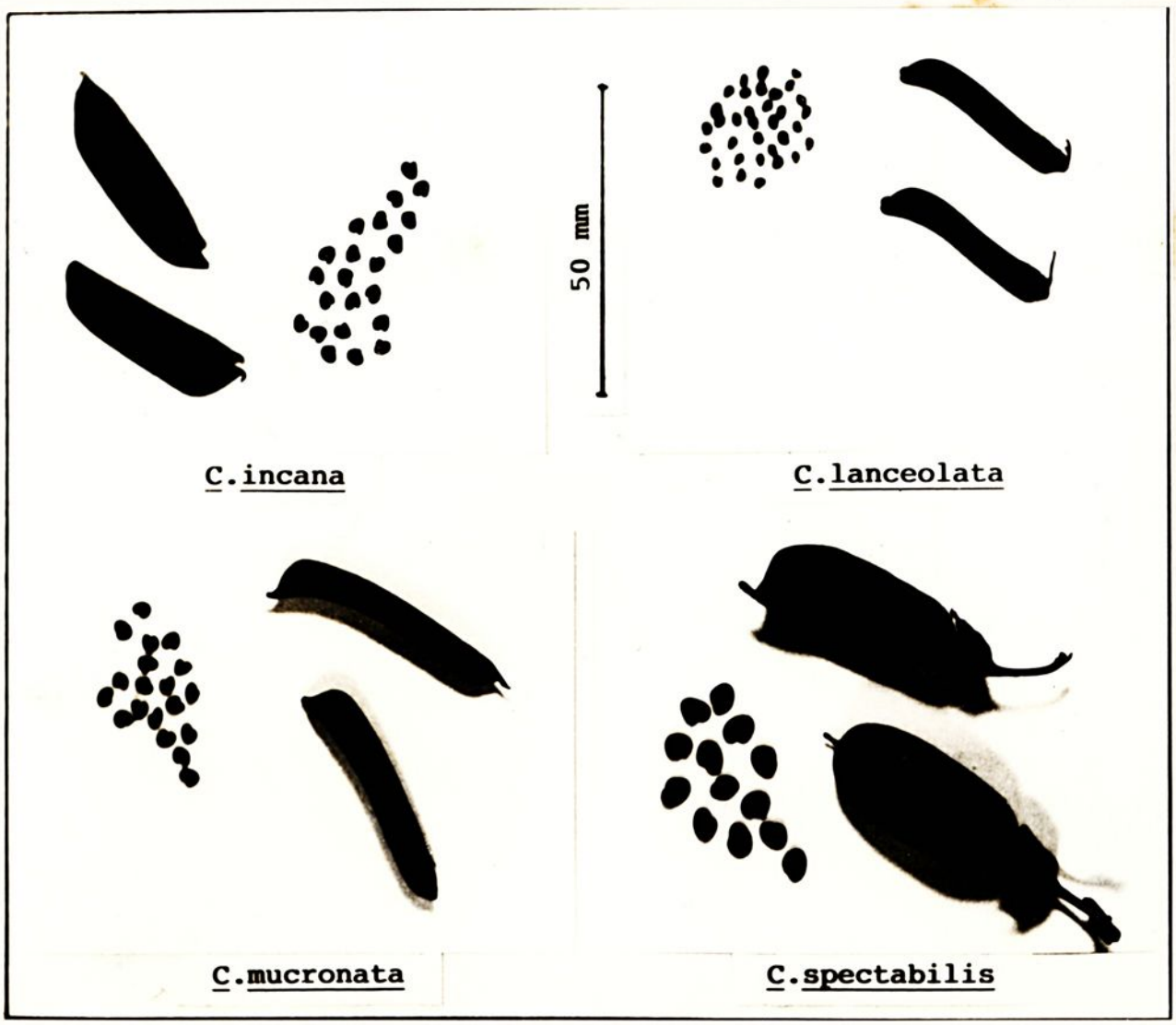


Figura 16 - Distribuição dos pesos de 100 sementes das espécies C. incana (I), C. lanceolata bege (Lb), C. lanceolata vermelha (Lv), C. pallida (P) e C. spectabilis (S).



Prancha 1 - Frutos e Sementes de quatro espécies de Crotalaria.

5.b - Taxa de germinação

Os resultados percentuais de germinação de 1.000 sementes das espécies C. incana, C. lanceolata (vermelha) e C. pallida e 2.500 de C. spectabilis estão na Tabela 21. Foi estabelecido um período de observação de 10 dias, verificando-se uma variação entre as espécies quanto a esse período. Em C. incana e C. lanceolata a germinação chegou até o 6º dia e em C. pallida o 4º dia. Os percentuais de germinação em C. incana, C. pallida e C. spectabilis foram os maiores no 2º dia de observação com 62,7%, 48,3% e 32,2%, respectivamente. O maior percentural de germinação foi o de C. incana (93,5%) e o menor, o de C. spectabilis (47,2%). Na Figura 17 estão ilustrados os percentuais apresentados na Tabela 21.

As sementes beges de C. lanceolata germinaram no 6º dia, voltando a germinar no 11º dia. Em vista disso, foram realizados dois experimentos. No primeiro, foram usadas seis placas cujo número de sementes e percentuais de germinabilidade estão indicados na Tabela 22. No início da germinação, com seis dias, verificou-se um percentual médio de germinabilidade muito baixo (4,6%) e no 11 dia, de 47,9%, num total de 52,5%.

No segundo experimento foram usadas 64 sementes de frutos recém-amadurecidos. Observou-se a germinação a partir do 4º dia e nos dias subsequentes, 5º e 6º dias, com percentuais médios de 10,9%, 26,6% e 48,4%, respectivamente. Considerando-se os valores dos três dias de germinação, o percentual médio total foi de 85,9%. Os percentuais de germinabilidade deste experimento

estão ilustrados na Figura 18.

Observou-se que, neste experimento com sementes colhidas de frutos recém-amadurecidos, o percentual de germinação foi maior, havendo também uma antecipação de dois dias na germinação. Destaca-se ainda que no 1º experimento a germinação atingiu o 11º dia.

Na Tabela 23 estão os resultados dos percentuais de germinabilidade de três classes de sementes, consideradas pelo seu peso. Para cada espécie, as variações foram as seguintes: de 90% (grande) a 96% (média) para C. incana, de 60% (grande) a 72% (pequena) para C. lanceolata (vermelha), de 71% (média) a 88% (pequena) para C. pallida e de 68% (pequena) a 78% (grande) para C. spectabilis. Deste modo, a germinabilidade das sementes nas três classes de peso apresentaram variações muito pequenas; de 6% para C. incana a 12% para C. lanceolata (vermelha).

Os percentuais de germinabilidade das três classes de peso das quatro espécies ilustrados na Figura 19, não diferiram significativamente ($x^2_6 = 3,81$; $P>0,05$), mostrando para estas espécies não existir relação entre peso da semente e grau de germinabilidade.

O uso do ácido sulfúrico para quebra de dormência da espécie C. lanceolata de sementes bege não deu resultado positivo. Foi dectada a presença de tanino nas sementes vermelhas, tanto em corte a fresco como no exsudato do papel de filtro.

Tabela 21 - Número de sementes e porcentagem de germinação em espécies de Crotalaria.

Dias	I(N=1000)		Lv(N=1000)		M(N=1000)		S(N=2500)	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
2	627	62,7	212	21,2	483	48,3	804	32,2
3	187	18,7	199	19,9	176	17,6	272	10,9
4	86	8,6	202	20,2	60	6,0	96	3,8
5	35	3,5	109	10,9	-	-	7	0,3
6	-	-	37	3,7	-	-	-	-
Total	935	93,5	759	75,9	719	71,9	1179	47,2

Tabela 22 - Número e porcentagem de germinação de sementes beges de **C. lanceolata** em dois períodos de germinação (6 e 11 dias) e Total.

Placa	Nº de Sementes	6		11		Total	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%
1	41	4	9,7	17	41,4	21	51,1
2	32	-	-	27	84,3	27	84,3
3	43	-	-	18	41,8	18	41,8
4	45	3	6,7	14	31,0	17	37,7
5	41	4	9,7	15	36,5	19	46,3
6	36	-	-	23	63,8	23	63,8
Total	238	11	4,6	114	47,9	125	52,5

Inst. de Biociências, Letras e Ciências Exatas - UNESP
BIBLIOTECA
S. J. Rio Preto

Tabela 23 - Percentuais de germinabilidade em três classes de peso de sementes em espécies de Crotalaria.

Espécie		N	Classe	%
C. incana	Pequena	200	(2,2 - 5,6)	92
	Média	200	(5,7 - 8,0)	96
	Grande	200	(8,2 - 12,0)	90
C. lanceolata (vermelha)	Pequena	200	(1,6 - 2,9)	72
	Média	200	(3,0 - 3,5)	70
	Grande	200	(3,6 - 4,5)	60
C. pallida	Pequena	200	(4,0 - 5,0)	88
	Média	200	(5,2 - 6,2)	71
	Grande	200	(6,3 - 8,0)	76
C. spectabilis	Pequena	200	(12,1 - 18,1)	68
	Média	200	(18,2 - 20,5)	79
	Grande	200	(20,6 - 24,2)	78
x^2_6			3,81	

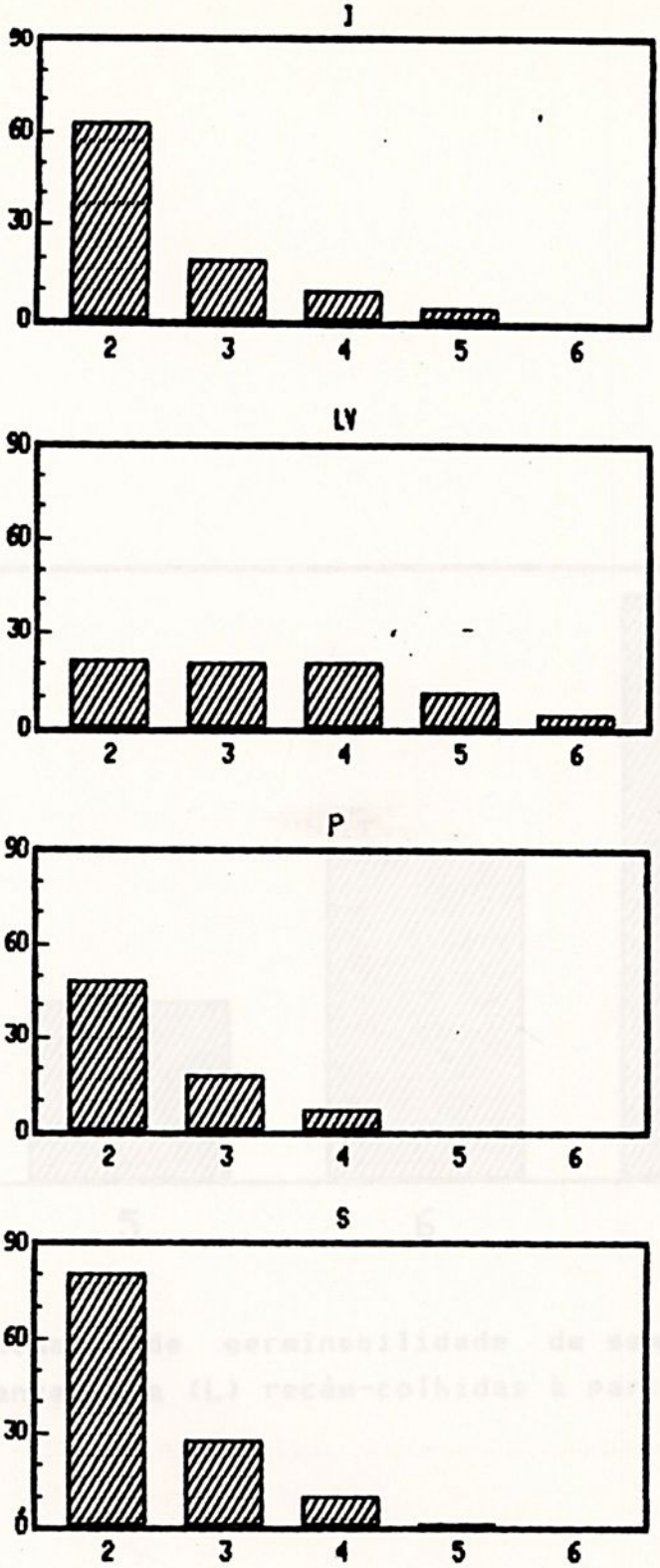


Figura 17 - Percentuais de germinabilidade diária em C. incana (I), C. lanceolata vermelha (Lv) e C. pallida (P) e C. spectabilis (S).

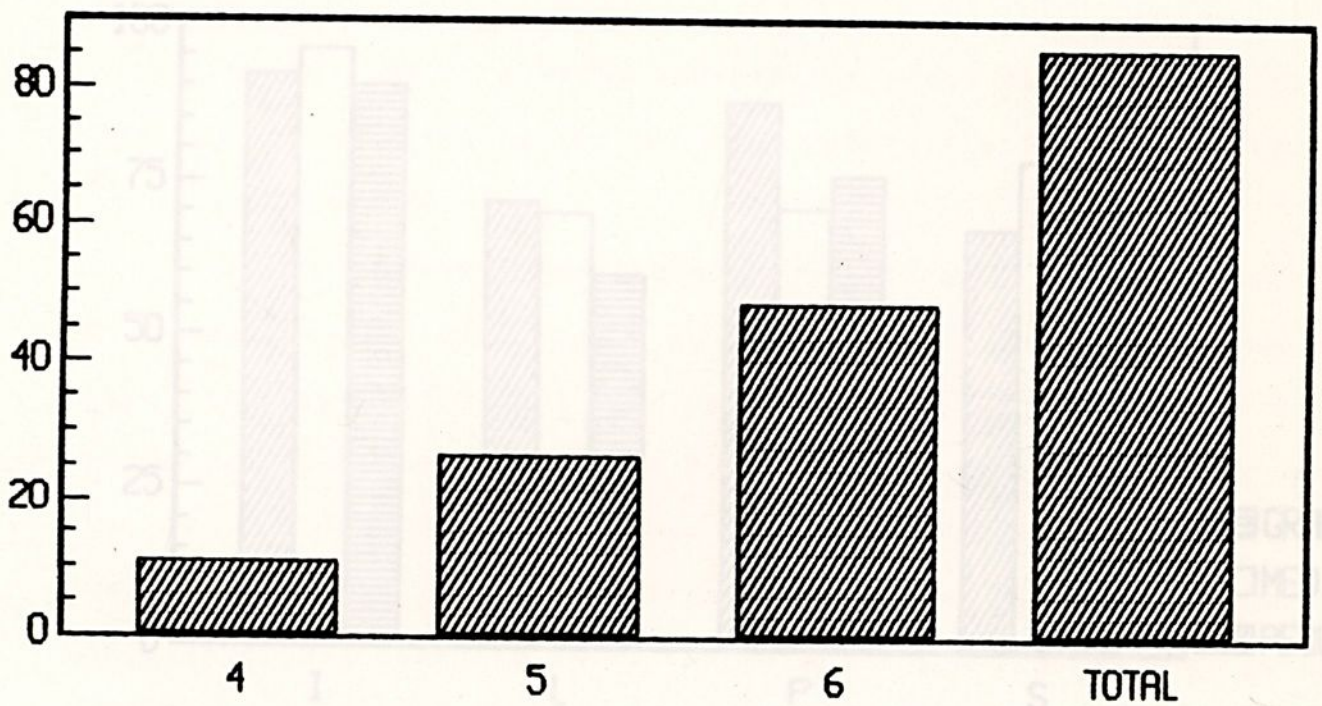


Figura 18 - Percentuais de germinabilidade de sementes bege de C. lanceolata (L) recém-colhidas à partir do 4º dia.

