



ARTIGO CIENTÍFICO

Ecologia reprodutiva de crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth, Fabaceae) em área de cultivo agroecológico

*Reproductive ecology of crotalaria (*Crotalaria spectabilis* Roth, Fabaceae) in an agroecological cultivation area*

Maressa de Oliveira Henrique^{1*}, Rodolfo Antônio de Figueiredo²

Resumo: O estudo dos adubos verdes tem demonstrado grande potencial na recuperação da produtividade do solo e, dentre as diversas leguminosas usadas como adubo, destaca-se a crotalária. O objetivo do presente trabalho é descrever a morfologia floral e a fenologia reprodutiva, bem como caracterizar o processo de reprodução, a predação de frutos e a germinação de sementes de *Crotalaria spectabilis* Roth (Fabaceae). O estudo foi conduzido em uma área de cultivo agroecológico em Araras (SP). Indivíduos foram marcados e acompanhados para as observações fenológicas e os visitantes florais foram registrados ao longo do período do experimento, anotando-se a frequência, o horário e a duração de suas visitas. Experimentos de germinação das sementes foram conduzidos em condições naturais. Verificou-se que as flores se reúnem em racemos do tipo cacho, apresentam a formação típica das papilionáceas, com corola de cor amarela, e a porção mediana do estandarte, o qual funciona como guia de néctar, apresenta linhas marrons. A antese é diurna, caracterizada pela distensão e reflexão do estandarte, e a duração das flores é de aproximadamente, cinco dias. Quanto ao sistema de reprodução, a espécie é autocompatível, mas apresenta preferência pela polinização cruzada, sendo *Xylocopa* sp. polinizadora efetiva. Para o teste de germinação, utilizaram-se sementes oriundas de frutos predados e não predados, obtendo-se as porcentagens de germinação para *C. spectabilis* de 86,57% e 56,67%, respectivamente.

Palavras-chave: Sudeste brasileiro; Agroecologia; Mamangava.

Abstract: The study of green manures has shown a great potential in the recovery of soil productivity and among the several legumes used as green manure, stands out crotalaria. The objective of the present work is to describe floral morphology and reproductive phenology, as well as characterize the reproduction process, fruit predation and seed germination of *Crotalaria spectabilis* Roth (Fabaceae). The study was conducted in an agroecological cultivation area in Araras (SP). Ten individuals were tagged and monitored for phenological observations. Floral visitors were observed throughout the experiment period, noting the frequency, time and duration of their visits. The flowers are grouped in bunch-type racemes, present the typical formation of Papilionaceae family, with corolla of yellow color, being the average portion of the standard with brown lines, which acts like guide of nectar. The anthesis is diurnal, characterized by the distension and reflection of the standard, and the duration of the flowers is approximately five days. Regarding the breeding system, the species is selfcompatible, but has a preference for cross pollination, with *Xylocopa* sp. effective pollinator. For the germination test, seeds from the predated and non-predated fruits were used, obtaining the percentage of germination for *C. spectabilis* of 86.57% and 56.67%, respectively.

Key words: Southeast Brazil; Agroecology; Bumblebee.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 23/11/2017; aprovado em 29/06/2018

¹Bacharel em Biotecnologia pela Universidade Federal de São Carlos e Mestre em Imunologia pela Universidade de São Paulo, maressahenrique@hotmail.com

²Doutor em Ecologia, Professor Associado, Universidade Federal de São Carlos, rodolfo@ufscar.br



INTRODUÇÃO

O avanço do processo degradativo, instalado em grande parte dos solos brasileiros, tem gerado preocupações e, conseqüentemente, incentivado a prevenção da degradação de novas áreas, fazendo-se necessária a adoção de práticas de adição de matéria orgânica ao solo (ALCÂNTARA et al., 2000). Entre estas, destaca-se a adubação verde, conceituada por Calegari et al. (1993) como a utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas, incorporadas, ou não, no solo. O efeito da rotação de culturas traz benefícios para as características físicas, químicas e biológicas do solo (FRANCHINI et al., 2011). Dentre os benefícios produzidos pelo uso de leguminosas como adubo verde, podem ser citados, a adição de nitrogênio, a manutenção da matéria orgânica do solo, a reciclagem de nutrientes e a cobertura do terreno, diminuindo os problemas de erosão e de compactação do solo (PEIXOTO, 2007). Diversas espécies da família das leguminosas têm sido utilizadas para a finalidade de adubação verde, com destaque para a crotalária (LOPES et al., 2005), sendo a *Crotalaria spectabilis* bastante utilizada em sistemas consorciados ou rotação com várias culturas (CINTRA et al., 2006).

