

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA EVOLUTIVA
(Associação Ampla entre a UNICENTRO e UEPG)

**Predação de sementes em *Erythrina falcata* Benth. Fabaceae –
Faboideae: Biologia dos insetos predadores e estratégias de
compensação da planta.**

CRISTIANO MARCONDES PEREIRA

Guarapuava

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA EVOLUTIVA
(Associação Ampla entre UNICENTRO e UEPG)

**Predação de sementes em *Erythrina falcata* Benth. Fabaceae –
Faboideae: Biologia dos insetos predadores e estratégias de
compensação da planta.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva da Universidade Estadual do Centro-Oeste, em associação com a Universidade Estadual de Ponta Grossa, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Concentração em Biologia Evolutiva)

Guarapuava

2012

P414p Pereira, Cristiano Marcondes
Predação de sementes em *Erythrina falcata* Benth. Fabaceae -
Faboideae: biologia dos insetos predadores e estratégias de compensação da
planta / Cristiano Marcondes Pereira. -- Guarapuava, 2012
xi, 70 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste,
Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva, em associação ampla
com a Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2012

Orientador: Paulo Roberto da Silva
Banca examinadora: Ivana de Freitas Barbola, Maria Luisa Tunes
Buschini, Mauricio Osvaldo Moura

Bibliografia

1. Biologia evolutiva. 2. Lepidoptera. 3 . Coleoptera. 4. Floresta Atlântica.
5. Interação inseto-planta. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em
Biologia Evolutiva.

CDD 595.7

Orientador

Prof. Dr. PAULO ROBERTO DA SILVA

Co-orientador

Prof. Dr. MAURICIO OSVALDO MOURA

*Mas nós vibramos em outra frequência,
sabemos que não é bem assim.
Se fosse fácil achar o caminho das pedras,
tantas pedras no caminho não seria ruim.*

(Humberto Gessinger)

Agradecimentos

Ao Criador

A minha Família, pelo apoio incondicional.

Ao meu orientador Paulo Roberto Da Silva, pela ajuda, sugestões, broncas e correções, nos momentos necessários.

Ao meu coorientador Mauricio Osvaldo Moura pelos conselhos, ajuda nas análises e por ter intermediado a identificação dos grupos de insetos.

A CAPES pela bolsa concedida e ao programa de Pós Graduação em Biologia Evolutiva.

Aos professores (as) Angelica Dias (UFSC), Germano H. Rosado Neto (UFPR) e Vitor Becker (UNB), pela identificação dos grupos de insetos e Luciano Farinha (UNICENTRO) por ceder o material de auxilio a coleta das sementes.

Ao professor Vanderlei Aparecido de Lima e ao amigo Marcelo Costa, pelas dicas nas análises.

Ao meu amigo Mauro pelo companheirismo e imprescindível ajuda na formatação das imagens.

Aos demais amigos de republica Lucas e Gilson e amigos de sempre, Cleto, Clerito, Diego, Diego (borboleta), Dener, Elio, John Mario, Luciano, Marcos e Vitão pelo incentivo e companheirismo.

Aos amigos de mestrado Tali, Michele, Renan, Reginaldo, Paulo, Bruna e em especial a Katiane, pela amizade e imprescindível ajuda sempre que preciso!

A minha namorada.

A todos que direta ou indiretamente auxiliaram em minha formação e na realização deste trabalho, principalmente aqueles que me fogem a memória, obrigado.

Lista de Figuras

Revisão Bibliográfica

Figura 1: Aspectos morfológicos de *Erythrina falcata*. (A) árvore no período de floração. (B) morfologia floral e foliar, mostrando a inflorescência, crescimento da flor e estruturas reprodutivas e morfologia das folhas. (C) vagens, mostrando infrutescência e fases de desenvolvimento. (D) sementes. Foto: Cristiano Marcondes Pereira. 10

Capítulo 01

Figura 1: Localização espacial das árvores de *E. falcata* amostradas. Os valores representam a distância (em metros) em linha reta entre cada uma das árvores. (Fonte: Google Maps, 2011). 16