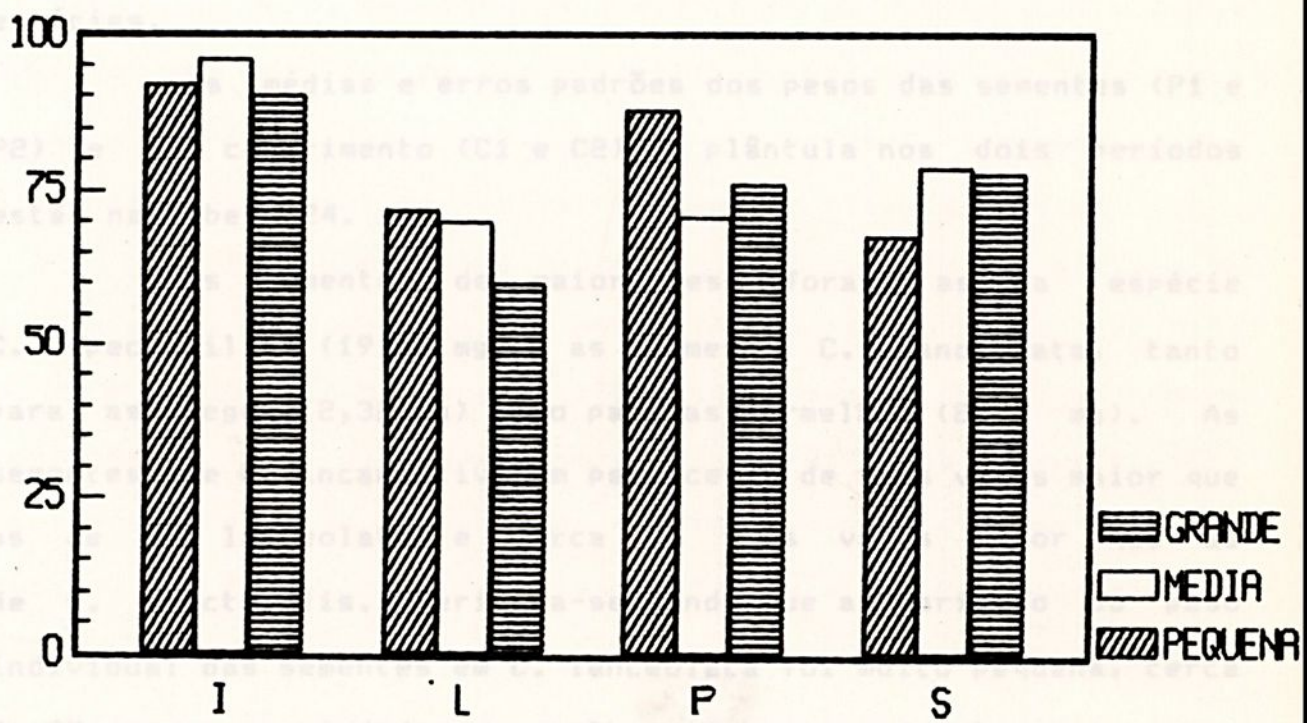


Figura 19 - Percentuais de germinabilidade de sementes grandes, médias e pequenas em C. incana (I), C. lanceolata (L), C. pallida (P) e C. spectabilis (S).

6 - Efeito do peso da semente no desenvolvimento da plântula

As plântulas desenvolvidas a partir de sementes previamente pesadas foram medidas no seu comprimento, em centímetros, e peso seco tomado em miligramas, em dois intervalos de tempo (períodos), estabelecidos como sendo de 8 e 16 dias para a espécie C. spectabilis e de 6 e 12 dias para as demais espécies.

As médias e erros padrões dos pesos das sementes (P1 e P2) e do comprimento (C1 e C2) da plântula nos dois períodos estão na Tabela 24.

As sementes de maior peso foram as da espécie C. spectabilis (19,33 mg) e as de menor C. lanceolata, tanto para as beges (2,32 mg) como para as vermelhas (2,72 mg). As sementes de C. incana tiveram peso cerca de três vezes maior que as de C. lanceolata e cerca de três vezes menor que as de C. spectabilis. Verifica-se ainda que a variação do peso individual das sementes em C. lanceolata foi muito pequena, cerca de 9% para as variedades vermelhas e beges enquanto que, para C. incana o valor do coeficiente de variação é foi alto, cerca de 43%.

Na espécie C. incana, o peso da plântula no primeiro período foi de 3,48 mg e no segundo de 5,79 mg com valor de t de Student para a diferença entre as médias significativo ao nível de 1%. Para as demais espécies, os pesos das plântulas no segundo período foram maiores que os do primeiro cerca de cinco vezes para C. lanceolata (vermelha) e de três vezes para C. lanceolata

(bege), com valores de t significativos ao nível de 1% para as duas espécies. Para C. spectabilis não houve diferença significativa de peso entre o primeiro e o segundo período.

O comprimento das plântulas variou no primeiro período de 2,64 cm a 7,09 cm e no segundo, de 4,65 cm a 8,69 cm, respectivamente para C. lanceolata (bege) e C. spectabilis. Os valores médios dos comprimentos nos dois períodos mostraram que as plântulas de C. spectabilis foram cerca de duas a quatro vezes maiores que as das demais espécies no primeiro período, mas somente cerca de duas vezes maiores que as de C. lanceolata bege e praticamente igual as demais espécies no segundo período.

Foram obtidos os seguintes valores de H das comparaçõs feitas entre as espécies: H = 93,82 (P<0,01), H = 83,00 (P<0,01), e H = 90,32 (P<0,01), respctivamente para peso das sementes e comprimento das plântulas no primeiro (C1) e no segundo (C2) períodos. Para as comparações do peso das plântulas os valores obtidos foram no primeiro período (P1): H = 105,50 (P<0,01) e no segundo (P2): H = 114,40 (P<0,01). Como se verifica pelos valores de H, as "posições" dos dados dessas cinco variáveis foram altamente heterogêneas entre as espécies.

Foram realizadas análises de correlação entre as cinco variáveis, os quais são apresentados nas Tabelas 25 a 28.

Na Tabela 25 estão os valores de r das correlações da espécie C. incana. O peso inicial das sementes mostrou-se correlacionado positivamente com o comprimento e o peso da plântula com 6 e 12 dias. Em todos os casos, os valores de t foram significativos ao nível de 1%.

O peso da plântula com 6 dias associou-se positivamente com o comprimento da plântula em 6 dias ($P < 0,01$) e em 12 dias ($P<0,05$), bem como com o peso da plântula em 12 dias ($r = 0,591$; $t_{33} = 4,21$; $P < 0,01$). O peso da plântula se correlacionou positivamente com o comprimento em 6 dias a nível de 1% mas não com o comprimento em 12 dias ($r = -0,001$; $P>0,05$). Houve também correlação positiva para o comprimento nos dois períodos considerados ($r = 0,549$; $t_{33} = 3,77$; $P < 0,01$).

Para a espécie **C. lanceolata** com sementes bege, os valores de r estão na Tabela 26. O peso das sementes mostrou-se correlacionado positivamente com C1, ao nível de significância de 5%. Houve também correlação positiva entre o peso da semente e o da plântula com 6 dias ($r = 0,401$; $t_{27} = 2,27$; $P < 0,05$) e com 12 dias ($r = 0,48$; $t_{27} = 2,84$; $P<0,01$). As correlações entre peso da plântula com 6 dias (P1) foram positivas somente para o comprimento no 1º período ($r = 0,750$; $t_{27} = 5,89$; $P<0,01$). O peso da plântula no 2º período mostrou-se correlacionado positivamente apenas com o comprimento no segundo período ao nível de 5%.

Na Tabela 27 são apresentados os valores de r para a espécie **C.lanceolata** (sementes vermelhas). Para as sementes beges, houve correlação positiva e significativa entre o peso (PS) e o comprimento no primeiro período ($r = 0,635$; $t_{29} = 4,43$; $P<0,01$), mas não no segundo. Para o peso da semente e o das plântulas as correlações foram positivas, no primeiro ($r = 0,801$; $t_{29} = 7,20$; $P<0,01$) e no segundo ($r = 0,758$; $t_{29} = 6,26$; $P<0,01$) períodos. O peso e comprimento da plântula com seis dias

(P1 - C1) correlacionaram-se positivamente ($r = 0,537$; $t_{29} = 3,43$; $P<0,01$) como nas de sementes beges da mesma espécie. O peso da plântula com 6 dias (P1) mostrou correlação positiva e significativa ($r = 0,533$; $t_{29} = 3,39$; $P<0,01$) com o peso em 12 dias, e o peso da plântula com 12 dias mostrou correlação positiva com o comprimento aos 6 dias ($r = 0,443$; $t_{29} = 2,66$; $P<0,05$), como para sementes beges, não houve correlação entre os comprimentos das plântulas nos dois períodos.

Para **C. spectabilis** os valores de r são apresentados na Tabela 28. Ao contrário das demais espécies, as correlações entre peso das sementes e peso e comprimento das plântulas não foram significativas, exceto uma correlação fraca entre o peso das sementes e o das plântulas com 8 dias ($r = 0,410$; $t = 2,42$; $P<0,01$). O peso e o comprimento aos 8 dias não estão correlacionados, porém os pesos dos dois períodos estão correlacionados ao nível de significância de 1% ($r = 0,907$; $t_{29} = 11,60$). As demais análises indicaram ausência de associações entre as variáveis.

Na Tabela 29 são apresentadas as equações das regressões dos valores do peso das sementes e respectivos pesos e comprimentos das plântulas nos dois períodos de observação. Os resultados mostraram que para C. incana e C. lanceolata bege e vermelha o peso das plântulas depende do peso das sementes, tanto para 6 como para 12 dias de desenvolvimento, enquanto que para o comprimento há também dependência em relação ao peso das sementes para plântulas com 6 dias, para as três espécies, mas não para o comprimento aos 12 dias para as duas variedades de sementes de

C. lanceolata. Ao contrário, para C. spectabilis, a regressão foi significativa apenas para a associação entre peso da semente e peso das plântulas aos 8 dias. Os gráficos de dispersão das correlações das Tabelas 25 a 28 com as respectivas retas de regressão da Tabela 29 são apresentados nas Figuras 20 a 26. Na Figura 23 verifica-se que um ponto afasta-se muito da tendência dos demais; em vista disto, as correlações referentes aos pesos nos dois períodos de desenvolvimento de C. spectabilis foram refeitas, excluindo-se estes pontos. Os valores de r das correlações entre o peso das sementes e o das plântulas com 8 dias foi reduzido para um valor não significativo ($r = 0,351$; $t_{28} = 1,98$; $P>0,05$) e com 16 dias reduzido para $r = -0,144$ ($t_{28} = 0,77$; $P>0,05$). A correlação entre P1 e P2 torna-se mais fraca, entretanto continuando significativa ($r = 0,520$; $t_{28} = 3,23$; $P<0,01$).

Tabela 24 - Médias e erros padrões do peso das sementes (PS) (mg), e comprimento (cm) das plântulas em dois períodos (P1 e P2) e (C1 e C2). (CV: coeficiente de variação; t para diferença entre médias).

Espécie	N	Semente $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	CV	Peso P1	Peso P2	t	Comprimento C1	Comprimento C2	t
C. incana	35	6,82±0,50	0,43	3,48±0,16	5,79±0,19	9,17**	4,12±0,23	7,41±0,19	11,38**
C. lanceolata									
bege	31	2,32±0,22	0,09	8,76±0,16	26,75±1,40	12,70**	2,64±0,06	4,65±0,22	9,19**
vermelha	29	2,72±0,23	0,08	3,62±0,12	15,63±0,46	25,10**	3,03±0,08	5,52±0,15	14,29**
C. spectabilis	31	19,33±0,57	0,16	84,1±4,30	95,00±3,80	1,79	7,09±0,21	8,69±0,20	5,57**

Tabela 25 - Correlação entre as médias do peso (P1 e P2) e e comprimento (C1 e C2) da plântula em dois períodos em **C. incana** (t para significância de r; *: P<0,05: **: P<0,01).

	r	$t_{(33)}$
PS x C1	0,961	19,96**
x C2	0,589	4,18**
x P1	0,534	3,63**
x P2	0,483	3,16**
P1 x C1	0,502	3,33**
x C2	0,392	2,44*
x P2	0,591	4,21**
P2 x C1	0,475	3,10**
x C2	-0,001	0,08
C1 x C2	0,549	3,77**

Tabela 26 - Correlação entre médias do peso (P1 e P2) e comprimento (C1 e C2) da plântula em dois períodos em C. lanceolata (bege) (t para significância de r; *: P<0,05: **: P<0,01).

	r	t_{27}
PS x C1	0,394	2,23*
x C2	0,004	0,21
x P1	0,401	2,27*
x P2	0,480	2,84**
P1 x C1	0,750	5,89**
x C2	0,175	0,92
x P2	0,148	0,78
P2 x C1	0,219	1,67
x C2	0,390	2,20*
C1 x C2	0,105	0,55

Tabela 27 - Correlação entre as médias do peso (P1 e P2) e comprimento (C1 e C2) da plântula em dois períodos em **C. lanceolata** (vermelha) (t para significância de r; *: P<0,05: **: P<0,01).

	r	t_{29}
PS x C1	0,635	4,43**
x C2	0,063	0,34
x P1	0,801	7,20**
x P2	0,758	6,26**
P1 x C1	0,537	3,43**
x C2	0,061	0,33
x P2	0,533	3,39**
P2 x C1	0,443	2,66*
x C2	0,225	1,24
C1 x C2	0,243	1,35

Tabela 28 - Correlação entre médias do peso (P1 e P2) e comprimento (C1 e C2) da plântula em dois períodos em C. spectabilis (t para significância de r; *: P<0,05: **: P<0,01).

	r	t_{29}
PS x C1	-0,333	1,90
x C2	0,266	1,48
x P1	0,410	2,42*
x P2	0,206	1,33
P1 x C1	-0,213	1,17
x C2	0,281	1,58
x P2	0,907	11,60**
P2 x C1	-0,072	0,39
x C2	0,251	1,40
C1 x C2	0,047	0,25

Tabela 29 - Regressões entre as médias dos pesos das sementes (PS) e dos pesos (P1 e P2) e comprimento (C1 e C2) da plântula em dois períodos em três espécies de **Crotalaria** (F para inclinação da reta; * P<0,05; **: P<0,01).