As crotalárias, popularmente conhecidas como “guizo-de-cascavel”, “chocalho” e “xique-xique”, pois seu legume inflado, quando próximo à deiscência, apresenta as sementes livres em seu interior e, assim, quando agitado produz um som semelhante ao de um chocalho ou ao guizo da cobra cascavel (*Crotalus* sp.) (LORENZI, 2008).

A *Crotalaria spectabilis* Roth é uma leguminosa originária da Índia, planta anual, de porte baixo, com crescimento lento e com raiz pivotante, capaz de romper camadas compactadas do solo (MONEGAT, 1991). Esta leguminosa tropical tem ampla utilização na agricultura como adubo verde, cobertura morta, fixação de nitrogênio e reciclagem de nutrientes, sendo extremamente efetiva no impedimento da multiplicação das populações de nematóides (LORDELLO, 1973; SILVEIRA; RAVA, 2004). Até o momento, não há estudos sobre a reprodução de *C. spectabilis*.

Entender a biologia da polinização contribui para o conhecimento da biodiversidade e entendimento da evolução das interações planta-polinizador (PRICE, 2002), pois a relação entre as famílias vegetais e polinizadores apresenta adaptação entre planta-animal (RECH et al., 2014). Ao estudar a relação planta-polinizador, faz-se importante entender os aspectos morfológicos (forma, cor, tamanho) e funcionais (antese, odor, recurso) da flor, que permitem compreender o modo de polinização, o qual pode influenciar o sucesso reprodutivo da planta (OLIVEIRA; SIGRIST, 2008), bem como necessário dimensionar o grau de dependência nas relações planta-polinizador, além de entender a importância dos recursos florais para a manutenção da fauna associada (OBERMULLE et al., 2008).

A morfologia floral constitui um dos aspectos mais importantes nas interações planta-polinizador, pois determina a acessibilidade ao néctar, à eficiência de deposição de pólen no corpo do polinizador e a eficiência de aquisição de pólen pelo estigma, além do nível de autofertilidade e do arranjo das flores na planta ou em plantas adjacentes (SAKAI et al., 1999; TEIXEIRA et al., 2014). A fenologia da floração também pode contribuir para a compreensão da dinâmica das interações planta-polinizadores, buscando avaliar a relação

entre o período de ocorrência, duração e amplitude de um evento do ciclo de vida e as condições ambientais vigentes, bem como fatores de ordem biótica (NEWSTROM et al., 1994). Assim, este tipo de estudo contribui para o entendimento dos ritmos de reprodução e regeneração das plantas e do ciclo de vida dos animais, que dependem das plantas como alimento.

O estudo do sistema reprodutivo envolve diversos aspectos da reprodução, dentre eles o entendimento do sistema de reprodução. Segundo Oliveira e Maruyama (2014), a seleção e eficiência do sistema de reprodução das plantas polinizadas por animais são determinadas, principalmente, pelo comportamento dos polinizadores. Muitas espécies apresentam sofisticados mecanismos para evitar a autopolinização, priorizando a polinização cruzada, que gera maior variabilidade genética na população. Neste sentido, a participação de animais como vetores de pólen aumenta a probabilidade e o sucesso da polinização cruzada. O conhecimento do sistema de compatibilidade de uma espécie é fundamental para a determinação dos principais polinizadores, pois espécies xenogâmicas requerem, como polinizadores, animais que realizam movimentos interplantas, garantindo a polinização entre diversos indivíduos.

A polinização eficiente pode contribuir para a qualidade fisiológica da semente (NASCIMENTO et al., 2012), sendo fundamental para o estabelecimento de populações adequadas no campo. Uma das formas mais utilizadas para a determinação da qualidade das sementes é o teste de germinação (PEIXOTO, 2007).

Diante do exposto, com este trabalho objetivou-se descrever a morfologia floral e a fenologia reprodutiva, bem como caracterizar o processo de reprodução, a predação de frutos e a germinação de sementes de uma planta exótica, a *C. spectabilis*, largamente utilizada como adubo verde em cultivos ecológicos no Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, localizado em Araras (SP), entre dezembro de 2010 e fevereiro de 2011, em uma área de produção agroecológica com plantio de *C. spectabilis*.

Para a determinação da fenologia reprodutiva das plantas presentes na área de estudo, foram selecionados dez indivíduos adultos. Durante a floração, procederam-se as observações diárias em 10 flores, escolhidas ao acaso, medindo o comprimento e largura com paquímetro graduado em décimos de milímetros, bem como, em outras 10 inflorescências de plantas diferentes, foi estimado o número de flores.