Figura 2: Espécies de Lepidoptera predadoras de sementes de *E. falcata*. *Liopasia ochracealis*, visão dorsal (A) e lateral (B). *Agathodes designalis*, visão dorsal (C) e lateral (D). *Terastia meticulosalis*, visão dorsal (E) e lateral (F). Fotos: Cristiano Marcondes Pereira. 22

Figura 3: Coleópteros predadores de sementes de *E. falcata*. *Cathartus quadricollis*, visão lateral (A) e dorsal (B). *Paratenetus* sp. visão lateral (C) e dorsal (D). Fotos: Cristiano Marcondes Pereira. 22

Figura 4: Danos causados por larvas de insetos as vagens e sementes de *Erythrina falcata*. (A) e (B) Local de entrada da larva na vagem; (C) Início da predação da semente sendo efetuado pelo lado oposto ao local de entrada da larva na vagem; (D) e (E) larvas se alimentando de todo o endosperma e tegumento das sementes; (F) A larva acaba penetrando inteiramente na a semente durante o processo de predação; (G) Ao final do processo de alimentação, o que resta são apenas excrementos da larva no local onde se encontrava a semente. Fotos: Cristiano Marcondes Pereira. 26

Figura 5: (A) Larvas e (B) adultos do coleoptero *Paratenetus* sp; (C) Indivíduos adultos de *Paratenetus* sp se alimentando do endosperma de uma semente de *E.falcata*. Foto: Cristiano Marcondes Pereira. 26

Figura 6: Análise individual das taxas de predação de sementes de *E. falcata* para cada árvore amostrada. Árvores: A1 Jordão (A); A2 Jordão (B); A3 Jordão (C); A Foz Jordão (D); A Copel (E). Valores representados pela média \pm desvio padrão para cada coleta. Barras horizontais indicam as características de maturação das sementes, diferenciando em verdes e maduras. Escalas verticais (sementes predadas) diferenciadas devido à variação nas taxas de predação. Escalas horizontais (Coletas) possuem valores diferenciados devido a variação no tempo de frutificação e conseqüentemente no número de coletas realizado em cada árvore amostrada. 27

Capítulo 03

Figura 1: Larvas e adultos das espécies de Lepidoptera relacionados à predação das sementes de *E.falcata*. *Agathodes designalis* – larva (A) e adulto (B); *Liopasia ochracealis* - larva (C) e adulto (D); *Terastia meticulosalis* - larva (E) e adulto (F). Fotos: Cristiano Marcondes Pereira. 50

Figura 2: (A) Comprimento médio das larvas de *Terastia meticulosalis* que foram e que não foram parasitadas por *Macrocentrus* sp. (B) Média do número de dias que larvas de *T.meticulosalis* não parasitadas e parasitadas por *Macrocentrus* sp. levaram para entrar no estágio de pupa. 52

Figura 3: Adulto do himenóptero *Macrocentrus* sp.(Braconidae) 53

Lista de Tabelas

Capítulo 01

Tabela 1: Composição taxonômica de insetos encontrados predando as sementes de *E. falcata* durante o período de setembro de 2010 a março de 2011. 18

Tabela 2: Número total de indivíduos para cada uma das espécies de insetos predadores de sementes que eclodiram das vagens de *E. falcata*. 23

Tabela 3: Ocorrência das espécies de insetos relacionadas a predação de sementes de *E.falcata*. 23

Capítulo 02

Tabela 1: Variáveis biométricas positivamente relacionadas a predação de sementes de *E. falcata*. ... 40

Tabela 2: Valores médios e desvio padrão de sementes por vagem, número de coletas realizadas, total de sementes, número de sementes viáveis, predadas e porcentagem de predação de sementes de *E.falcata*. 41

Capítulo 03

Tabela 1: Larvas de lepidópteros predadores de sementes de *E. falcata*, alimentadas com sementes verdes. Valores médios e desvio padrão de dias de predação, dias empupado e sementes predadas. 2010. 51

Tabela 2: Número de larvas de lepidópteros predadores de sementes de *E. falcata*, alimentadas com sementes maduras . Valores médios e desvio padrão dos dias de vida. (2010). 52