Variável	Equação	F
C. incana		
PS x P1	y = 2,30 + 0,174x	13,17**
PS x P2	y = 4,54 + 0,183x	10,04**
PS x C1	y = 1,08 + 0,446x	403,00**
PS x C2	y = 6,05 + 0,199x	17,54**
C. lanceolata		
vermelha		
PS x P1	y = 2,51 + 0,409x	48,23**
PS x P2	y = 11,40 + 1,560x	36,49**
PS x C1	y = 2,39 + 0,235x	18,23**
PS x C2	y = 5,41 + 0,043x	0,106
bege		
PS x P1	y = 8,10 + 0,285x	5,54*
PS x P2	y = 19,60 + 3,090x	8,66**
PS x C1	y = 2,38 + 0,110x	5,32*
PS x C2	y = 4,64 + 0,004x	0,001
C. spectabilis		
PS x P1	y = 24,50 + 3,12x	5,86*
PS x P2	y = 68,30 + 1,38x	1,27
PS x C1	y = 9,47 - 0,123x	3,60
PS x C2	y = 6,90 + 0,930x	2,20

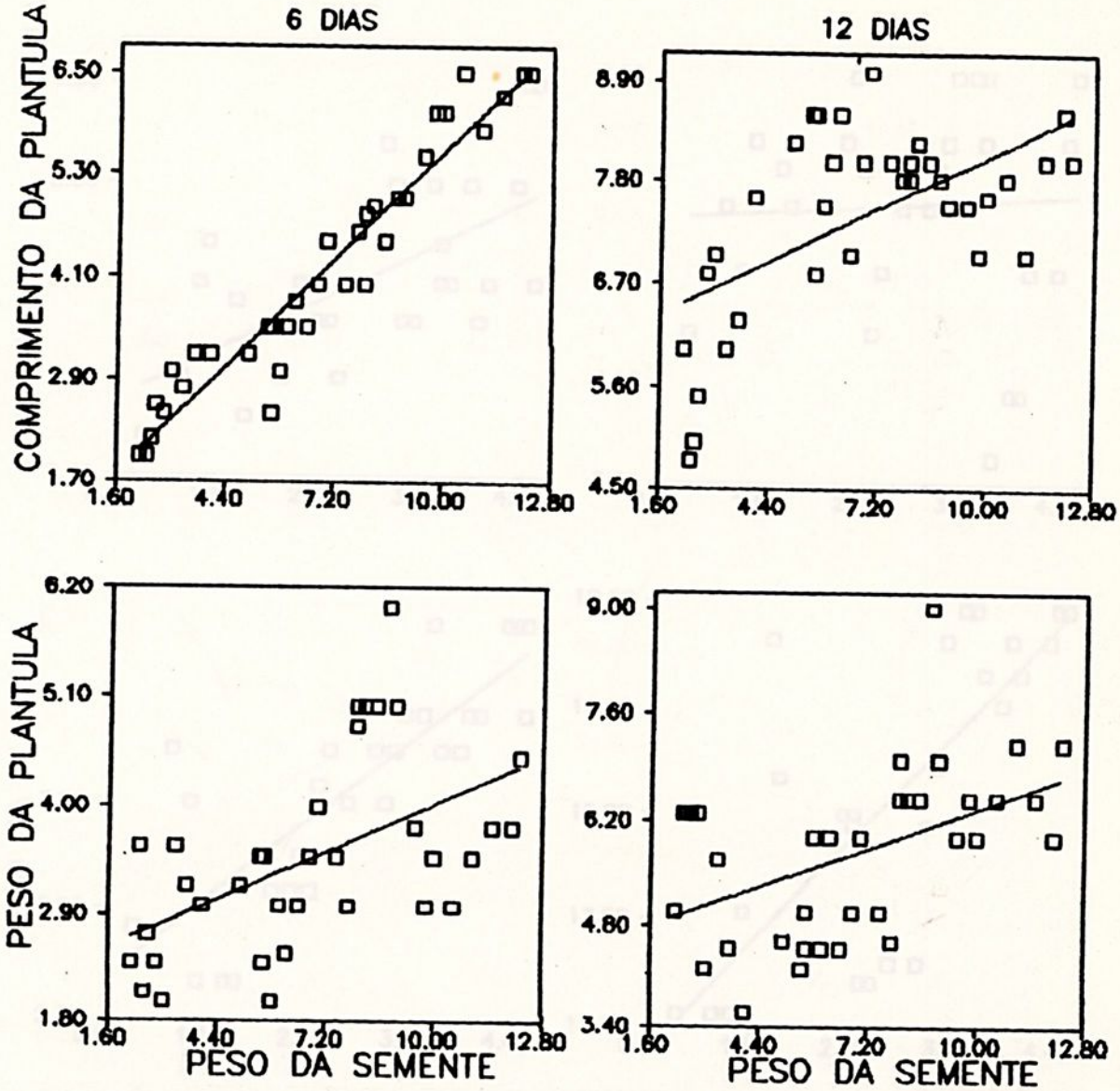


Figura 20 - Correlações e retas de regressão entre peso da semente e os respectivos comprimentos e pesos das plântulas em dois períodos de observação (6 e 12 dias) para a espécie C. incana.

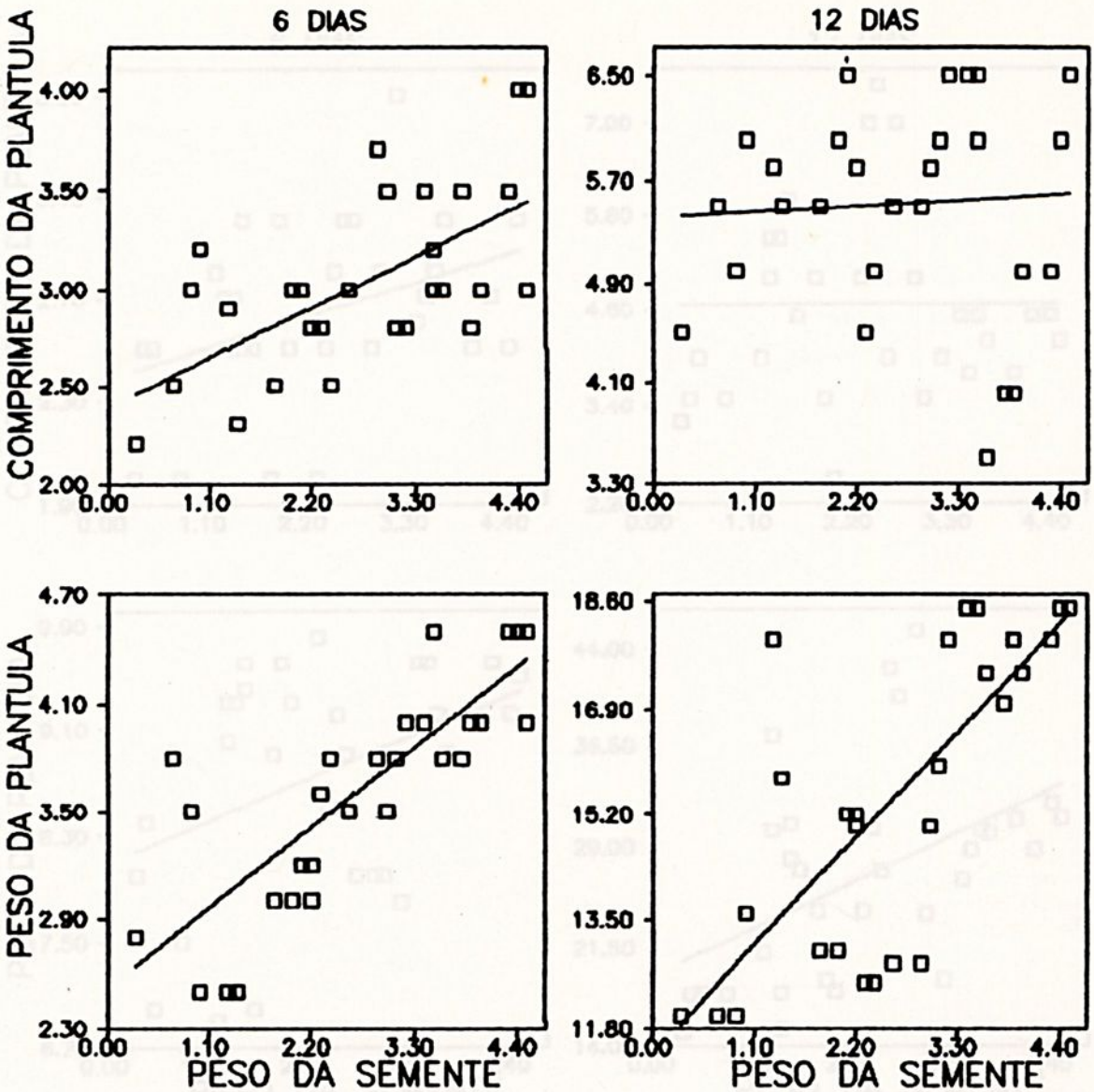


Figura 21 - Correlações e retas de regressão entre peso da semente e os respectivos comprimentos e pesos das plântulas em dois períodos de observação (6 e 12 dias) para a espécie C. lanceolata (sementes vermelhas).

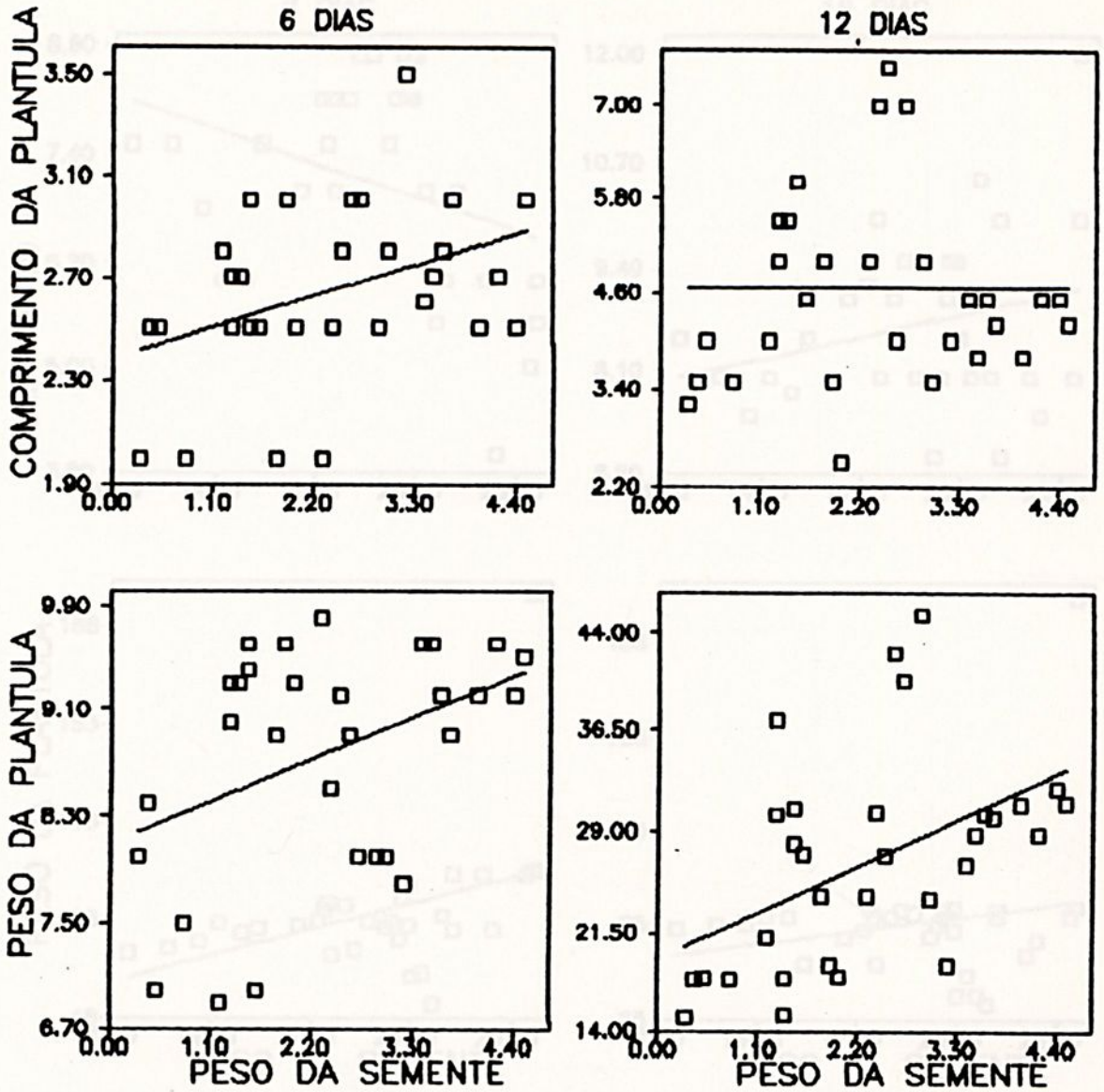


Figura 22 - Correlações e retas de regressão entre peso da semente e os respectivos comprimentos e pesos das plântulas em dois períodos de observação (6 e 12 dias) para a espécie C. lanceolata (seméntes beges).

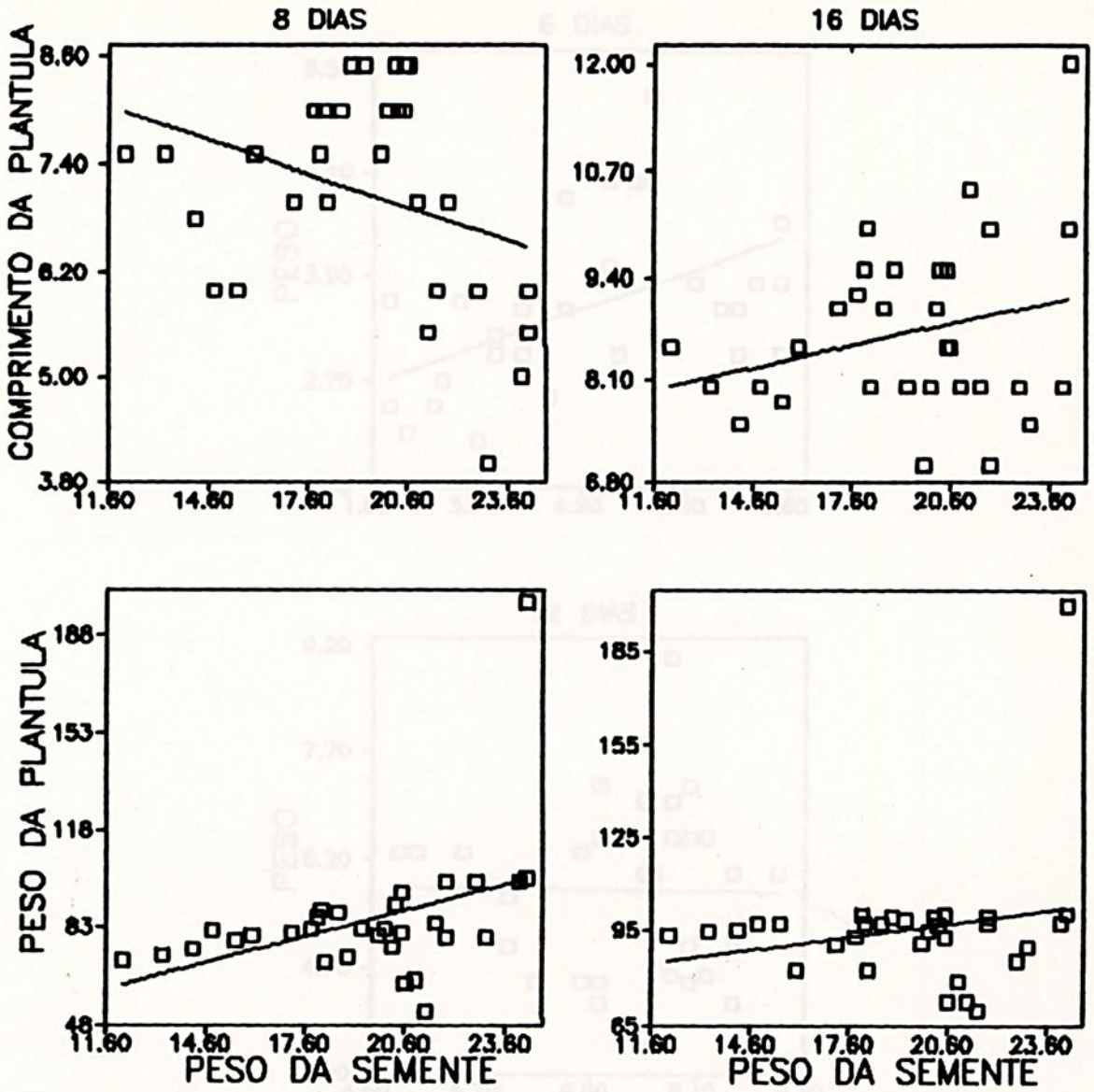


Figura 23 - Correlações e retas de regressão entre peso da semente e os respectivos comprimentos e pesos das plântulas em dois períodos de observação (6 e 12 dias) para a espécie C. spectabilis.