A morfologia floral foi descrita no período de floração, quando foram registrados dados sobre as inflorescências e flores, tais como: número, cor, tamanho e disposição das peças florais, emissão de odor e disponibilidade de pólen. A receptividade do estigma foi testada com peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (ZEISLER, 1938). A detecção de hercogamia (separação espacial das anteras e estigmas) ou dicogamia (separação temporal da receptividade estigmática e apresentação do pólen) procedeu-se no campo e em laboratório, utilizando-se lupa e H₂O₂. Para realização da diagnose das flores, foram utilizados materiais tanto vivos quanto preservados em álcool 70%. A morfologia externa foi

descrita com o auxílio de uma lupa, segundo metodologia sugerida por Vidal e Vidal (1995).

Para identificação das espécies animais, os comportamentos dos visitantes às flores, bem como a captura dos insetos, foram realizadas observações diretamente no campo, em horários alternados entre 6 e 18 horas, perfazendo o total de 12 horas de observação. Durante as sessões de visitas dos polinizadores, foram registrados aspectos referentes ao período, frequência (número de visitas), duração, horário e comportamento, além do local de contato com o pólen e estigma.

Para verificar a existência de mecanismo de autocompatibilidade, 30 botões em pré-antese foram ensacados, distribuídos em quatro inflorescências, 10 botões/indivíduos em média, durante todo o período de antese. A formação natural dos frutos e controle, foram observadas em 30 flores. Foram selecionados 30 botões em pré-antese para realização da autopolinização manual e mais 30 para polinização cruzada, previamente emasculadas, além de 30 flores para teste de anemofilia. Para entender a reprodução da leguminosa em estudo, os racemos com botões florais, sinalizados para polinização natural (controle); ensacados com tecido TNT e indicados para autopolinização espontânea, autopolinização manual e polinização cruzada manual; e ensacados com tecido tule e marcados para polinização pela ação do vento (anemofilia); tiveram a quantidade de flores por legume estimado.

Na área de estudo, coletaram-se 75 frutos de *C. spectabilis* para estudo da predação dos frutos e germinação de semente. As sementes provenientes dos frutos predados e não predados foram separadas para os testes de germinação, que se seguiram por três meses, utilizando a metodologia descrita por Figueiredo e Perin (1995). Previamente ao teste de germinação, as sementes coletadas foram lavadas em água corrente por uma hora. O teste foi executado empregando-se cinco repetições de trinta sementes, para cada amostra de frutos predados e não predados, mantidas em condições naturais de temperatura e iluminação, e umidade constante dentro do gerbox. Para registro da taxa de predação de frutos, fez-se a coleta aleatória dos frutos, formados por 30 indivíduos, nos quais procedeu-se à abertura para verificar a presença, ou não, de invertebrados predadores em seu interior.

A análise dos dados foi realizada através de estatística descritiva e por meio de análise de variância (ZAR, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A floração de *C. spectabilis* ocorreu no período de dezembro de 2010 a abril de 2011, e atingiu o pico no fim de janeiro. Marchini et al. (2001), em seu calendário de florescimento das plantas de interesse apícola, inventariadas no Centro de Apicultura Tropical do Instituto de Zootecnia, em Pindamonhangaba (SP), no período de 1994 a 1997, indicaram ser o período de floração de *C. spectabilis* os meses de abril e maio. Difere, portanto, do encontrado no presente estudo, que apresentou um período de floração mais longo.

Ao analisar as inflorescências que tiveram as primeiras flores abertas, mas que não apresentavam legume, apenas botões e flores, observou-se que a *C. spectabilis* apresenta inflorescência racemosa do tipo cacho, medindo $25,65 \pm 3$ cm (N=10) e com número de botões/flores por inflorescência entre 24-30 (N=10). Cada racemo, composto de dezoito a

trinta flores, sendo que ainda existiam botões nas inflorescências, as quais se abrem em sequência definida. As flores abrem-se, sequencialmente, da base para o ápice da inflorescência, com antese, persistindo por cinco dias. Portanto, flores em vários estágios de desenvolvimento, bem como botões e legumes podem ser encontrados na inflorescência. Assim, o número de flores abertas em cada inflorescência nunca atingiu 100%.

Quanto à morfologia, as flores de *C. spectabilis* são pentâmeras, zigomorfas, dialipétalas e papilionada. O estandarte e as alas/quilhas medem aproximadamente 27,96 e 8,7 cm, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Medidas (mm) e coloração dos elementos florais de *C. spectabilis* (N = 30 flores).

Corola	Largura ($\bar{X} \pm SD$)	Comprimento ($\bar{X} \pm SD$)	Coloração
Estandarte	$27,96 \pm 0,84$	$28,8 \pm 1,19$	amarelo/linhas marrons
Alas e quilha	$8,7 \pm 0,40$	$17,43 \pm 0,56$	amarelo

A morfologia floral descrita para *C. spectabilis* é similar à descrita para *C. juncea*, a qual também apresenta inflorescência racemosa, medindo de 10-50 cm e com 6-20 flores (AL-SNAFI, 2016). O ovário súpero e a flor monoclina dessas espécies sugerem certa taxa de autofecundação (GOMES et al., 2001).