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| RESUMO | x |
| ABSTRACT | xi |
| REVISÃO DE LITERATURA | 1 |
| Predação..... | 1 |
| Produção de sementes como um custo necessário..... | 1 |
| Efeitos e implicações da predação de sementes | 2 |
| Predação de sementes pré e pós-dispersão..... | 3 |
| Insetos predadores de sementes..... | 4 |
| Evolução da interação inseto-planta | 5 |
| Parasitóides e insetos predadores de sementes | 6 |
| Planta hospedeira estudada | 7 |
| Aspectos botânicos e fenológicos..... | 9 |
| OBJETIVOS..... | 12 |
| Geral | 12 |
| Específicos..... | 12 |
| CAPÍTULO 1 - Insetos predadores de sementes de <i>Erythrina falcata</i> | 13 |
| INTRODUÇÃO..... | 14 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 16 |
| Área de estudo..... | 16 |
| Coleta e armazenamento das vagens..... | 17 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 18 |
| Espécies predadoras de sementes..... | 18 |
| Aspectos Biológicos das espécies predadoras de sementes..... | 18 |
| Ocorrência de espécies | 23 |
| Pupas não emergidas | 24 |
| Comportamento das espécies predadoras de sementes | 24 |
| Abundância de especies predadoras | 28 |
| Comportamento dos predadores de sementes | 32 |
| CAPÍTULO 2 - Influência da predação efetuada por insetos nos índices de viabilidade de sementes de <i>Erythrina falcata</i>..... | 37 |
| INTRODUÇÃO..... | 38 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 39 |
| RESULTADOS | 40 |
| Variáveis biométricas | 40 |
| Taxas de predação..... | 40 |
| DISCUSSÃO..... | 42 |
| CAPÍTULO 3 - Capacidade de predação de sementes de <i>Erythrina falcata</i> por larvas de Lepidoptera e presença de parasitóides na interação | 46 |
| INTRODUÇÃO..... | 47 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 49 |
| RESULTADOS | 50 |
| DISCUSSÃO..... | 54 |
| Parasitismo das larvas..... | 56 |
| Considerações Finais - Possíveis estratégias de compensação a predação de sementes em <i>Erythrina falcata</i> | 59 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 65 |

RESUMO

Predação de sementes em *Erythrina falcata* Benth. Fabaceae – Faboideae: Biologia dos insetos predadores e estratégias de compensação da planta.

A produção de sementes é um importante estágio na história de vida das plantas, pois são estas as estruturas responsáveis pela reposição de indivíduos e também expansão e perpetuação das populações, funcionando também como meio de dispersão para colonização de áreas distantes de uma população. A Predação de sementes exercida por insetos tem efeitos negativos na reprodução das plantas ao limitarem a oferta de sementes ou impedirem sua germinação. *Erythrina falcata*, conhecida como corticeira ou bico-de-papagaio, é uma planta nativa de floresta atlântica, de caráter pioneiro, utilizada principalmente na arborização de ambientes urbanos e na restauração de matas degradadas. Neste trabalho foram identificadas as espécies de insetos que predam as sementes de *E.falcata* no período de pré-dispersão e aspectos ecológicos da interação entre os insetos e a planta. Cinco espécies de insetos foram encontradas predando as sementes de *E. falcata*, sendo que três pertencem a ordem Lepidoptera, família Crambidae, (*Agathodes designalis*, *Liopasia ochracealis* e *Terastia meticulosalis*) e dois a Coleoptera, (*Cathartus quadricollis* - Silvanidae e *Paratenetus* sp - Tenebrionidae). Foi observada também uma espécie de himenóptero, (*Macrocentrus* sp. - Braconidae) que é parasitóide das larvas de lepidópteros. As espécies apresentaram diferentes comportamentos de predação, com as larvas de lepidópteros se alimentando apenas de sementes verdes e os coleópteros somente de sementes maduras, mas que já estavam com o endosperma acessível. Isto os torna predadores secundários, dependentes da ação primária das larvas de lepidópteros. As três espécies de lepidópteros se alimentam de mais de uma semente durante o seu estágio larval, aumentando o impacto da predação. A presença do parasitóide *Macrocentrus* sp. tem efeito direto sobre os índices de predação, pois larvas parasitadas, não se alimentam e empupam, sendo que o parasitóide termina o seu desenvolvimento no interior da pupa do hospedeiro, matando-a e posteriormente emergindo. Variáveis biométricas da planta como comprimento e largura, se relacionam ao número de sementes por vagem. Esta condição, entretanto, não é o que influencia nas taxas de predação da área amostrada. A predação de sementes variou de um mínimo 50% ao máximo de 83% das sementes entre as plantas amostradas, sendo que a média geral de predação foi de 70% do total de sementes viáveis. Isto demonstra que a planta pode ter sua história natural moldada na presença de insetos predadores o que permite sua permanência no ambiente, indiferente a predação, ou que possua estratégias que busquem diminuir o impacto causado pela predação de suas sementes. Entre tais estratégias, é possível que a espécie apresente períodos de frutificação em massa, seguidos de intervalos sem produção de frutos e sementes. Este fenômeno acaba gerando imprevisibilidade de recursos para os insetos predadores de sementes, regulando e diminuindo seus níveis populacionais, o que tem efeitos diretos sobre os índices de predação de sementes.