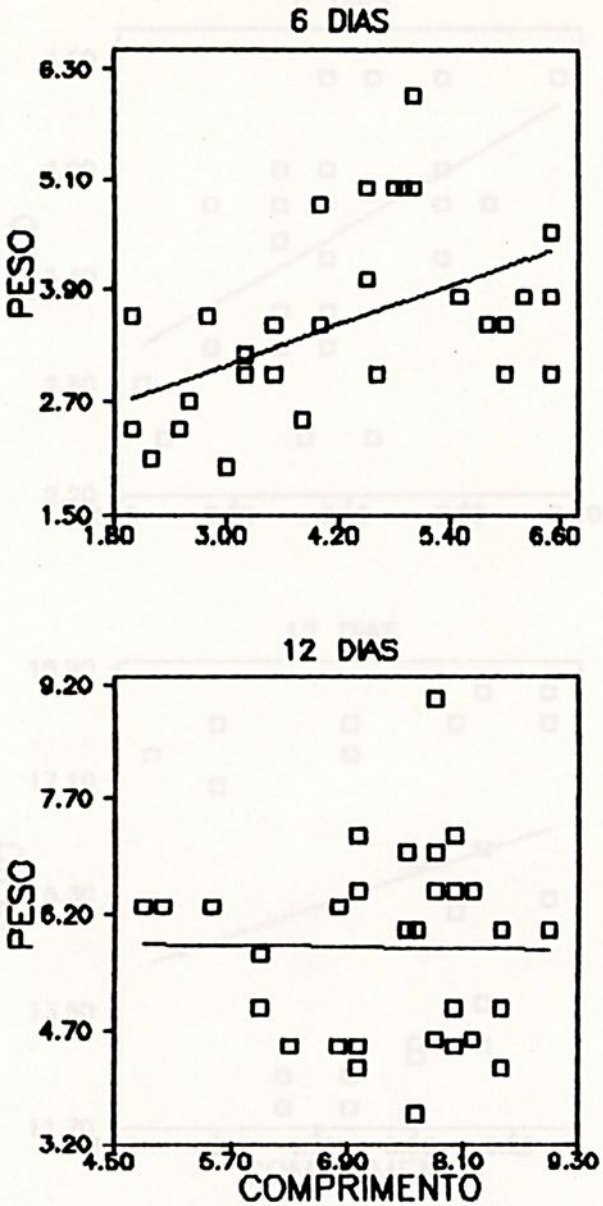


Figura 24 - Correlações e retas de regressão entre peso das plântulas aos 6 dias com os seus respectivos comprimentos aos 6 e 12 dias para a espécie C. incana.

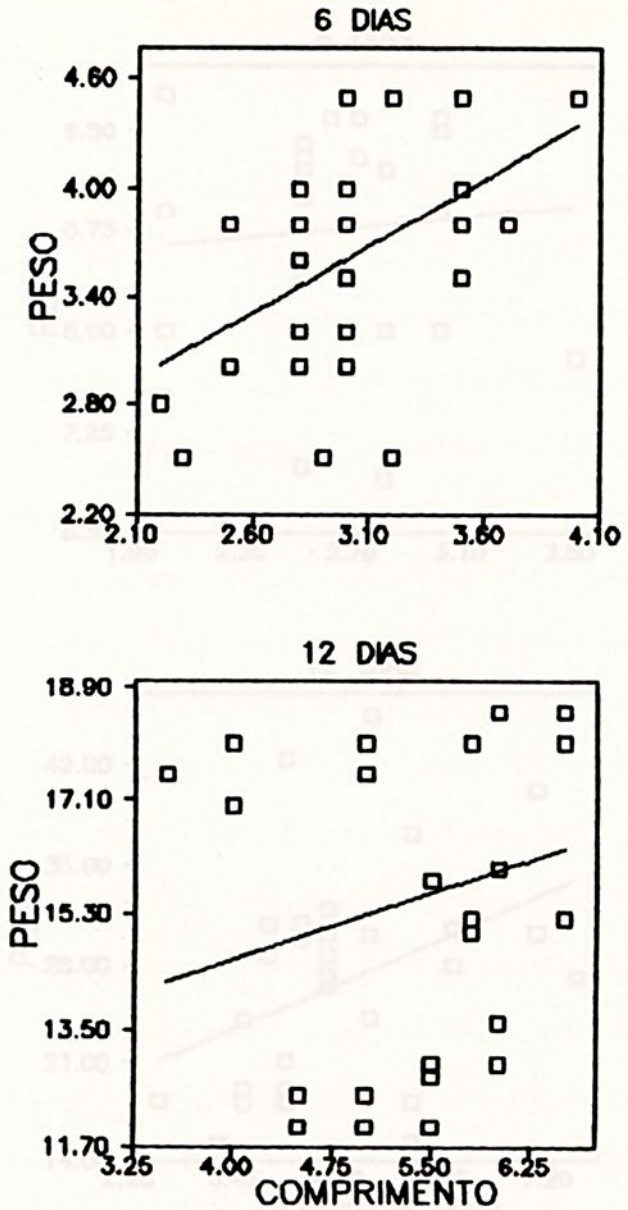


Figura 25 - Correlações e retas de regressão entre peso das plântulas aos 6 dias com os seus respectivos comprimentos aos 6 e 12 dias para a espécie C. lanceolata (sementes vermelhas).

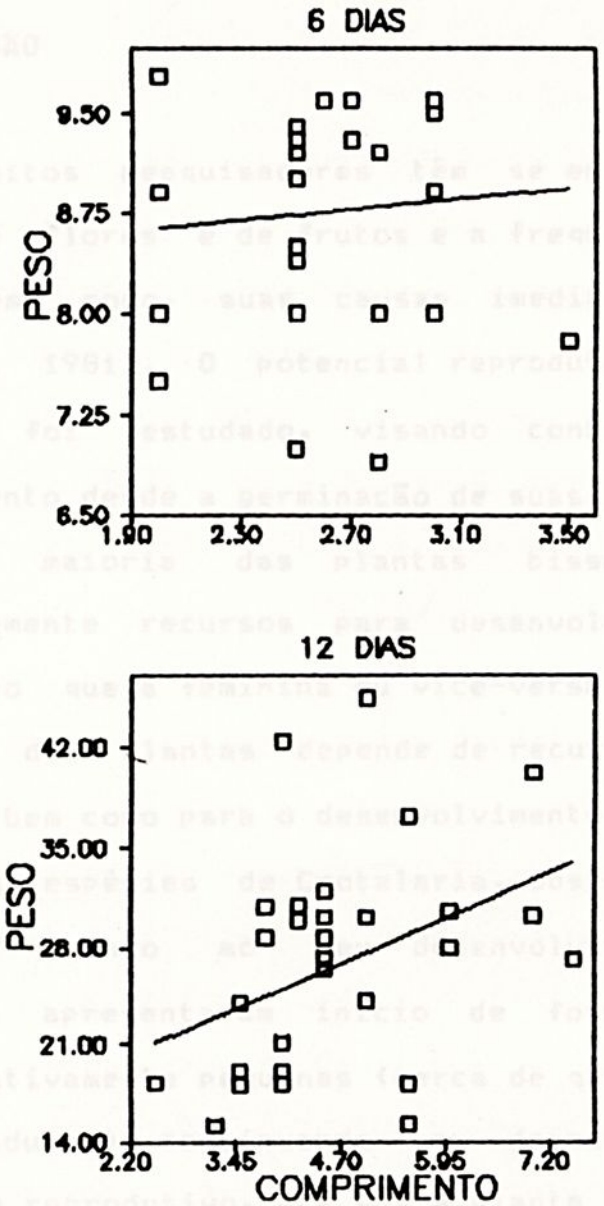


Figura 26 - Correlações e retas de regressão entre peso das plântulas aos 6 dias com os seus respectivos comprimentos aos 6 e 12 dias para a espécie C. lanceolata (sementes beges).

IV - DISCUSSÃO

Muitos pesquisadores têm se empenhado em estudar a produção de flores e de frutos e a frequência de aborto dos mesmos, bem como, suas causas imediatas e consequências (Stephenson, 1981). O potencial reprodutivo das espécies de Crotalaria foi estudado, visando conhecer também o seu desenvolvimento desde a germinação de suas sementes. Segundo Bell (1985), a maioria das plantas bissexuadas podem ter predominantemente recursos para desenvolverem mais a função masculina do que a feminina ou vice-versa. Também, o potencial reprodutivo das plantas depende de recursos alocados para a reprodução, bem como para o desenvolvimento vegetativo.

As espécies de Crotalaria, observadas em situação de competição, quanto ao seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, apresentaram início de formação de racemos em plantas relativamente pequenas (cerca de quatro vezes menores que a planta adulta) continuando seu desenvolvimento vegetativo paralelo ao reprodutivo, até que a planta tivesse atingido o seu tamanho adulto, quando um máximo de reprodução já estava estabelecido. Durante o processo, houve sobreposição, nos racemos em desenvolvimento, de botões e flores e de flores e frutos. As plantas, na sua produção total de frutos com relação ao número de flores, apresentaram perdas de flores e/ou de frutos jovens que variaram de espécie para espécie e de planta para planta dentro de cada espécie, em média de 16% a 60%. Perdas em graus variáveis foram relatadas em outras espécies, como em Catalpa speciosa que

aborta de 42 a 81% dos frutos e em Yucca whipplei que produz 10 a 20% de frutos maduros (cf.Stephenson, 1981).

A avaliação de racemos individuais cuja maturação é acrópeta (basal para terminal) mostrou um desenvolvimento de frutos maduros nas regiões basais e medianas e maior quantidade de aborto nas regiões distais em três das espécies (C. incana, C. lanceolata e C. spectabilis). Em C. pallida maior produção média foi a da região mediana e apical (Tabela 13). Os frutos resultantes de flores situadas na rota de assimilação de raízes e folhas, têm vantagens espaciais e temporais se comparados àquelas flores situadas longe dos recursos nutritivos, segundo Wyatt (1981).

Willson & Price (1977) realizaram experimentos com Asclepias syricea L. visando determinar a produção de frutos em função do número de flores e tamanho do racemo e observaram que as inflorescências maiores, com mais flores, têm maior frequência de insetos visitantes. Porém, o número de frutos produzidos é menor que o esperado. A proposta dos autores foi a de que a alocação de recursos para as partes florais vistosas é destinada à atração de insetos para remoção do pólen e não para a fertilização dos óvulos. Em experimentos, nos quais os autores eliminaram algumas flores, o número de frutos e de sementes por fruto é o mesmo das inflorescências controle.

Os dados do tamanho das inflorescências mostraram que o racemo de C. spectabilis apresentou o maior comprimento, seguido de C. pallida, C. lanceolata e C. incana (Tabela 12). As correlações entre o número de flores e de frutos produzidos foram

positivas somente para duas espécies, C. lanceolata e C. spectabilis (Tabela 10). Nesta espécie, o comprimento do racemo foi o maior comparado com os demais (363 mm) com perdas de 70% e produção de 12 frutos em média. Em C. lanceolata com racemo de menor comprimento (162 mm) as perdas foram de 50% e produção de frutos de aproximadamente 17%. Portanto em Crotalaria, o comprimento do racemo não correspondeu necessariamente a maior produção.

A potencialidade total do racemo foi avaliada através do número de cicatrizes e de frutos, nas suas três regiões para as quatro espécies de Crotalaria. De acordo com a Tabela 13, os padrões de produtividade potencial (frutos + cicatrizes) revelam que as espécies C. pallida e C. spectabilis tem valores próximos para o número médio de frutos bem como o potencial de produtividade. Também, as perdas de produção estiveram em torno de 70% e são compatíveis naquelas duas espécies enquanto que em C. incana e C. lanceolata a produtividade potencial teve perdas em torno de 50%. Assim, as espécies C. incana e C. lanceolata bem como C. pallida e C. spectabilis formam dois grupos para esta característica.

A não-produtividade para as regiões do racemo, consideradas as cicatrizes como percentuais do número de frutos mais o de cicatrizes (Tabela 14) mostrou a maior frequência de abortos na região distal para as espécies C. incana, C. lanceolata e C. spectabilis. Em C. incana e C. spectabilis a menor frequência de abortos concentrou-se na região mediana e basal do racemo, e em C. lanceolata as frequências foram

semelhantes entre as três regiões, enquanto que, em C. pallida a maior frequência de aborto concentrou-se na região basal com distribuição de frutos concentrados na região mediana e apical. O par de espécies C. incana e C. lanceolata caracterizam-se por apresentarem menor não-produtividade de frutos, comparados à C. pallida e C. spectabilis.

As análises de correlação entre os percentuais de não-produtividade e o comprimento das respectivas regiões dos racemos (Tabela 15) mostraram associação positiva para a região distal para as espécies C. incana e C. lanceolata, enquanto que para C. pallida e C. spectabilis as correlações não foram significativas. Para a região mediana, não houve associação entre comprimento e não-produtividade, enquanto que para a região basal as correlações foram todas positivas e significativas para as quatro espécies. Pode-se constatar que nem sempre a produtividade potencial depende do comprimento em determinadas regiões do racemo.

Na análise de produção de frutos por racemo e de sementes por fruto, bem como de seu número e peso, houveram correlações positivas (Tabela 10) entre o número de flores e de frutos produzidos para as espécies C. lanceolata e C. spectabilis. O número de sementes com relação ao de frutos e o de sementes com relação ao seu peso foram positivas para as quatro espécies. Como durante a coleta dos frutos foram observados alguns frutos vazios, admite-se que a predação pode ter afetado o número de sementes em duas das espécies, C. lanceolata e C. pallida, nas quais foi encontrada a "praga" de Crotalaria,

Utheteisa ornatrix L. (Lepidoptera, Asctiidae) cuja larva é encontrada em frutos verdes se alimentando das sementes jovens.