As flores não possuem odor perceptível, com sépalas reduzidas e de cor verde, pétalas amarelas; estames 10, monodelfos, anteras dimorfas: cinco longas e basifixas alternadas com cinco menores e dorsifixas; gineceu unipistilado e ovário súpero. O cálice é gamossépalo e envolve a parte basal da corola, a qual apresenta pétalas com coloração amarela e na porção mediana do estandarte linhas marrons. Verificou-se que *C. spectabilis* apresenta hercogamia, pois o estame dista cerca de 0,25 mm (N=10) do gineceu.

De acordo com a classificação de Faegri e Pijl (1979), flores com tais atributos morfológicos são classificadas como do tipo estandarte, no qual a morfologia floral seria derivada de forte adaptação à polinização por abelhas.

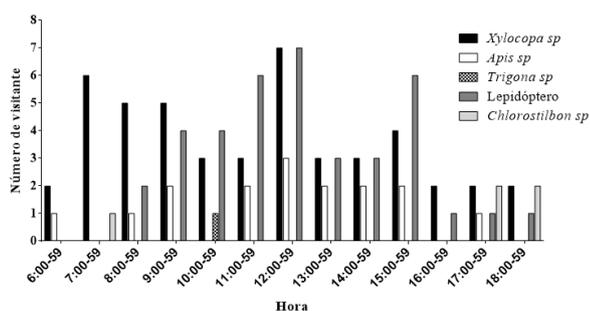
A antese das flores de *C. spectabilis* é diurna e se caracteriza pela distensão e reflexão do estandarte, mostrando a prefloração imbricada. Os órgãos reprodutivos permanecem inclusos na quilha. Segundo Faegri e Pijl (1979), a antese só ocorre quando anteras e estigma ficam expostos aos agentes polinizadores, ou seja, pela abertura da flor ou pela exteriorização dos órgãos reprodutivos na flor fechada, de maneira que fiquem expostos ao mesmo agente.

A receptividade estigmática, ao longo do desenvolvimento das flores, ocorre do terceiro ao quinto dia de antese. O início da deiscência das anteras dorsifixas ocorreu no primeiro dia de antese, e as anteras basifixas, no terceiro dia. Em 10 flores analisadas, observou-se receptividade estigmática simultaneamente à deiscência das anteras basifixas. Constatou-se a receptividade, quando houve liberação do pólen pelas anteras longas e basifixas, entretanto as menores e dorsifixas já haviam liberado o pólen, sugerindo uma protandria parcial, uma vez que metade das anteras comporta-se de forma a ter protandria e a outra metade não. Dessa forma, pode-se dizer que *C. spectabilis* não apresenta dicogamia.

Quanto à longevidade, notou-se que as flores se apresentaram aos visitantes no período de cinco dias. As flores permaneceram inalteradas até o quinto dia de antese, quando iniciavam o processo de senescência floral, caracterizado pelo murchamento e alteração da cor do estandarte, seguido de queda dos elementos florais, exceto do cálice e ovário, se ocorreu a fecundação.

As espécies animais foram observadas entre as 6 e 18 horas, perfazendo um total de 12 horas. As flores de *C. spectabilis* foram visitadas por abelhas (*Trigona* sp., *Xylocopa* sp. e *Apis mellifera*), lepidópteros e *Chlorostilbon* sp. (Trochilidae, Aves). Analisando o número de visitas dos insetos às flores de *C. spectabilis* em função do horário, nota-se a intensa presença de *Xylocopa* sp. em todo o período observado. Por outro lado, a *A. mellifera*, quando presente, o número de visitas é menor. Os lepidópteros começam a visitar as flores no intervalo entre 8 e 9 horas e permanecem até o final do período observado. No entanto, o intervalo entre 12 e 13 horas foi o período em que os insetos mais visitaram as flores. O beija-flor *Chlorostilbon* sp. foi observado apenas no início e no final do período de observação (Figura 1).

Figura 1. Número de visita dos insetos *Trigona* sp., *Xylocopa* sp., *Apis mellifera*, lepidópteros e beija-flor nas flores de *C. spectabilis* em função do horário.



Brito et al. (2010) verificaram em *C. vitellina* que as visitas das abelhas ocorriam, principalmente, no início do dia, diferindo do observado no presente estudo. Em *C. vitellina*, semelhantemente ao observado *C. spectabilis*, para acessarem o néctar, as abelhas *Xylocopa* sp. após pousarem sobre as alas e peças da quilha, inserem a cabeça na base do estandarte, deslocando-o para torná-lo acessível à entrada pela qual é inserida a língua para alcançar o néctar. Durante esta atividade, as alas e as peças da quilha são deslocadas pelas pernas, liberando as anteras e o estigma, ocasião em que entra em contato com a região ventral do tórax da abelha (BRITO et al., 2010).