Palavras-chave: Lepidoptera; Coleoptera; Floresta atlântica; Interação inseto-planta.

ABSTRACT

Seed predation in *Erythrina falcata* Benth. Fabaceae - Faboideae: Biology of insect predators and plant compensation strategies.

Seed production is an important stage in the life history of plants, because these are the structures responsible for the replacement of individuals and also the expansion and perpetuation of the population, while also acting as a dispersion medium for colonization of distant areas of a population. The Seed predation exerted by insects has negative effects on plant reproduction by limit the supply of seeds and prevents germination. *Erythrina falcata*, known as corticeira ou bico-de-papagaio is a native plant from Atlantic forest, pioneer mainly for planting trees in urban environments and the restoration of degraded forests. In this work were identified the species of insects that prey on seeds of *E.falcata* in pre-dispersion and ecological aspects of interaction between this insects and plant. Five insect species were found preying on seeds of *E. falcata*, three of which belong to the order Lepidoptera, Crambidae family, (*Agathodes designalis*, *Liopasia ochracealis* and *Terastia meticulosalis*) and two coleopterans (*Cathartus quadricollis* - Silvanidae and *Paratenetus* sp - Tenebrionidae). Was observed also one species of hymenopteran (*Macrocentrus* sp. - Braconidae) which is parasitoid of larvae of lepidopterans. The species have different behaviors of predation, larvae of lepidopterans feeding only on green seeds and the coleopterans only of mature seeds with the endosperm accessible. This makes coleopterans secondary predators, dependent on the primary action of the larvae of lepidopterans. The three species of lepidopterans feed more than one seed during its larval stage, increasing the predation impact. The presence of the parasitoid *Macrocentrus* sp. can have effect on rates of predation because parasitized larvae do not feed and pupate, being the parasitoid completes its development inside the host pupa, killing her and then emerging. Plant biometric variables such as pod length and width, are related to the number of seeds per pod. This condition, however, not has influences on predation rates in the sampled area. The seed predation ranged from minimum of the 50% to a maximum of the 83% of the seeds between the plants sampled, whereas average overall predation was 70% of viable seeds. This demonstrates that the plant may have shaped its natural history in the presence of insect predators which enables his stay in the environment, indifferent to predation, or has strategies that seek to reduce the impact of predation on their seeds. Among these strategies, is possible that plants have periods of masting fruits, followed by intervals without production of fruits and seeds. This phenomenon generates unpredictability of resources for seed predators, regulating and reducing their population levels and has direct effects on rates of seed predation.

Key words: Lepidoptera, Coleoptera, Atlantic forest; Insect-plant interactions

REVISÃO DE LITERATURA

Predação

De forma evidente ou discreta, grande parte dos seres vivos, está envolvida em um diverso número de interações bióticas e abióticas, sendo estas tanto inter quanto intra específicas. Estas interações ocorrem das mais variadas formas, levando sempre a diferentes efeitos e distintas complexidades. Podem trazer benefícios para ambas as partes, tais como associações mutualísticas ou simbióticas, ou serem prejudiciais para, como a competição e herbivoria (Begon et al., 2007).