Possivelmente, o número de flores que produzem frutos em Crotalaria é limitado pelos recursos nutritivos disponíveis para a manutenção dos frutos. Porém, o sucesso da função feminina tem tradicionalmente sido atribuído a polinização eficiente, requerendo poucas visitas de polinizadores para assegurar a fertilização dos óvulos (Bell, 1985). Por outro lado, esse autor indica a função masculina como sendo a menos eficiente, requerendo várias visitas de polinizadores para o transporte do pólen fora da flor. Udovic (1981) e Stephenson (1979) sugerem flutuações na habilidade dos polinizadores disponíveis além de polinização preferencial de flores vistosas. Assim, como no caso das Crotalaria uma superprodução de flores compensaria a baixa habilidade de polinizadores. Foi observado que o dano das sementes nas espécies de Crotalaria é parcial, não impedindo o desenvolvimento do fruto, como sugere Janzen (1971) em estudos com Cassia grandis. Também frutos bem jovens são abortados, principalmente nas extremidades dos racemos, sugerindo falta de recursos nutritivos (Stephenson, 1981).

Em Catalpa speciosa (Stephenson, 1979) foi realizada polinização manual na tentativa de aumentar a produção; porém os resultados não foram diferentes do controle. Os experimentos de polinização livre e de autopolinização realizados com três das espécies aqui estudadas, isto é, C. lanceolata, C. pallida e C. spectabilis mostraram que houve pouca variação entre os três experimentos na produção de frutos nas três espécies (Tabela 16),

com ligeiro aumento na situação de polinização livre para C. pallida e C. spectabilis e mais acentuado para C. lanceolata indicando, para as três espécies, autogamia e xenogamia facultativas. Assim, na produção dos racemos, verifica-se que em todos os casos, a polinização livre foi a mais eficiente, sugerindo a importância da variabilidade genética como um dos fatores de maior produção. As espécies têm, portanto, polinização facultativa.

Avaliadas as cicatrizes como potencial de aborto (Tabela 16), observou-se que as perdas para a produtividade total aconteceram em situação de polinização livre. Entre os dois tipos de autopolinização, para C. pallida, as diferenças não foram significativas. As espécie C. spectabilis e C. lanceolata apresentaram valores próximos de cicatrizes tanto para polinização livre como para os dois tipos de autopolinização.

A produtividade em potencial, com relação aos frutos mais cicatrizes apresentados na Tabela 17 já mostra valores que se mantém praticamente constantes nos três tratamentos para a espécie C. pallida. Em C. lanceolata a polinização livre resultou em maior produtividade se comparada à autopolinização natural, ficando o tratamento experimental com valor intermediário. C. spectabilis, com maior produtividade em polinização livre, apresentou menor produção, com valores próximos nos dois tratamentos de autopolinização. Como os dados obtidos neste experimento mostraram um aumento apenas ligeiro de produtividade em polinização livre, sugere-se para as três espécies um comportamento de autogamia facultativa.

Pressões seletivas são responsáveis por manter constante a razão floral das funções femininas e masculinas em plantas hermafroditas, à semelhança das unisexuadas (monóicas e dióicas). Se a formação de frutos nas plantas hermafroditas representa sucesso das funções femininas ou masculinas, e se as pressões seletivas controlam a alocação de recursos para a produção relativa de flores funcionalmente masculinas ou femininas, a quantidade de pólen que um indivíduo exporta para flores receptivas deve afetar a paternidade bem como a flor receptiva afetar a maternidade dentro dos recursos limite estabelecidos (Bell, 1985, Sutherland & Delph, 1984). Apesar de se reconhecer o potencial mediado pela seleção, pouco se sabe sobre as características florais que afetam a polinização em geral.

Cruden (1977) estabeleceu, visando caracterizar entre os sistemas de hibridização, a razão pólen/óvulo cujos índices maiores indicam desde xenogamia à xenogamia facultativa, enquanto que, índices médios e baixos indicariam autogamia facultativa, obrigatória e cleistogamia. A relação entre a quantidade de grãos de pólen e a quantidade de óvulos produzidos seria um indicador do sistema reprodutivo presente em uma espécie.

Em função dos índices determinados por Cruden (1977) como padrões de avaliação, poder-se-ia propôr que as espécies estudadas estão em dois grupos: o de **C. incana** e **C. lanceolata** cujos índices foram relativamente baixos, e **C. pallida** e **C. spectabilis** com índices relativamente altos (Tabela 8). Nesta base, o primeiro grupo estaria dentro do índice padrão das

autogâmicas facultativas e o segundo no das xenogâmicas facultativas, entretanto, segundo Preston (1986) a tabela de Cruden (1977) pode não ser um padrão confiável para a avaliação do sistema de reprodução por ter sido baseada em um número relativamente pequeno de espécies, com pouca afinidade entre si. Conforme este autor, a razão pólen/óvulo deve ser utilizada em estudos de reprodução somente quando existe um conjunto de informações confiáveis que permita uma interpretação correta da mesma. Outros dados devem complementar as evidências para o tipo de sistema reprodutivo (Borges, 1991; Piedade, 1991).

A produção de óvulos normais e abortados por ovário (Tabelas 7 e 8) e de pólen viável e inviável por antera (Tabelas 2 a 6) foram avaliados. óvulos normais foram encontrados em maior número em C. pallida seguido em ordem decrescente de C. spectabilis, C. lanceolata e C. incana e consequentemente, os abortados aparecem em maior quantidade em C. lanceolata, C. incana, C. pallida e C. spectabilis, também em ordem decrescente. Assim, há indicação de maior inviabilidade de óvulos nas espécies C. incana e C. lanceolata e maior viabilidade em C. pallida e C. spectabilis. Neste caso, também as espécies se dividem em dois grupos: C. incana e C. lanceolata e C. pallida e C. spectabilis com maior e menor número de óvulos abortados, respectivamente.

Quanto ao número de grãos de pólen viáveis e inviáveis por tipo de antera (grande e pequena) bem como o total de pólen, produzido por antera, os valores das Tabelas 2 e 3 mostraram que as espécies são novamente divididas em dois grupos: as espécies

C. incana e **C. lanceolata** contendo menor inviabilidade do pólen e **C. pallida** e **C. spectabilis** com maior inviabilidade, nos dois tipos de anteras. De acordo com os resultados analisados da frequência de inviabilidade nas anteras grandes e nas pequenas, verifica-se na Tabela 4 que a maior inviabilidade foi encontrada nas anteras pequenas para **C. incana** e **C. spectabilis.** As correlações entre as frequências de grãos de pólen inviáveis e número total de grãos de pólen independente do tamanho das anteras, na maioria das espécies apresentou correlação negativa, ou seja, quanto maior o número de grãos de pólen por antera, não significa necessariamente maior número de pólen inviável. Já na espécie **C. lanceolata** a correlação foi positiva, ou seja, quanto maior o número de grãos de pólen, maior a inviabilidade na antera grande (Tabela 6). Possivelmente, as anteras pequenas estão se tornando vestigiais, considerando-se seu menor tamanho e maior produção de pólen inviável com alternativa de função com relação aos polinizadores (Faegri & Van der Pijl, 1971).

As sementes de **Crotalaria** possuem a testa resistente. Em **Crotalaria medicaginea** (Rao, 1947) a germinação em laboratório só foi conseguida em contato com o ácido sulfúrico concentrado. Nas espécies estudadas, os tratamentos com escarificação e fervura foram suficientes para que houvesse embebição e germinação em laboratório. A semeadura das sementes foi realizada em período prévio as chuvas de novembro a março. Este procedimento para que a germinação ocorresse em períodos ótimos de condições ambientais, importante também para o bom estabelecimento das plântulas o que normalmente ocorre na

natureza (Angevine & Chabot, 1979). No caso das espécies de Crotalaria, com exceção das sementes beges de C. lanceolata, a germinação é rápida, tanto no laboratório como no solo, possivelmente com fotoblastismo positivo com as sementes próximas da superfície do solo, principalmente as pequenas, germinando em parte devido a disponibilidade de luz. Assim, a fotossíntese pode afetar muito o sucesso e a velocidade do processo de desenvolvimento da planta jovem (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1975). A impermeabilidade do tegumento das sementes à água é característica das leguminosas forrageiras, constituindo um fator de importância fundamental para a persistência e regeneração dessas leguminosas em áreas de condições adversas (Reis & Martins, 1989).

Para Harper et al., (1970) o peso das sementes é a variável mais estável comparada com as demais partes vegetais. Os coeficientes de variação dos pesos individuais de 100 sementes (Tabela 20) variaram de 0,9% (C. spectabilis) a 25% (C. lanceolata vermelha) e parecem concordar com a proposição do autor (loc. cit.); entretanto, as amplitudes de variação de uma amostra de 600 sementes usadas para experimento de germinação (Tabela 23) foram grandes. Para C. incana, com uma diferença de 6 vezes entre os pesos das sementes maiores e as menores, de 4 vezes em C. lancéolata (vermelha), de 2 vezes em C. pallida e de 2 vezes para C. spectabilis. Estes resultados estão de acordo com o observado em espécies de Desmodium (Veasey & Martins, 1989) nas quais foi observada grande variação de peso de sementes individuais inter e intra-específica, e sugerida a possibilidade

de serem as diferenças usadas para selecionár sementes de maior tamanho em programa de melhoramento, visando estabelecer espécies de **Desmodium** como forrageiras.

Estudos de Wyatt (1981) mostraram menor variação no número de óvulos comparados com o de sementes. Em **Crotalaria**, os dados de coeficientes de variação de óvulos e de sementes são próximos, considerando-se a amostra da Tabela 20. Para os óvulos normais os valores extremos foram de 0,05 a 0,32 ($\overline{X}CV = 0,16$) e para o peso individual das sementes de 0,09 a 0,25. Portanto, as variações do número de óvulos e de sementes são semelhantes e não menor para óvulos como encontrado pelo autor (loc. cit.). Para os óvulos abortados, os valores dos coeficientes de variação foram maiores do que para os normais (de 0,37 a 0,55). Para o pólen, a média dos coeficientes de variação foi de 0,16 (de 0,16 a 0,39). Durante o desenvolvimento de flores e frutos, houve um aumento progressivo dos coeficientes de variação, cuja média entre espécies para flor foi de 0,29 e para fruto 0,42.

Rocha & Stephenson (1990) trabalhando com **Phaseolus coccineus** L. procuraram determinar o efeito da produção, peso e da germinação de sementes dependentes da posição no ovário. Das variáveis estudadas, o peso teve efeito significativo com relação a posição no fruto. As sementes originadas de óvulos mais basais do fruto tiveram maior peso diminuindo da região mediana para a apical. Nas espécies de **Crotalaria** as sementes maduras, como foram colhidas, apresentam-se soltas dentro do fruto. A posição, embora pudesse ter alterações de peso, não poderia ser considerada.

O efeito do peso das sementes sobre o sucesso das plântulas foi estudado por Marshall (1986) em espécies de **Sesbania**. Teoricamente, as sementes maiores apresentam plântulas com melhor desenvolvimento e tempo de vida. O efeito do peso das sementes é mais visível entre espécies e a relação entre tamanho da semente e a aptidão da plântula, complexa. Competição, stress, local de desenvolvimento, escarificação natural ou artificial, poderiam favorecer ou não o desenvolvimento da plântula.

Em **Lupinus texensis** (Shaal, 1980) as sementes maiores têm plântulas desenvolvidas que apresentam maior sobrevivência e em **Impatiens capensis** (Howell, 1981) não houve tal relação. O tamanho das sementes pode afetar o crescimento inicial mas não o resultado final do tamanho da plântula, efeito que pode acontecer em situação de competição (Williams et al., 1968; Stanton, 1984). Em **Sesbania drummondii** plântulas crescendo em casa de vegetação, originadas de sementes de vários tamanhos atingiram peso e tamanho iguais após duas semanas e não foi observado diferenças consistentes do efeito do peso das sementes (Marshall, 1986). No campo, essa mesma espécie apresentou o mesmo comportamento. Em outra espécie, **S. macrocarpa**, diferentes tamanhos de sementes resultaram em tamanhos diferentes de plântulas, diferença esta que persistiu durante o crescimento das plantas tanto em casa de vegetação como em experimento no campo. Esta espécie tem as sementes menores e que produziram o maior número de plântulas. Tais experimentos podem ter resultados que no campo podem variar de ano para ano (Marshall, 1986).

A capacidade de emergência foi verificada em **Trifolium subterraneum** L. em cuja espécie sementes de maior tamanho têm maior capacidade de emergirem comparadas às sementes de tamanho menor (Black, 1956). No entanto, o aumento de tamanho das sementes pode não aumentar necessariamente a velocidade de germinação (Cideciyan & Malloch, 1982). Também, o tamanho da semente pode ou não afetar o peso da plântula (Carelton & Cooper, 1972) ou o tamanho final da planta (Tamley, 1967).

As espécies de **Crotalaria** estudadas quanto ao peso das sementes e o desenvolvimento das plântulas, tiveram idênticas condições de substrato, água e luz. A sobrevivência de uma plântula está relacionada à sua capacidade de adaptação a fatores abióticos como o solo e o clima que determinam o máximo de recursos e padrões de sazonalidade. Também, a sobrevivência da plântula deve-se à interação com outras plantas, competição por espaço e nutrientes bem como resistência ao sombreamento. A interação de fitófagos, principalmente insetos, e patógenos como fungos e bactérias também faz parte de fatores limitantes do bom desenvolvimento da planta. O nosso experimento, realizado em laboratório, não sofreu tais influências.

Na espécie **C. incana** o percentual de germinabilidade foi de 93,5% (Tabela 21). O peso das sementes mostrou correlação positiva com o comprimento das plântulas (Tabela 25) tanto para o primeiro como para o segundo período. Também os pesos das plântulas se correlacionaram positivamente com o comprimento, no primeiro período e não no segundo. A correspondência entre peso e comprimento é concordante com os resultados de Marshall (1986) em

trabalho com **Sesbania vesicaria** cujas plântulas derivadas de sementes de vários tamanhos apresentaram diferenças correspondentes nas primeiras oito semanas. Após esse período, não houve diferença entre sementes médias e grandes enquanto que as pequenas, resultaram em plântulas menores até o final do período.

Considerando-se a germinação dos dois tipos de sementes em **C. lanceolata** verificou-se que as sementes beges tiveram o dobro do período de germinação comparado com as sementes vermelhas, o que poderia levar a formar um banco de sementes no solo. Como detectado em **Atriplex** e **Chenopodium** (Harper et al., 1970) as sementes beges de **C. lanceolata** apresentaram certa dormência enquanto que as vermelhas germinaram em dois dias.Uma vez germinadas, o gasto energético inicial é usado nos respectivos comprimentos das plântulas do primeiro período, existindo uma correlação positiva e significativa entre peso da semente e comprimento (Tabelas 26 e 27). Com o decorrer do desenvolvimento, a plântula já teria usufruido de vantagens iniciais das reservas armazenadas, portanto, não seria necessariamente esperada uma forte correlação entre o peso da semente e o comprimento da plântula no segundo período, como foi verificado nesta espécie. Ademais, o comprimento é apenas um dos elementos da estrútura da plântula e o diâmetro do caulículo pode compensar o menor comprimento. Porém, o peso das sementes, com uma única exceção, correlacionou-se positivamente com o peso das plântulas nos dois períodos.