De modo geral, entre os visitantes florais, *Xylocopa* sp. mostrou-se o mais frequente, e responsável por 44,34% do total de visitas, sucedendo um aumento progressivo de visitas até as 12 horas, seguida de diminuição progressiva na quantidade de visitas destes insetos ao longo do dia.

O comportamento de visita das abelhas *Trigona* sp., *Xylocopa* sp. e *Apis mellifera* apresentam semelhança entre si ao sobrevoarem as inflorescências e pousarem sobre as flores abertas. Entretanto, após a aproximação da flor, as *Xylocopa* sp. pousam sobre as alas, deslocando-as para baixo e empurram, com a cabeça, o estandarte para trás. Em seguida, introduzem a língua na base dos elementos florais para alcançar o néctar, o qual, uma vez coletado, as *Xylocopa* sp. levantam voo e visitam flores da mesma inflorescência ou de

inflorescências próximas. O tempo de permanência de visita à flor foi de aproximadamente cinco segundos, e o tempo de permanência na floração variou com o horário do dia, aumentando o tempo de permanência na inflorescência a partir das 12 horas, chegando a 56 minutos às 17 horas. Embora a quantidade de visitantes diminua após as 12, o tempo de permanência na floração aumenta.

De acordo com a frequência e o comportamento de visitas observadas no presente estudo, a abelha *Xylocopa* foi considerada polinizadora efetiva, enquanto *Apis* e *Trigona* pilhadoras de néctar e/ou pólen de *C. spectabilis*. Durante a coleta, estes visitantes não acionam o mecanismo de exposição dos órgãos reprodutivos florais, sendo, então, considerados pilhadores de néctar.

As abelhas *Apis mellifera* e *Trigona* sp. apresentaram dois comportamentos distintos, um para coleta de néctar e outro para coleta de pólen. No primeiro, caminham em direção à região basal da flor, posicionam-se lateralmente à quilha e introduzem a língua na região central do estandarte para ter acesso ao néctar. Para a coleta de pólen, pousam sobre as alas, caminham até o ápice da flor, onde fazem uma pequena perfuração para ter acesso às anteras, de onde, possivelmente, coletam os grãos de pólen.

Os lepidópteros visitam as flores em busca de néctar, porém não entram em contato com as estruturas reprodutivas. Ao visitar a flor, os lepidópteros pousam sobre alas, quilha ou estandarte, introduzindo a probóscide na base dos elementos florais para alcançar o néctar. Durante a coleta, estes visitantes não acionam o mecanismo de exposição dos órgãos reprodutivos florais.

A espécie de beija-flor observada, ao visitar as flores de *C. spectabilis*, introduz o bico na base inferior da flor, levantando-a para ter acesso ao néctar e, em seguida, visita flores de inflorescência próxima ou da mesma. Por não tocar nos órgãos reprodutivos da planta, esse beija-flor pode ser pilhador de néctar. *Chlorostilbon aureoventris* também foi registrado como um pilhador de néctar por Grantsau (1989).

Em condições naturais, a produção de fruto em *C. spectabilis* é, significativamente, diferente do que quando submetida à autopolinização espontânea ($\chi^2 = 5,92$; g.l. = 1; $p = 0,015$) e anemofilia ($\chi^2 = 4,87$; g.l. = 1; $p = 0,0274$). Os resultados obtidos mostram que ocorre autopolinização espontânea, mas a produção de frutos é o dobro na polinização natural (Tabela 2). Tanto a autopolinização manual como a polinização cruzada manual tiveram 97 e 90%, respectivamente, de produção de sementes desenvolvidas (Tabela 2).

Tabela 2. Experimentos de polinização em *C. spectabilis*. F – número de flores tratadas, R- número de frutos formados.

Experimento de polinização	F/R	%
Controle	70/39	56
Autopolinização espontânea	68/15	22
Autopolinização manual	30/29	97
Polinização cruzada manual	30/27	90
Anemofilia	47/10	21

A autocompatibilidade foi encontrada em *C. vitellina* (BRITO et al., 2010), *C. retusa* (JACOBI et al., 2005) e *C. micans* (ETCHEVERRY et al., 2003; VILLALOBOS; RAMIREZ, 2010), diferentemente do descrito por Maeda et al. (1986) para *C. juncea*, que apresenta autoincompatibilidade. A possibilidade de *C. spectabilis*

formar frutos por autopolinização (geitonogamia), verificada no presente estudo, pode favorecer o sucesso reprodutivo na escassez de polinizadores (ENDRESS, 1994).