De forma geral, predação pode ser considerada uma interação interespecífica entre níveis tróficos, que no geral, refere-se ao consumo de um organismo (a presa) por outro organismo (o predador), quando a presa ainda esta viva (Begon et al., 2007). Esta forma clássica é normalmente realizada por predadores de topo de cadeia, conhecidos como predadores verdadeiros. A interação é, entretanto bem mais ampla, ocorrendo também quando indivíduos de uma espécie em questão consomem matéria viva de outra espécie, prejudicando-a, sem necessariamente matá-la. Neste contexto, é possível englobar vários tipos de interações, tais como a de parasitas, pastadores e predadores de outros tecidos e estruturas vegetais, como flores, frutos e sementes. A definição, no entanto, abrange uma ampla variedade de interações e uma extensa gama de diferentes presas e predadores (Ricklefs, 2010; Begon et al., 2007).

Produção de sementes como um custo necessário

A produção de sementes é um dos estágios mais críticos na história de vida das plantas sendo que diversos fatores fazem deste período um dos estágios mais críticos na história de vida das plantas, principalmente por afetarem a dispersão e o sucesso reprodutivo da espécie (Schupp, 1992). As sementes são responsáveis pela reposição de indivíduos, pela expansão e perpetuação das populações existentes e funcionando também como meio de dispersão para colonização de áreas distantes de uma população (Louda, 1982).

Diferentes processos estão associados à biologia reprodutiva de uma planta, sendo que os primordiais, relacionados à produção de sementes, são o modo de

florescimento, a polinização e a frutificação (Aguilar et al., 1993). Grande parte da energia existente na planta é despendida no processo de produção de sementes nas mais específicas fases. Este processo se inicia com a produção de flores, grãos de pólen, esporos e normalmente substâncias químicas associadas à atração de polinizadores. No grupo das Angiospermas, também pode ocorrer a formação de frutos com características que favoreçam a dispersão de suas sementes e conseqüentemente a continuidade e propagação da espécie (Aguilar et al., 1993).

Entre os principais fatores que determinam o sucesso reprodutivo neste período, é possível citar o balanço entre o grande investimento energético durante todo o período necessário a frutificação e a intensa predação das sementes produzidas, que é realizada por diversos grupos animais. Janzen (1971) cita que a diminuição ou quebra das defesas das plantas contra seus predadores acarreta em perda para a planta, a qual normalmente tem efeitos cruciais no valor adaptativo e, por conseguinte, na dinâmica de sua população. Estes efeitos podem ser ainda maiores quando se considera o processo de herbivoria realizado sobre as plântulas, o que acarreta em uma diminuição ainda mais elevada nas taxas de sobrevivência e na dinâmica temporal e espacial das plantas.

Efeitos e implicações da predação de sementes

A predação de sementes desponta como um dos principais fatores responsáveis por efeitos negativos a reprodução das plantas (Janzen, 1971). É considerado um fator chave na mortalidade das sementes, podendo limitar a oferta ou mesmo impedir a germinação e, tendo portanto, conseqüências na trajetória, riqueza, diversidade e equitabilidade da distribuição das plantas (Zhang et al., 1997). A predação de sementes pode também afetar negativamente a interação entre dispersores e plantas, principalmente pela menor aceitação, ou até mesmo rejeição de frutos e sementes com sinais de predação (Sari et al., 2005). Em determinados casos, a predação de frutos e sementes pode levar ao aborto de frutos danificados, o que segundo Janzen (1971) pode ser uma adaptação da planta, com o investimento de energia no maior crescimento dos frutos restantes e não nos danificados. Bohart e Koerber (1972) também relatam que em florestas tropicais, predadores de sementes, principalmente insetos, possuem a capacidade de encontrar e se alimentar da maioria dos frutos ou sementes de suas plantas hospedeiras, levando estas comunidades de

plantas a apresentarem relativas distâncias entre os indivíduos.