Para a espécie **C. spectabilis**, cujas sementes foram as mais pesadas, com germinabilidade de 47,2%, não houve correlação significativa entre pesos e comprimentos (primeiro e segundo períodos) a não ser para o peso da semente e peso da plântula no primeiro período e o peso da plântula do primeiro com o do segundo períodos, conferindo portanto, uma relação direta entre tamanho da semente e desenvolvimento da plântula. As equações de regressão, dos valores de peso de sementes e respectivos pesos e comprimentos das plântulas (Tabela 29) mostram que nas espécies **C. incana** e **C. lanceolata** bege e vermelha há, na maioria das comparações, dependência do peso e comprimento das plântulas em relação ao peso das sementes, ao contrário, para **C. spectabilis** a regressão foi significativa apenas entre peso da semente e peso das plântulas aos oito dias. Ambas as situações já foram documentadas por Marshall (1986).

Sutherland (1986b) estudou 447 espécies quanto à forma de vida, tipo de fruto, de polinização em termos da razão flor/fruto, sistema de hibridização, compatibilidade e latitude. Considerou três variáveis independentes, isto é, sistema reprodutivo, forma de vida e latitude, responsáveis por 65% da variação de formação de frutos, divididos em 25% para o sistema reprodutivo, 20% para a forma de vida, e 20% para a latitude e mais 1% devido a outras causas. O sistema de hibridização teria o maior efeito na produção de frutos, com a média de produção flor-fruto nas hermafroditas de 0,206 e nas espécies dióicas, 0,724. Assim, as diferenças das variações de produção flor-fruto dependem significativamente do sistema reprodutivo, incluindo os

sistemas de compatibilidade. Plantas hermafroditas auto-compatíveis, produzem 3,5 vezes mais frutos/flor do que as auto-incompatíveis enquanto que as plantas monóicas e andromonóicas mostram menos variação entre auto-compatíveis e auto-incompatíveis (1,31 e 1,39, respectivamente).

De acordo com a hipótese de Sutherland (1986) a maior produção de frutos nas auto-compatíveis seria consequência da maior eficiência da função masculina nessas plantas, permitindo uma redução na alocação de recursos para essa função. Tais plantas têm a razão pólen-óvulo mais alto do que nas xenogâmicas (Cruden, 1977). Nas plantas com flores hermafroditas essa redução de alocação de recursos poderia ser ajustada através de flores funcionalmente masculinas, bem como um aumento do número de flores e consequentemente, um aumento do número de frutos. Também o aborto seletivo, seria mais um fator que levaria à iniciação de maior número de frutos do que os retidos até a maturação. Aquele autor sugere que o aborto seletivo possibilitaria seleção dos frutos geneticamente mais qualificados.

O excesso de produção de flores, aumenta o denominador de fruto-flor, resultando numa diminuição do número relativo de frutos. Entre as autocompatíveis, o número de frutos deve ser maior do que entre as plantas auto-incompatíveis. Sutherland & Delph (1984) sugeriram que nas auto-incompatíveis o número de frutos produzidos é menor devido ao efeito adverso da reação de auto-incompatibilidade, reduzindo a fertilização tanto pelo pólen de outra planta como da própria flor. Porém, nas auto-compatíveis esse fator é eliminado devido a ausência do efeito negativo da

auto-incompatibilidade e, portanto, com aumento na taxa de fertilização.

A forma de vida é a segunda variável mais importante, explicando 20% das variações. A maioria das plantas anuais são auto-compatíveis (77% das 56 espécies estudadas por Sutherland, 1986). De 71 espécies estudadas por Frankel & Galun (1977), 86% foram auto-compatíveis. Embora não haja uma diferença significativa entre plantas herbáceas (anuais e perenes), a média de produção de frutos nas herbáceas é cerca de três vezes maior que nas plantas perenes lenhosas. Nestas plantas, há um tempo maior entre polinização e maturação dos frutos. As plantas herbáceas anuais, ao contrário, utilizam os recursos disponíveis para o seu desenvolvimento vegetativo inicial, com a formação de flores e frutos dentro de um período curto tendo a época de frutificação melhor prevista que o das plantas perenes.

A variável independente, latitude, está correlacionada nas zonas tropicais à presença predominante das plantas lenhosas, quando comparadas as formas herbáceas presentes em maior número nas zonas temperadas. As herbáceas, são caracterizadas por taxa de produção de flor-fruto maior do que as lenhosas. Estas, possuem menores taxas de produção de frutos devido ao investimento gasto na manutenção do corpo vegetativo. O tipo de polinização (vetores) e a limitação da quantidade de pólen, considerando-se ainda a qualidade da atração de polinizadores, torna o efeito da produção de frutos variável entre as espécies auto-incompatíveis e auto-compatíveis. As espécies de **Crotalaria** investigadas neste trabalho são herbáceas anuais com autogamia e

xenogamia facultativas associadas à auto-compatibilidade. Cada uma destas características, de acordo com a hipótese de Sutherland (1986), permitiria esperar uma taxa de fruto/flor significativa, o que vem ao encontro ao que foi observado neste estudo, cuja variação desta taxa foi de 0,34% (**C. pallida**) a 0,65 (**C. incana**).

À vista dos dados, podemos associar maior ou menor viabilidade do pólen, dos óvulos, a posição dos frutos nas regiões do racemo, o efeito da polinização livre e o índice de Cruden para as espécies estudadas. As espécies **C. incana** e **C. lanceolata** apresentaram maior inviabilidade de óvulos e maior viabilidade de grãos de pólen. A posição das flores que deram frutos foram as próximas das regiões mediana e distal. O índice de Cruden naquelas duas espécies foi relativamente baixo. A maior viabilidade dos grãos de pólen, com relação à inviabilidade dos óvulos sugere a função masculina para aquelas espécies. O desenvolvimento das flores da base para o ápice e a presença de frutos mais próximos das regiões mediana e distal sugere que as flores basais ao se desenvolverem antes das demais, têm seu pólen disponível para ser transportado para fora da flor seguida de queda dessas flores. Na espécie **C. lanceolata**, o experimento de polinização livre foi o mais eficiente, com aumento do número de frutos, comparado com os de autopolinização, sugerindo autogamia facultativa, compatível com o índice de Cruden naquelas espécies. Para as espécies **C. pallida** e **C. spectabilis**, houve maior viabilidade de óvulos e maior inviabilidade de grãos de pólen sugerindo a função materna nessas espécies. As flores basais são

as que produziram menos frutos, em **C. pallida** com agrupamento de frutos mais próximo do ápice. O índice de Cruden para essas espécies é relativamente mais alto, ficando dentro do padrão das xenogâmicas facultativas. A espécie **C. pallida** manteve-se numa produção relativamente estável nos três tratamentos realizados para testes de polinização, enquanto que em **C. spectabilis** a produção em situação de polinização livre foi ligeiramente maior, indicando que o acréscimo de grãos de pólen pode ter aumentado a produção. A presença de grãos de pólen inviáveis em **C. spectabilis** é relativamente menor que em **C. pallida**. Também, o pólen inviável daquela espécie está dividido entre as anteras grandes e pequenas com valores próximos. Possivelmente em **C. spectabilis** está havendo perda gradual da fecundação cruzada confirmando o índice de Cruden relativamente alto com indicação de xenogamia facultativa. Se não considerarmos o índice de Cruden para **C. pallida**, esta espécie também poderia estar entre a cleistogamia facultativa e com flores basais servindo à função masculina.

Para Sutherland (1986b) entre as variáveis de maior efeito na produção de frutos está o sistema de hibridização. A medida do valor dos frutos produzidos nas plantas hermafroditas, representa a razão do sucesso de flores femininas sobre as masculinas, assumindo-se que os recursos disponíveis para a reprodução sexual são finitos e alocados mais para a função feminina do que para a masculina ou vice-versa.

No caso das plantas autogâmicas, como as **Crotalarias** o sistema de autopolinização seria o mais eficiente para assegurar

a fecundação dos óvulos por flor. O excesso de produção de flores nestas plantas seria a maneira de compensar as flutuações de recursos disponíveis e garantir a maturação dos frutos. Todos os ovários iniciariam frutos, porém, a produção em excesso, para os recursos disponíveis, levaria ao aborto (Sutherland, 1987). Entre as **Crotalarias**, tratadas neste estudo, a produção de flores parece ser maior do que o necessário, mas que compensaria flutuações de disponibilidade de recursos, com perdas de cerca de 70% em **C. pallida** e **C. spectabilis** e de 50% em **C. incana** e **C. lanceolata**. Mesmo sob condições ideais, é para se questionar se todas as flores dessas espécies produziriam frutos até a maturação.

Possivelmente, o excesso de produção de flores em **Crotalaria** reflete condição ancestral de xenogamia na qual o excesso de flores teria servido à função masculina. A maturação das flores no sentido da base para o ápice teria possibilitado a doação de pólen pelas flores basais às demais flores da mesma inflorescência.

V - RESUMO

O gênero **Crotalaria** da família Leguminosae, sub-família Papilionoideae possui cerca de 500 espécies tropicais e subtropicais. Introduzidas no Brasil como adubo verde, ocorrem em cerrados, caatingas, terrenos baldios, matas e beira de estradas. São herbáceas anuais.

O objetivo do presente trabalho foi o de estudar quatro espécies do gênero: **Crotalaria incana, C. lanceolata, C. pallida** e **C. spectabilis**, em relação a aspectos qualitativos e quantitativos quanto ao: comportamento reprodutivo, número de grãos de pólen por antera, número de óvulos normais e abortados, razão pólen/óvulo, produção de flores e de frutos por área do racemo, autopolinização e autocompatibilidade, peso e taxa de germinação das sementes, efeito do peso da semente no desenvolvimento da plântula.

O comportamento reprodutivo foi observado em canteiro experimental, desde o início da floração até a produção de frutos, com o total de produção por planta observado. Os resultados confirmaram o hábito anual e demonstraram a variação de produtividade dependendo da espécie e das plantas individualmente.

Contagens de grãos de pólen (viáveis e não viáveis) por antera num total de 12 por racemo e 36 total. Cada uma das espécies apresentou anteras de dois tamanhos (pequenas e grandes). A inviabilidade ocorreu em ambos os tipos, porém com maior frequência nas anteras pequenas. Valores de correlação

indicaram que entre pólen viável e inviável e tamanho da antera, os viáveis sào em maior número no total, embora os inviáveis ocorram com maior frequência nas anteras pequenas.

A frequência de óvulos normais e abortados foi determinada para 15 ovários por espécie. A maior frequência de óvulos abortados ocorreu em **C. lanceolata** (39,6%) e a menor em **C. spectabilis** (7,1%). A razão pólen/óvulo resultou em valor baixo para **C. incana** (476) e **C. lanceolata** (252) e valor alto para **C. pallida** (1176) e **C. spectabilis** (1475).

Foram analisadas a produção de flores, frutos, sementes e de cicatrizes por racemo dividido em três regiões (basal, mediana e distal). A produtividade potencial (frutos + cicatrizes) foi analisada. Número e peso das sementes foram determinados.

A produtividade por região do racemo mostrou maior produção nas regiões mediana e basal. A perda de frutos variou de 50% (**C. lanceolata**) a 70% (**C. pallida**). Experimentos foram realizados para teste de autocompatibilidade com as espécies: **C. lanceolata**, **C. pallida** e **C. spectabilis** que mostraram ser autocompatíveis. Também, através de isolamento do racemo, foi constatada autopolinização. Porém, a maior produção de frutos ocorreu em situação de polinização livre.

O peso individual das sementes resultou nos seguintes valores médios: **C. incana** (9,35 ± 0,13 mg), **C. lanceolata** (beges: 2,53 ± 0,03; vermelhas, 2,18 ± 0,06 mg), **C. pallida** (6,21 ± 0,08) e **C. spectabilis** (20,05 ± 0,19).

Testes de germinação sob condições controladas foram realizados. A escarificação acelerou o processo de germinação. As espécies apresentaram os seguintes percentuais de germinação, após seis dias: C. incana (93,5%), C. lanceolata (75,9%), C. pallida (71,9%) e C. spectabilis (47,2%). A taxa de germinação não apresentou variações em consequência dos diferentes pesos das sementes.

Foi observada correlação entre peso da semente e comprimento e peso da plântula, nas quais correlações positivas e significativas foram observadas regularmente, com exceção de C. spectabilis.

Através do índice de Cruden, da viabilidade ou não do pólen e do óvulo, da posição dos frutos no racemo e produção em situação experimental de autopolinização e de polinização livre, sugeriu-se autogamia facultativa para C. incana e C. lanceolata e xenogamia facultativa para C. pallida e C. spectabilis.

VI - SUMMARY

The genus **Crotalaria** belongs to the family Leguminosae subfamily Papilionoidae and is composed of about 500 tropical and subtropical species. Some species have been introduced into Brazil as green manure and occur in cerrados, caatingas, uncultivated areas and roadsides. The species are herbaceous annuals.

The object of the present work was to study four species of the genus: **Crotalaria incana, C. lanceolata, C. pallida** and **C. spectabilis** as to the following points: number of pollen grains per anther, number of normal and aborted ovules, pollen/ovule ratio, production of flowers and fruits per area of raceme, autopollination and autocompatibility, weight and germination rate of the seeds and the efect of seed weight on seedling development.

Reproductive behavior was observed in experimental plots, from the initiation of flowering to the production of fruits, with total production per plant recorded. The results confirmed the annual habit and demonstrated variable productivity depending on the species and individual plant.

Counts were made of pollen grains (viable and inviable) per anther for a total of 12 per raceme and 36 in all. Each of the species presents anthers of two sizes (large and small). Inviability occurred in both types, but with greater frequency in the small anthers. Correlation values between viable and inviable pollen grains and anther size demonstrated that,

independent of anther size, viable grains are invariably more numerous.

Frequency of normal and aborted ovules was determined for 15 ovaries per species. The greatest frequency of aborted ovules occurred in **C. lanceolata** (39,6%) and the smallest in **C. spectabilis** (7,1%). The pollen/ovule ratios gave low values for **C. incana** (476) and **C. lanceolata** (252) and hight values for **C. pallida** (1176) and **C. spectabilis** (1475).

Racemes were analyzed as to production of flowers, fruits, sementes and flower scars for three regions (basal, median and distal). Potential productivity (fruits + scars) was determined, as were seeds per fruit and seed weight. Productivity per region of raceme demonstrated greatest fruit production in the median and basal regions. Fruit loss varied from 50% (**C. lanceolata**) to 70% (**C. pallida**).

Experiments to test for autocompatibility were realized in **C. lanceolata, C. pallida** and **C. spectabilis**, each of which was demonstrated to be highly autocompatible. These species were also shown by sacking experiments to be self-pollinating; however, greatest fruit production occurred in open-pollinated flowers.