Brito et al. (2010) e Free (1970) encontraram ausência de frutos por autopolinização espontânea em *C. vitellina* e *C. juncea*, respectivamente, fato provavelmente relacionado ao não rompimento da cutícula estigmática, indicando que tais espécies dependem de polinizadores para a formação de frutos. Estudo recente mostra que *C. juncea* depende da polinização natural para produção de sementes e *C. spectabilis*, embora não apresente tal dependência, tem esta produção significativamente aumentada em presença de polinizadores (RIBEIRO et al., 2016).

A polinização proveniente do vento teve resultados próximos da autopolinização espontânea, indicando que pode não ocorrer anemofilia na espécie. Além disso, a ocorrência de anemofilia é improvável, dado que os estames estão inclusos na quilha. Portanto, os diferentes experimentos de polinização, realizados no presente estudo, indicam que *C. spectabilis* é autocompatível, embora apresente preferência para polinização cruzada.

As sementes de *C. spectabilis* apresentam comprimento médio de 4,6 mm, largura média de 3,6 mm e espessura média de 1,7 mm. A coloração do tegumento da semente varia de marrom escura a preta.

Peixoto (2007) encontrou resultados semelhantes ao do presente estudo em levantamentos biométricos com sementes de *C. spectabilis*, bem como o comportamento simétrico da curva para os comprimentos, largura e espessura das sementes (média = moda = mediana), revelando uniformidade de medidas na população estudada.

Seguindo o critério botânico, que considera germinadas as sementes que emitiram a raiz primária (originada da radícula do embrião), os valores médios da porcentagem e velocidade de germinação das sementes da crotalária, aqui estudada nos dois tratamentos, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Porcentagem de germinação (G) e índice de velocidade de germinação (VG) de sementes de *C. spectabilis* dos tratamentos com semente de fruto predado e fruto não predado.

Tratamentos	%G	VG
Sementes de frutos predados	56,6	22,95
Sementes de frutos não predados	86,57	9,6
Valor de "F" para os tratamentos	28,93	-

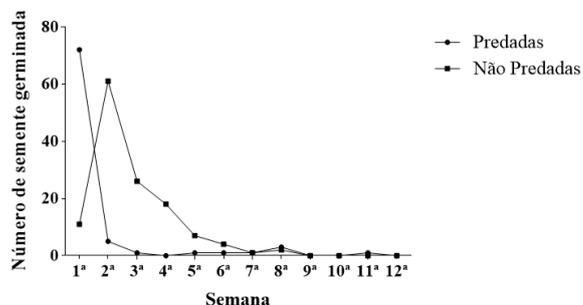
As sementes de frutos predados têm a porcentagem de germinação (56,67%) significativamente menor que as sementes de frutos não predados (86,57%), o oposto é verificado para a velocidade de germinação.

Peixoto (2007) encontrou porcentagem de germinação para *C. spectabilis* de 70 e 67% para as temperaturas de 25 e 30°C, respectivamente, tendo como substrato papel e considerando o critério botânico. E resultados assemelham-se aos deste trabalho, no qual os testes foram realizados somente com temperatura ambiente e umidade constante.

Ao analisar a taxa de crescimento semanal dos tratamentos, observou-se que as sementes provenientes de frutos predados, inicialmente, têm uma maior taxa de germinação em relação às sementes provenientes de frutos não predados (Figura 2). No entanto, pela análise de variância, tem-se que os tratamentos diferem entre si ($F_{\text{tabelado}} = 5,32 < 28,93 F_{\text{calculado}}$; $P = 0,0007$) e nota-se que o

tratamento com sementes normais, ou seja, de frutos não predados, possui uma maior taxa de germinação se comparado ao tratamento com sementes de frutos predados. Esses dados reafirmam os obtidos da porcentagem de germinação.

Figura 2. Quantidade de sementes germinadas, provenientes de frutos predados e de frutos não predados, em função da semana.



A taxa de predação encontrada na cultura em estudo foi de 31,27% (N=110). Nos frutos predados de *C. spectabilis*, verificou-se a presença de formas imaturas de lepidópteros.

Provavelmente, o processo de predação dos frutos de *C. spectabilis* tem efeitos biológicos na semente, aumentando sua velocidade de germinação. A predação de frutos e sementes reduz a produção de espécies cultivadas, mas pode ocasionar efeitos fisiológicos sobre a germinação das sementes não predadas (BAZZAZ; ACKERLY, 1992). De acordo com Costa-Lima (1950), dentre as pragas que ocorrem na crotalária, a mariposa *Utetheisa ornatrix* (L. 1758) (Lepidoptera: Arctiidae), caracteriza-se como a principal, por causar perdas consideráveis na cultura, em razão dos danos às sementes.