Sementes de várias espécies de plantas podem ser atacadas por um complexo e diversificado grupo taxonômico de insetos, ou uma mistura de insetos, pássaros e mamíferos, o que pode diminuir ainda mais o potencial de recrutamento e a densidade populacional das plantas (Zhang et al., 1997). Condições intrínsecas de cada espécie que se alimenta de sementes, bem como fatores abióticos, podem afetar o nível, a forma e a capacidade de predação. Todos estes fatores têm influência direta na interação entre plantas hospedeiras e insetos predadores de suas sementes, em um determinado hábitat (Notman e Gorchov, 2001).

Predação de sementes pré e pós-dispersão

Temporalmente, a predação de sementes ocorre em dois períodos, pré e pós-dispersão. Na pré-dispersão o ataque ocorre quando as sementes ainda se encontram aderidas à planta genitora. Já, no período pós-dispersão a predação ocorre nas sementes já livres, normalmente junto ao substrato no solo. A relação entre pré e pós-dispersão varia consideravelmente de acordo com as condições do ambiente, história de vida da planta e das espécies predadoras de suas sementes (Janzen, 1971). A intensidade da predação de sementes por insetos na pré-dispersão e pós-dispersão varia também entre plantas, de uma mesma espécie, sendo este um fator chave na determinação da distribuição das populações, tanto de predadores, quanto de plantas (Louda, 1982).

Salvo exceções, a maior taxa de predação de sementes por insetos ocorre no período de pré-dispersão, principalmente pela maior e mais concentrada oferta de alimento em uma área menor. Este tipo de predação pode afetar a dinâmica populacional das plantas por dois principais fatores; a redução do número de sementes disponíveis e a diminuição de dispersores pela baixa densidade de frutos a serem dispersos (Janzen, 1971).

Mesmo após as sementes se desprenderem da planta genitora, estas ainda ficam disponíveis como alimento e suscetíveis a predação de uma grande variedade de animais. A predação de sementes na pós-dispersão parece ser, junto com a herbivoria, o mais importante fator que diminui a probabilidade de estabelecimento de plântulas. Pode ocorrer sobre a superfície do solo, ou sobre outro substrato. Como exemplo, Traveset (1990) descreve o comportamento do besouro bruchídeo *Stator vachelliae* encontrado predando sementes da leguminosa *Acacia farnesiana* nas fezes

de cavalos, cervídeos e lagartos.

As características físicas do fruto e da semente são também fatores associados à predação na pós-dispersão. O maior intervalo de tempo em que vagens e sementes ficam expostas a condições climáticas do ambiente, pode facilitar ao inseto romper as barreiras impostas pela planta e chegar até a semente. A preferência por sementes na pós-dispersão pode então estar associada a fatores químicos, como compostos encontrados em sementes verdes que podem ser tóxicos e impedem a predação, mas que se tornam inertes com o passar do tempo (Zhang et al., 1997).

Embora a relação entre plantas e predadores de sementes aparente ser estática no tempo e espaço, existe uma estreita ligação entre a planta-predador, incluindo o desenvolvimento de defesas que busquem atenuar os efeitos dos predadores, dificultando, minimizando, ou impedindo sua ação. Muitas espécies predadoras de sementes são generalistas, com adaptações que as permitem se alimentar das sementes em ambos os períodos dispersivos (Johnson, 1981). Essa característica associada aos aspectos fenológicos e a variação inter e intra-específica das espécies de plantas, pode ser considerada como uma estratégia que aumenta o valor adaptativo de espécies predadoras de sementes, o número de nichos alimentares e diminui a competição por recursos (Pereira et al., 2008).

Insetos predadores de sementes

Uma extensa gama de insetos está associada a predação de sementes, tanto no período de pré quanto pós-dispersão. Destacam-se algumas Ordens como Coleoptera, Lepidoptera e Hymenoptera (Zhang et al., 1997).

Dentre os coleópteros, nas famílias Curculionidae, Carabidae, Chrysomelidae, (subfamília-Bruchinae) e Tenebrionidae, encontram-se as principais espécies responsáveis por danos as sementes. Suas larvas são citadas como predadoras de várias famílias botânicas, podendo ocorrer especificidade em níveis de gênero e família (Bondar, 1936; Johnson, 1981; Ribeiro Costa e Costa, 2002). São normalmente generalistas quanto a hábitos alimentares e na maioria das espécies estudadas, responsáveis por altos índices de infestação, causando grandes danos a planta (Janzen, 1971). Tanto coleópteros adultos, quanto na forma larval, são capazes de se alimentar de sementes, tendo espécies em que ambos os estágios o fazem e outras restritas a uma das fases, normalmente a larval. Adultos que não se alimentam de sementes, geralmente utilizam o pólen e o néctar das plantas como recurso

alimentar (Johnson e Romero, 2004; Grenha et al., 2008).