Mean individual seed weights for the species were:**C. incana** (9,35 ± 0,13 mg), **C. lanceolata** (beges, 2,53 ± 0,03; vermelhas, 2,18 ± 0,06 mg), **C. pallida** (6,21 ± 0,08 mg) and **C. spectabilis** (20,05 ± 0,19 mg). Scaring of seed was shown to accelerate germination in each of the four species. Germination tests made under controlled conditions and using scarified seeds

showed the following germination rates after 6 days: **C. incana** (93,5%), **C. lanceolata** (75,9%), **C. pallida** (71,9%) and **C. spectabilis** (47,2%). Germination rates did not vary as a consequence of seed weight.

Consistent correlation was observed between seed weight and seedling length and weight, in which positive and significant correlations were regularly observed, with the exception of **C. spectabilis.**

Based on the Cruden index, pollen and ovule viability, position of fruits in the raceme and fruit production in experimental self and free pollination, it is suggested that **C. incana** and **C. lanceolata** are characterized by facultative autogamy and **C. pallida** and **C. spectabilis** by facultative xenogamy.

VII - REFERÊNCIAS

ADDICOTT, F.T., LYNCH, R.S. Physiology of abscission. Ann. Rev. Plant Physiol., v. 6, p. 211-238, 1955.

ALLEN, O.N., ALLEN, E.K. The Leguminosae. A source book of characteristics, uses and nodulation. Londres: Macmillan Publishers Ltda, 1981. p. 811.

ANGEVINE, M.W., CHABOT, B.F. Seed germination syndromes in higher plants. In: SOLBRIG, O.T., JAIN, S., JOHNSON, C.B., RAVEN, P.H. Topics in plant population biology. New York: Columbia University Press, 1979. p. 189-206.

ARROYO, M.T.K. Breeding Systems and Pollination Biology in Leguminosae. In: Advances in Legume Systematics, ed. R.M. Polhill & P.H. Raven, p. 1049, 1981.

AUGUSPURGER, C.K. Mass-flowering of a tropical shrub (Hybanthus prunifolius): Influence on pollinator and movement. Evolution, v. 34, p. 475-488, 1980.

BAILEY, L.H. Manual of Cultivated Plants. New York: The Macmillan Company, 1949. p. 1115.

BATES, R.P., HENSON, P.R. Studies of inheritance in Lespedeza cuneata. Don. Agron. J., v. 47, p. 503-507, 1955.

BAWA, K.S., WEBB, C.J. Flower, fruit and seed abortion in tropical forest trees; implications for the evolution of paternal and maternal reproductive patterns. Amer. J. Bot., v. 71, p. 736-751, 1984.

BELL, G. On the function of flowers. Proc. R.Soc.Lond. B., v. 224, p. 223-365, 1985.

BENSELER, R.W. Floral biology of california buckeye. **Madroño**, v. 23, p. 41-52, 1975.

BIALE, J.B. On the interface of horticulture and plant physiology. **Am. Rev. Plant Physiology**, v. 29, p. 1-25, 1978.

BLACK, J.N. The influence of seed size and depth of sowing on pre-emergence and early vegetative growth of subterranean clover (**Trifolium subterranean** L.). **Am. J. Agr. Res.**, v. 7, p. 98-109, 1956.

BOLLARD, E.G. The physiology and nutrition of developing fruits in the biochemistry of fruits and their products. ed. A.C. Hulme. N.Y.: Academic, 1970. v. 1, p. 387-427.

BOOKMAN, S.S. Evidence for seletive fruit production in Asclepias. **Evolution**, v. 38, p. 72-86, 1984.

BORGES, H.B.W. Biologia reprodutiva de quatro espécies de Melastomaceae. Tese de Mestrado, Campinas, 1991.

BOUCHER, D.H., SORK, V.L. Early drop of nuts in response to insect infestation. **Oikos**, v. 33, p. 440-443, 1979.

BRADBURG, D. A comparative study of the developing and aborting fruits of **Prunus cerasus**. **Am J. Bot.**, v. 16, p. 525-542, 1929.

BURKART, A. **Leguminosas argentinas silvestres e cultivadas**. Buenos Aires: Acme Agency, 1952. p. 569.

BUSHNELL, J.W. The fertility and fruiting habit in Cucurbita. **Proc. Ann. Soe. Hort. Sci.**, v. 15, p. 47-51, 1920.

CARELTON, A.E., COOPER, C.S. Seed size effects upon seedling vigor of three forage legumes. **Crop. Sci.**, v. 12, p. 183-186, 1972.

CHARNOV, E.L. Simultaneous hermafroditism and sexual selection. **Proceedings of the National Academic of Sciences (USA)**, v. 76, p. 2480-2484, 1979.

CHARNOV, E.L. **The theory of sex allocation**. Princenton, N.Y.: Princenton University Press, 1982.

CIDECIYAN, M.A., MALLOCH, A.J.C. Effects of seed size on the germination, growth and competitive ability of **Rumex crispus** and **Rumex obtusifolius**. **J. Ecol.**, v. 70, p. 227-232, 1982.

COOK, A.D. Polymorphic and continuous variation in the seeds of dove weed, **Evemocarpus setigerus** (Hook). Bentte. **Am. Midl. Nat.**, v. 87, p. 366-376, 1972.

COOMBE, R.G. Relationships of growth and development to change in sugars, auxins and giberellins in fruit of seeded and seedless varieties of vitis. **Plant Physiol.**, v. 35, p. 241-250, 1960.

CORNER, E.J.H. Durian theory extended, part 3, pachycauly and megaspermy, Conclusion. **Phytomorphology**, 1954. v. 4, p. 263-274.

CORNER, E.J.H. The evolution of tropical forest. In: HUXELY, J, HARDY, A.C., FORD, E.C. **Evolution as a process**. London: Allen and Unwin, p. 34-46, 1954.

CRANE, J.C. Growth substance in fruit setting and development. **Ann. Rev. Plant. Physiol.**, v. 15, p. 303-326, 1964.

CROUCH, P.A., VAN DER KLOET, S.P. Variation of seed characters in populations of **Vaccinium ajanococcus** (The blueberries) in relation to latitude. **Can. J. Bot.**, v. 58, p. 84-90, 1980.

CRUDEN, R.W. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. Evolution, v. 32, p. 32-46, 1977.

CUNNINGHAM, C.R. Fruit setting of watermelons. Proc. Am. Soc. Hort. Sci., v. 17, p. 47-51, 1939.

DARLINGTON, F.R.S. & LaCOUR, L.F. The handling of chromossomes. Hafner Publishing Co. Inc. Conn. 1970. p. 272.

DELL, R. Structure and function of the strophiolar plug in seeds of Albizia lophantha. Amer. J. Bot., v. 67, p. 556, 1980.

DE STEVEN, D. Insect seed predation and the reproductive ecology of witch-hazel (Hamamelis virginiana). Univ. Michigan: Ann. Arbor., 1980. 92 p.

DONELLY, E.D. Selection for chasmogamy in Sericea lespedeza. Crop. Sci., v. 19, p. 528-531, 1979.

DOBZHANSKY, T. Genética do Processo Evolutivo. Universidade de São Paulo: Editora Polígono, 1970. 453 p.

EGLEY, G.H. The ethylene-stimulated germination of hight sensitive common purslane seeds. Plant Physiol., v. 61, suppl. 16, 1978.

EGLEY, G.H. Seed coat impermeability and germination of showy Crotalaria (Crotalaria spectabilis) seeds. Weed Sci., v. 27, p. 355, 1979.

EGLEY, G.H., DUKE, S.. Physiology of weed seed dormancy and germination. In: Weed Physiology, v. I, cap. 2, p. 27-64, 165 p. 1985.

FAEGRI, K., VAN DER PIJL, L. The principles of pollination ecology. 3ed Oxford: Pergamon press, 1971. 244 p.

FEHR, W.R., WEBER, C.R. Mass selection by seed size and specific gravity in soybean populations. **Crop. Sci.**, v. 8, p. 551-554, 1968.

FIGUEIREDO, P.S., PEREIRA, M.F.A. Germinação de sementes imaturas de **Phaseolus vulgaris**: envolvimento do ácido abscísico. **Rev. Brasil. Bot.**, v. 14, n. 2, p. 83-88, 1991.

FRANKEL, R., GALUN, E. **Pollination mechanism, reproduction and plant breeding**. Berlin: Springer-Verlag, 1977. 304 p.

GALEN, C.R., PLOWRIGHT, C., THOMPSON, J.D. Floral biology and regulation of seed set and size in lily, **Clintonia borealis**. **Amer. J. Bot.**, v. 72, p. 1544-1552, 1985.

GENTRY, A.H. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica**, v. 6, p. 54-68, 1974.

GORCHOV, D.L. Fruit ripening asynchrony is related to variable seed number in **Amelanchier** and **Vaccinium**. **Amer. J. Bot.**, v. 72, p. 1939-1943, 1985.

GUSTAFSSON, A. **Apomixis in higher plants. I. The mechanism of apomixis. II. The causal aspects of apomixis. III. Biotype and species formation**. Lund Univ. Arsskriftnf, 1946. 370 p.

HARD, J.S. Frost damage to red pine conelets. U.S. Forest Serv. Res. Note LS-5 St Paul, MN: U.S. Forest. Exp. Stn. 1963.

HARDER, L.D.L.D.; THOMSON, D.; CRUZAN, M.B. e UNNASCH, R.S. Sexual reproduction and variation in floral morphology in an ephemeral vernal lily, **Erythronium americanum**. **Oecologia** (Berl.), v. 67, p. 286-291, 1985.

HARDER, L.D. Effects of nectar concentration and flower depth on flower handling efficiency of bumble bees. **Oecologia** (Beol.),

v. 69, p. 309-315, 1986.

HARROLD, T.J. Comparative study of the developing and aborting fruits of **Prunus persica**. **Bot. Gag.**, v. 96, p. 505-520, 1935.

HARPER, J.L., LOVELL, P.H., MOORE, K.G. The shapes and size and seeds. **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, v. 1, p. 327-356, 1970.

HARPER, J.L. **The population biology of plants**. London: Academic, 1977. 829 p.

HEINRICH, B., RAVEN, P.H. Energetics and pollination ecology. **Science**, v. 176, p. 597-602, 1972.

HESLOP-HARRISON, J. The experimental modification of sex expression in flowering plants. **Biol. Rev.**, v. 32, p. 38-90, 1961.

HOEHNE, F.C. **Plantas e substâncias tóxicas e medicinais**. São Paulo: Novos Horizontes Editora Ltda, 1939. 355 p.

HOWELL, N. The effects of seed size and relative emergence time on fitness in a natural population of **Impatiens capensis** Mearb. (Balsaminaceae). **Amer. Midl. Nat.**, v. 105, p. 312-320, 1981.

JAMESON, D.A. Responses of individual plants to harvesting. **Bot. Rev.**, v. 29, p. 532-594, 1963.

JANZEN, D.H. Seed eaters versus seed size, number, toxicity and dispersal. **Evolution**, v. 23, p. 1-27, 1969.

JANZEN, D.H. Euglossine bees as a long-distance pollinators of tropical plants., **Science**, v. 171, p. 203-205, 1971.

JANZEN, D.H. Effect of defoliation on fruit bearing branches of the Kentucky coffea tree, **Gumnocladus dioicus** (Leguminosae). **Am. Midl. Nat.**, v. 95, p. 474-478, 1976.

JOHANSEN, A. **Plant microtechnique.** New York: McGraw-Hill Book Co. Inc., 1940. p. 523.

JONES, M.E. Seed scarification. **Rhod. Agric. J. Zimbabwe,** v. 68, n. 2, p. 25-31, 1971.

KAMEJI, R., OTSUDA, H., HAYASHI, Y. Increase of collagen in pulmonary arteries of monocrotaline-treated rats. **Experientia,** v. 36, p. 441-442, 1980.

KAY, J.M., SMITH, P., HEATH, D., WILL, J.A. Effects of phenobarbitone, cinnarizine and zoxazolamine on the development of right ventricular hypertrophy and hypertensive pulmonary vascular disease in rats treated with monocrotaline. **Cardiovasc. Res. London,** v. 10, n. 2, p. 200-205, 1976.

KETTING, D.L. **Ethylene and seed germination in the physiology and biochemistry of seed dormancy an germination.** New York: Ed. Elsevier/North Holland, 1977. 157 p.

LEE, T.D., BAZZAZ, F.A. Regulation of fruit and seed production in an annual legume, **Cassia fasciculata. Ecology,** v. 63, p. 1363-1373, 1982.

LEE, T.D. Patterns of fruit maturation: a gametophyte competition hypothesis. **Amer. Naturalist,** v. 123, p. 427-432, 1984.

LEITÃO FILHO, H.F., ARANHA, C., BACCHI, O. **Plantas invasoras de culturas no Estado de São Paulo.** São Paulo: Hucitec, 1975. v. 2, 597 p.

LENZ, F. Relationships between the vegetative and reproductive growth of washington navel orange cuttings (**Citrus sinensis** L. Osbeck). **J. Hort. Sci.,** v. 42, p. 31-39, 1967.

LEOPOLD, A.C., SCOTT, F.I. Physiological factors in tomato fruit-set. **Am. J. Bot.**, v. 39, p. 310-317, 1952.

LEVIN, D.A., BERUBE, D.E. Plox and Colias: The efficiency of pollination system. **Evolution**, v. 26, p. 242-250, 1972.

LEWIS, G.P. **Legumes da Bahia.** Royal Botanic Gardens, Kew, 1987. p. 369.

LLOYD, D.G. Sexual strategies in plants. I. An hypothesis of serial adjustment of maternal investment during one reproductive session. **New Phytol.**, v. 86, p. 69-80, 1980.

LONG, R.W. Artificial inter-specific hybridization in **Ruellia** (Acanthaceae). **Amer. J. Bot.**, v. 53, p. 917-927, 1966.

LORD, E.M. Physiological controls on the production of cleistogamous and chasmogamous flowers in **Lamium amplesicaule** L. (Labiatae). **Am. J. Bot.**, v. 67, p. 1430-1441, 1980.

LORD, M.E. Cleistogamy: A tool for the study of floral morphogenesis, function and evolution. **The Bot. Rev.**, v. 47, n. 4, p. 421-449, 1981.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil.** Nova Odessa: Marprint S.A., 1982. 425 p.

LYFORD, L.C., VERGARA, G.G., MOELLER, D.D. Hepatic-occlusive desease originating in Ecuador. **Gastroenterology**, v. 70, p. 105-108, 1976.

MANN, L.K., ROBINSON, J. Fertilization, seed development and fruit growth as related to fruit set in cantaloup, **Cucumis melo** L. **Am. J. Bot.**, v. 37, p. 685-697, 1950.

MARBACH, I., MAYER, A.M. Changes in catechal oxidase and permeability to water in seed coats of **Pisum elatius** during

seed development and maturation. **Plant Physol.**, v. 56, p. 93, 1975.

MARSHALL, D.L. Effect of seed size on seedling sucess in three species of **Sesbania** (Fabaceae). **Am. J. Bot.**, v. 73, p. 457-464, 1986.

MATOS, F.G. El genero **Crotalaria** in Venezuela. **Acta Bot. Venez.** Caracas, v. 13, n. 1-4, p. 8-108, 1978.

MATTSON, W.J. The role of insects in the dynamics of cone production of red pine. **Oecologia**, v. 33, p. 327-349, 1978.