As respostas da geminação das sementes de *C. spectabilis* nos tratamentos diferem e, provavelmente, há algum mecanismo que permite às sementes, provenientes de frutos predados, terem uma maior velocidade de germinação inicial, o que demanda futuros estudo. No entanto, a porcentagem e a taxa de germinação são maiores nas sementes provenientes de frutos não predados. Apesar de ser uma espécie exótica à flora brasileira, interage com elementos da fauna, proporcionando alimento a animais polinizadores de plantas silvestres e cultivadas. A presença de *C. spectabilis* em áreas de cultivo, possivelmente, reveste-se de importância para manter ou elevar a biodiversidade de polinizadores locais. Os dados gerados permitem a formulação de hipóteses a serem testadas com relação à germinação das sementes, podendo abordar aspectos mais detalhados do funcionamento dos mecanismos de germinação.

CONCLUSÕES

A *C. spectabilis* possui inflorescência racemosa com flores pentâmeras, zigomorfas, dialipétalas e papilionada. Esta leguminosa é uma espécie dióica, com ovário súpero, com anteras dimorfas e deiscência em tempos diferentes, entretanto apresenta protandria parcial. O ovário súpero e a flor monoclina facilitam a autofecundação, uma vez que não há autoincompatibilidade, mas com a detecção de hercogamia têm-se uma barreira física para a autofecundação. Embora

apresente um sistema reprodutivo autocompatível, a espécie possui dependência com uma única espécie polinizadora (*Xylocopa* sp.) na área de estudo, para a permuta de genes. As abelhas *Trigona* sp. e *Apis mellifera*, os lepidópteros e a espécie de beija-flor são considerados pilhadores de néctar e/ou pólen.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; DE PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, n.2, p.277-288, 2000.

AL-SNAFI, A. E. The contents and pharmacology of *Crotalaria juncea* - A review. *IOSR Journal of Pharmacy*, v.6, n.6, p.77-86, 2016.

BAZZAZ, F. A.; ACKERLY, D. D. Reproductive allocation and reproductive effort in plants. In: FENNER, M. (ed.). *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. Wallingford: CAB International, 1992. p.1-26.

BRITO, V. L. G.; PINHEIRO, M.; SAZIMA, M. *Sophora tomentosa* e *Crotalaria vitellina* (Fabaceae): biologia reprodutiva e interações com abelhas na restinga de Ubatuba, São Paulo. *Biota Neotropica*, v.10, n.1, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000100019>

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULIZANI, E. A.; COSTA, M. B. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. Aspectos gerais de adubação verde. In: COSTA, M. B. B. (org.) *Adubação verde no sul do Brasil*. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p.1-55.

CINTRA, F. L. D.; IVO, W. D. M.; DA SILVA, L. V.; LEAL, M. D. L. Distribuição das raízes de cana-de-açúcar em sistemas de cultivo com adubação orgânica e *Crotalaria spectabilis*. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2006.

COSTA-LIMA, A. M. *Insetos do Brasil*. 6º tomo, 2ª parte (Série Didática número 8, Capítulo XXVIII). Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1950.

ENDRESS, P. K. *Diversity and evolutionary biology of tropical flowers*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

ETCHEVERRY, A. V.; PROTOMASTRO, J. J.; WESTERKAMP, C. Delayed autonomous self-pollination in the colonizer *Crotalaria micans* (Fabaceae, Papilionoideae): structural and functional aspects. *Plant Systematics and Evolution*, v.239, n.1-2, p.15-28, 2003. <https://doi.org/10.1007/s00606-002-0244-7>

FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. *The principles of pollination ecology*. Oxford: Pergamon Press, 1979.

FIGUEIREDO, R. A.; PERIN, E. Germination ecology of *Ficus luschnathiana* drupelets after bird and bat ingestion. *Acta Oecologica*, v.16, n.1, p.71-75, 1995.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. D.; DEBIASI, H.; TORRES, E. *Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná*. Londrina: Embrapa Soja, 2011.

FREE, J. B. *Insect pollination of crops*. New York: Academic Press, 1970.

GARCIA, J. M.; KAWAKITA, K.; DE SOUZA, M. C.; MIOTTO, S. T. S. O gênero *Crotalaria* L. (Leguminosae, Faboideae, Crotalarieae) na planície de inundação do alto Rio Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, v.11, n.2, p.209-226, 2013.

GOMES, J. E.; PAVANI, M. C. M. D.; PERECIN, D.; MARTINS, A. B. G. M. Morfologia floral e biologia reprodutiva de genótipos de aceroleira. *Scientia Agricola*, v.58, n.3, p.519-523, 2001.

GRANTSAU, R. *Os beija-flores do Brasil*. Rio de Janeiro: Expressão e Cultura, 1989.

JACOBI, M. C.; RAMALHO, M.; SILVA, M. Pollination biology of the exotic rattleweed *Crotalaria retusa* L. (Fabaceae) in NE Brazil. *Biotropica*, v.37, n.3, p.357-363, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00047.x>

LOPES, H. M.; QUEIROZ, O. A.; MOREIRA, L. B. Características agronômicas e qualidade de sementes de crotalária (*Crotalaria juncea* L.) na maturação. *Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida*, v.25, n.2, p.24-30, 2005.

LORDELLO, L. G. E. *Nematóides das plantas cultivadas*. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1973.

LORENZI, H. *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*. 4.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008.

MAEDA, J. A.; SALGADO, A. L. B.; LAGO, A. A. Deterioração de sementes de *Crotalaria juncea* e suas conseqüências em laboratório e campo. *Bragantia*, v.45, n.2, p.353-362, 1986. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051986000200013>

MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C. C.; TEIXEIRA, E. W.; SILVA, E. C. A.; RODRIGUES, R. R.; SOUZA, V. C. Plantas visitadas por abelhas africanizadas em duas localidades do estado de São Paulo. *Scientia Agricola*, v.58, n.2, p.413-420, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162001000200028>

MONEGAT, C. *Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades*. Chapecó: Ed. do Autor, 1991.

NASCIMENTO, W. M.; GOMES, E. M. L.; BATISTA, E. A.; FREITAS, R. A. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. *Horticultura Brasileira*, v.30, n.3, p.494-498, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362012000300023>

- NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*, v.26, n.2, p.141-159, 1994. <http://dx.doi.org/10.2307/2388804>
- OBERMULLE, E. A.; NASCIMENTO, G.; GAVA, H. Z.; RIBEIRO, L. F.; SILVA, A. G. O contraste entre síndromes de polinização e sistemas efetivos de polinização e suas perspectivas para ecossistemas associados à Mata Atlântica. *Natureza on line*, v.6, n.1, p.42-47, 2008.
- OLIVEIRA, M. I. B.; SIGRIST, M. R. Fenologia reprodutiva, polinização e reprodução de *Dipteryx alata* Vogel (Leguminosae: Papilionoideae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v.31, n.2, p.195-207, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042008000200002>
- OLIVEIRA, P. E.; MARUYAMA, P. K. Sistemas reprodutivos. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (eds.). *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. p.71-92.
- PEIXOTO, M. G. L. Germinação e vigor de sementes e desenvolvimento pós-seminal de *Crotalaria spectabilis* Roth. 2007. 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Alagoas, Rio Largo. 2007.
- PRICE, P. W. Species interactions and the evolution of biodiversity. In: HERRERA, C. M.; PELLMYR, O. (Eds.) *Plant-animal interactions: An evolutionary approach*. Oxford: Blackwell Publishing, 2002. p.3-25.
- RECH, A. R.; AVILA Jr., R. S.; SCHLINDWEIN, C. Síndromes de polinização: especialização e generalização. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (eds). *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. p.171-181.
- <http://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/57-polinizadores>
- RIBEIRO, M. D. F.; MALAGODI-BRAGA, K. S.; DE CAMARGO, C. C. F.; CANUTO, J. C.; MORICONI, W.; SANTOS, J. J. Avaliação da reprodução de *Crotalaria spectabilis* e *C. juncea*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE POLINIZAÇÃO, 2., 2016, Catalão. Anais... Catalão: Universidade Federal de Goiás, 2016. p.93.
- SAKAI, S.; KATO, M.; INOUE, T. Three pollination guilds and variation in floral characteristics of Bornean gingers (Zingiberaceae and Costaceae). *American Journal of Botany*, v.86, n.5, p.646-658, 1999.
- SILVEIRA, P. M.; RAVA, C. A. Utilização de crotalária no controle de nematóides da raiz do feijoeiro. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2004.
- TEIXEIRA, S. P.; MARINHO, C. R.; PAULINO, J. V. A flor: aspectos morfofuncionais e evolutivos. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (eds.). *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. p.45-69.
- VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. *Botânica – Organografia*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- VILLALOBOS, S.; RAMIREZ, N. Biología reproductiva de *Crotalaria micans* Link (Fabaceae): espécie colonizadora de ampla distribución geográfica. *Acta Botánica Venezuelica*, v.33, n.1, p.67-81, 2010.
- ZAR, J. H. *Bioestatistical analysis*. 5th ed. London: Pearson, 2010.
- ZEISLER, M. Über die Abgrenzung der eigentlichen Narbenfläche mit Hilfe von Reaktionen. *Beihefte zum Botanischen Central Blatt*, v.58, p.308-318, 1938.