MAYER, A.M., POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds.** 2 ed. Oxford: Pergamon press, 1975. 192 p.

Mc ALISTER, D.F., KROBER, O.A. Response of soybeans to leaf and pod removal. **Agron. J.**, v. 50, p. 674-677, 1958.

Mc ARTHUR, R.H. & Willson, E.O. **The theory of Island Biogesography.** Princenton, New Jersey: Princenton University Press. 1967. 203 p.

Mc CALLAN, E. Effect of defoliation on reproduction of **Cordia macrostachya. Bull. Entomol. Res.**, v. 39, p. 213-215, 1948.

MILLER, R.H. **Crotalaria** seed morphology, anatomy and identification. **Technical Bulletin**, v. 1373, p. 1-73, 1967.

NETTANCOURT, D. de **Incompatibility in Angiosperms.** New York: Springer-Verlag, 1977. p. 230.

NIGHTINGALE, G.T., FARNHAM, R.B. Effects of nutrient concentration on anatomy, metabolism and bud abscission of sweet pea. **Bot. Gaz.**, v. 97, p. 477-517, 1936.

NITSCH, J.P. Growth and morphogenesis of the strrawberg as related to auxin and development. In: the biochemistry of

fruis and their products. N.Y. Academic, 1950. v. 1, p. 387-427. 620 p.

PANDEY, B.N., SINHA, R.P. Temperature effects on seed germination of Crotalaria sp. Geobios, Jodhpen, v. 5, n. 4, p. 148-151, 1978.

PERCIVAL, M. Floral biology. New York: Pergamon Press, 1969. 243 p.

PIEDADE, L.H. Biologia Floral e Reprodutiva de Galipea jasminiflora Engler (Rutaceae). Tese de Mestrado. Campinas, 1991.

PRESTON, R.E. Pollen-ovule rations in the Cruciferae. Amer. J. Bot., v. 73, n. 12, p. 1732-1740, 1986.

PRIMACK, R.B., LLOYD, D.G. Andromonoecy in New Zealand montane Srub Manuka, Leptospermum scoparium (Myrtaceae). Am. J. of Bot., v. 67, p. 361-368, 1980.

QUINLON, J.D., PRESTON, A.P. Effects of thinning, blossoms and fruitlets on growth and cropping of sunset apple. J. Hot. Sci., v. 43, p. 373-381, 1968.

RAO, N.S. A note on braking dormancy in Crotalaria medicagenia. Lank. Sci. Cult. Calcutta, v. 12, n. 10, p. 503, 1947.

REIS, M.S.; MARTINS, P.S. Caracterização morfológica do fruto de espécies de Stylosanthes e controle da produção mensal de sementes. Rev. Ceres, v. 36, n. 206, p. 336-347, 1989.

RICHARDS, A.J. Plant Breeding Systems. George Allen Ed., 1986. 529 p.

ROCHA, O.J., STEPHENSON, A.G. Effect of ovule position on seed production, seed weight and seed progeny performance in

Phaseolus coccineus L. (Leguminosae). **Amer. J. Bot.**, v. 77, n. 10, p. 1320-1329, 1990.

ROSS, A.J. Effects of feeding diets containing **Crotalaria retusa** L. seed to growing pigs. **J. Agrig. Sci. Cambridge**, v. 89, n. 1, p. 101-106, 1977.

SCOTT, S.J., JONES, R.A. Quantifying seed germination response to low temperatures variation among **Lycopersicum** sp. **Environment Exp. Bot.**, v. 25, n. 2, p. 129-137, 1985.

SHAAL, B.A. Reproductive capacity and seed size in **Lupinus texensis**. **Amer. J. Bot.**, v. 67, p. 703-709, 1980.

SCHAFFER, W.M., SCHAFFER, M.V. The adaptive significance of variations in reproductive habit in the Agavaceae II: Pollinator foraging behavior and selection for increased reproductive expenditure. **Ecology**, v. 60, p. 1051-69, 1979.

SHUBERT, G.H. **Freezing injury to sugar pine cones.** U.S. Forest Serv. Res. Note 96 Berveley, CA: Forest and Range Exp. Stn., 1955. 2 p.

SOARES, M.G.M.C., SOUZA, H.M. Crotalaria da Bahia. **Bol. Inst. Biol. Bahia, Salvador**, v. 15, n. 1, p. 93-109, 1976.

SOKAL, R.R., ROHLF, F.J. **Biometry.** São Francisco: W.H. Freeman and Company, 1968.

SOLOMON, B.P. Infestation of **Solanum carolinensis** fruit by **Frumenta nundinella.** Are larvae affected by interfruit competition? **Amer. Midl. Naturalist**, v. 119, p. 7-13, 1988.

SUTHERLAND, S., DELPH, L.F. On the importance of male fitness in plants: patterns of fruit-set. **Ecology**, v. 65, p. 1093-1104, 1984.

SUTHERLAND, S. Patterns of fruit-set: what controls fruit-flower rations in plants? **Evolution**, v. 40, n. 1, p. 117-128, 1986a.

SUTHERLAND, S. Floral sex ratios, fruit-set, and resource allocation in plants. **Ecology**, v. 67, n. 4, p. 991-1001, 1986b.

SUTHERLAND, S. Why hermafroditic plants produce many flowers than fruits: experimental test with **Agave makel veyana**. **Evolution**, v. 41, n. 4, p. 750-759, 1987.

STANTON, M.L. Seed variation in wild radish; effect of seed size on components of seedling and adult fitness. **Ecology**, v. 65, p. 1105-1112, 1984.

STEBBINS, G.L. Adaptive radiation of reproductive characteristics in angiosperms. II. Seed and seedlings. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, v. 2, p. 237-260, 1971.

STEBBINS, G.L. Seed and seedling ecology in animal legumes I. A comparison of seed size and seedling development in some annual species. **Oecol. Pl.**, v. 11, p. 321-331, 1976.

STEPHENSON, A.G. An evolutionary examination of the floral display of **Catalpa speciosa** (Bignoniaceae). **Evolution**, v. 33, p. 1200-1209, 1979.

STEPHENSON, A.G. Fruit set, herbivory, fruit reduction and the fruiting strategy of **Catalpa speciosa** (Bignoniaceae). **Ecology**, v. 56, p. 285-301, 1980.

STEPHENSON, A.G. Flower and fruit abortion: proximate functions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 12, p. 253-279, 1981.

STRICKLER, K. Specialization and foraging efficiency of solitary bees. Ecology, v. 60, p. 998-1009, 1979.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. Plant Physiology. California: Benjamin-Cummings Publ. Co. Inc., 1991. 532 p.

TANDON, B.N., TANDON, H.D., TANDON, R.K., NARNDRANATHAN, M. An epidemic of veno-occlusive disease of liver in Central India. The Lancet, v. 2, n. 7980, 1976.

TAMLEY, B.E. Seed size and seedling vigor in birdsfoot trefoil. Canad. J. Plant Sci., v. 47, p. 603-609, 1967.

THOMAZINI, L.I., ARENS, K. Crotalaria vespertilio Benth. Micorriza e nodulos bacterianos. Ci. Cult., v. 23, n. 3, p. 323-327, 1971.

UDOVIC, D. Fruit abortion and the regulation of fruit number in Yucca whipplei Vs. pollinator avaiability. Oecology, v. 48, p. 389-399, 1981.

UDOVIC, D., ASKER, C. Fruit absortion and the regulation of fruit number in Yucca whipplei. Oecology, v. 49, p. 245-248, 1981.

UPHOF, J.C.T. Cleistogamic flowers. Bot. Rev., v. 4, p. 21-75, 1938.

VEASY, E.A., MARTINS, P.S. Caracterização morfológica do fruto e da semente de Desmodium Desv. Rvta. Brasil. Bot., v. 12, p. 49-55, 1989.

VERKEK, K. The pollination of tomatoes. J. Agrip. Set Neth, v. 5, p. 37-54, 1957.

VOIGT, R.L., GARDNER, C.O., WEBSTER, O.J. Inheritance of seed size in Sorghum vulgare. Pers. Crop. Sci., v. 6, p. 582-586, 1966.

WALLER, D.M. Environmental determinants of outcrossing in **Impatiens capensis** (Balsaminaceae). **Evolution**, v. 34, p. 747-761, 1980.

WAY, M.J. An insect pest of coconuts and its relationship to certain ant species. **Nature**, v. 168, p. 302, 1951.

WEBB, C.J. Breeding System and Seed set in **Enonymus europeous** (Celastraceae). **Pl. Syst. Evol.**, v. 132, p. 299-303, 1979.

WILLIAMS, W.A., BLACK, J.N., DONALD, C.M. Effect of seed weight on the vegetation growth of competing annual **Trifoliums**. **Crop Sci.**, v. 8, p. 660-663, 1968.

WILLIAMSON, M.J. Premature abscissions and white oak acorn crops. **Forest Sci.**, v. 12, p. 19-21, 1966.

WILLSON, M.F., PRICE, P.W. The evolution of inflorescence size in **Asclepias** (Asclepiadaceae). **Evolution**, v. 31, p. 495-511, 1977.

WILLSON, M.F. Sexual selection in plants. **Am. Nat.**, v. 113, p. 777-790, 1979.

WILLSON, M.F., PRICE, P.W. Resource limitation of fruit and seed production in some **Asclepias** species. **Can. J. Bot.**, v. 58, p. 2229-2233, 1980.

WILLSON, M.F. & SCHEMSKE, D.W. Pollinator limitation, fruit production, and floral display in pawpaw (**Asimina triloba**). 1980.

WILLSON, M.F. Plant Reproductive Ecology Wiley - Interscience publication. New York, 1983. p. 281.

WYATT, R. Components of reproductive output in five tropical legumes. **Bull. Toney Bot. Club**, v. 108, p. 67-75, 1981.

VIII - APÊNDICE

Apêndice 1 - Número de grãos de pólen por antera grande e pequena da espécie **C. incana.**

Flor	Antera Grande				Antera Pequena			
	grãos corados Nº	grãos não corados Nº	%	N	grãos corados Nº	grãos não corados Nº	%	N
1 -	3152	92	2.84	3244	2054	34	1.63	2088
	4944	80	1.59	5024	2088	28	1.32	2116
	3650	76	2.04	3726	146	680	82.32	826
	3335	68	2.00	3403	324	387	54.43	711
	3732	45	1.19	3777	2127	39	1.80	2166
	2857	30	1.04	2887	658	43	6.13	701
2 -	3300	96	2.83	3396	2120	72	3.28	2192
	2700	87	3.12	2787	2090	47	2.20	2137
	2550	69	2.63	2619	1134	91	7.43	1225
	2320	47	1.99	2367	1102	96	8.01	1198
	2750	34	1.22	2784	930	80	7.92	1010
	2300	50	2.13	2350	987	150	13.19	1137
3 -	2496	40	1.58	2536	2532	57	2.20	2589
	2837	36	1.25	2873	2306	59	2.49	2365
	3056	52	1.67	3108	3165	70	2.16	3235
	2550	56	2.15	2606	285	730	71.92	1015
	2375	62	2.54	2437	325	80	19.75	405
	2380	70	2.86	2450	640	68	9.60	709

unesp

Apêndice 2 - Número de grãos de pólen por antera grande e pequena da espécie **C. lanceolata.**

Flor	Antera Grande				Antera Pequena			
	grãos corados Nº	grãos não corados Nº	%	N	grãos corados Nº	grãos não corados Nº	%	N
1 -	688	81	10.53	769	146	28	16.09	174
	526	76	12.62	602	325	36	9.97	361
	610	58	8.68	668	236	47	16.61	283
	325	25	7.14	350	197	19	8.80	216
	632	22	3.36	654	134	26	16.25	160
	325	15	4.41	340	302	15	4.73	317
2 -	1739	178	11.43	1577	643	85	11.68	728
	1285	153	10.64	1438	798	79	9.01	877
	1349	210	13.47	1559	736	82	10.02	818
	1368	228	14.29	1596	829	86	9.40	915
	1297	171	11.65	1468	747	75	9.12	822
	1360	217	13.76	1577	672	47	6.54	719
3 -	1246	207	14.25	1453	762	92	10.77	854
	1325	232	14.90	1557	696	76	9.85	772
	1228	197	13.82	1425	747	85	10.22	832
	1207	182	13.10	1389	736	92	11.11	828
	1339	242	15.31	1581	789	87	9.93	876
	1247	210	14.41	1457	688	68	8.99	756

Apêndice 3 - Número de grãos de pólen por antera grande e pequena da espécie **C. mucronata.**

Flor	Antera Grande				Antera Pequena			
	grãos corados Nº	grãos não corados Nº	%	N	grãos corados Nº	grãos não corados Nº	%	N
1 -	3870	937	19.49	4807	2276	695	23.39	2971
	3492	998	22.23	4490	2655	730	21.57	3385
	3500	1005	22.31	4505	2750	652	19.17	3402
	3230	1112	25.61	4342	2580	743	22.36	3323
	3520	950	21.25	4470	2390	436	15.43	2826
	3410	932	21.46	4342	2780	587	17.43	3367
2 -	5235	987	15.86	6222	596	237	28.45	833
	5342	1544	22.42	6886	518	162	23.82	680
	4637	1236	21.05	5873	741	285	27.78	1026
	3948	1527	27.89	5475	802	315	28.20	1117
	5365	937	14.87	6302	439	250	36.28	689
	4498	1206	21.14	5704	515	126	19.66	641
3 -	5187	375	6.74	5562	1085	116	9.66	1201
	4632	420	8.31	5052	960	246	20.40	1206
	5216	502	8.78	5718	842	175	17.21	1017
	4018	397	8.99	4415	575	315	35.39	890
	3805	960	20.25	4765	1230	275	18.27	1505
	4317	1025	19.19	5342	980	210	17.65	1190

Apêndice 4 - Número de grãos de pólen por antera grande e pequena da espécie **C. spectabilis.**

Flor	Antera Grande				Antera Pequena			
	grãos corados Nº	grãos não corados Nº	%	N	grãos corados Nº	grãos não corados Nº	%	N
1 -	6459	359	5.27	6818	1237	137	9.97	1374
	6347	287	4.37	6634	1321	152	10.32	1473
	5897	325	5.22	6222	1347	128	8.68	1475
	5930	256	4.14	6186	1221	115	8.61	1336
	6321	597	8.63	6918	1335	210	13.59	1545
	5232	465	8.16	5697	1297	315	19.54	1612
2 -	5327	356	6.26	5683	787	526	40.06	1313
	4732	280	5.59	5012	973	392	28.72	1365
	5238	435	7.67	5673	987	473	32.40	1460
	4830	337	6.52	5167	1310	512	28.10	1822
	5650	380	6.30	6030	1280	534	29.44	1814
	5810	428	6.86	6238	1406	407	22.45	1813
3 -	5520	235	4.08	5755	539	458	45.94	997
	4730	327	6.47	5057	632	385	37.86	1017
	4586	406	8.13	4992	705	370	34.42	1075
	5238	392	6.96	5630	1275	457	26.39	1732
	4157	295	6.63	4452	1327	502	27.45	1829
	5938	350	5.57	6288	940	537	36.36	1477


cm 1 2 3 4 5 6 7
unesp
1 12 13 14 15 16 17 18