Entre os lepidópteros, famílias como Crambidae, Tortricidae e Pyralidae, figuram entre as com maior riqueza de espécies associadas a predação de sementes. Suas larvas são também generalistas quanto a hábitos alimentares predando as sementes de um vasto número de espécies de plantas. A semente representa uma importante fonte alimentar e uma proteção contra o ambiente externo bastante variável.

A maior parte do conhecimento existente sobre insetos e predação de sementes está relacionado à subfamília Bruchinae e as plantas pertencentes a família Fabaceae, (Joly et al., 1980). Johnson (1981) cita que todas as larvas de insetos da subfamília Bruchinae necessitam de sementes em desenvolvimento, levando a interação com pelo menos 35 famílias de plantas, mas que é maior (em cerca de 75% dos estudos) com a família Fabaceae. Esta dependência alimentar de sementes por parte das larvas de bruchineos faz com que esta subfamília de insetos seja a mais numerosa quanto a diversidade de espécies encontradas se alimentando de sementes (Johnson, 1981; Zhang et al., 1997).

Estudos realizados por Johnson e Romero (2004) descrevem fatores relacionados a ecologia e comportamento de oviposição de espécies predadoras de sementes e o aspecto de deiscência dos frutos de Fabaceae. Demonstrou que existem guildas de fabaceas deiscentes, indeiscentes e parcialmente deiscentes e que associadas a estas existiam respectivas guildas de insetos coleópteros que ovipositavam na vagem ou diretamente sobre a semente antes e/ou depois de serem dispersas. Esta estruturação indica a estreita e complexa relação entre predadores de sementes e suas plantas hospedeiras e embora a estruturação formal de guildas de oviposição para demais grupos de insetos associados à predação de sementes, tais como lepidópteros, não tenha sido proposta, esta hipótese de guildas pode ser a eles extendidas (Pereira et al., 2008).

Evolução da interação inseto-planta

Embora a presença de predadores generalistas, adaptados a diferentes condições de predação de sementes, em diferentes estados e condições de desenvolvimento, seja bastante comum, esta ligação evolutiva entre plantas e predadores leva, por muitas vezes, ao desenvolvimento de uma estreita relação, em um mecanismo conhecido como coevolução (Crawley, 1983).

A coevolução na relação entre plantas e os insetos predadores de suas sementes é um mecanismo difícil de ser interpretado, mas bastante comum. A existência de inúmeros e diferentes ecossistemas, com diferentes condições e interações biológicas, sem dúvida fez com que vários grupos não relacionados evoluíssem simultânea e linearmente. Tal condição levou a um nível de especialização fisiológica e morfológica, que os fez, do ponto de vista do predador (insetos), dependente do recurso produzido pela presa (plantas).

Neste cenário, o mecanismo de seleção natural, constantemente seleciona as plantas que obtêm especializações que evitem ou diminuam a predação de suas estruturas, inclusive suas sementes. Tais especializações incluem uma ampla gama de fatores físicos e químicos, como o fornecimento de tegumentos protetores mais resistentes, tóxicos e/ou repugnantes, que aumentam a dificuldade de serem penetradas, produzindo melhores defesas contra a predação de suas sementes; bem como comportamentais, associados a imprevisibilidade de recursos, onde a frutificação ocorre em intervalos plurianuais irregulares (Zhang et al., 1997).

Os insetos predadores de sementes, devido a sua dependência relacionada a especialização alimentar, normalmente sofrem uma constante pressão evolutiva, que seleciona aqueles mais aptos a romper as barreiras impostas pela planta e assim conseguem alimentar, reproduzir e perpetuar sua espécie. Tal interação molda um intrigante e complexo cenário evolutivo, onde todos os aspectos envolvidos possuem a capacidade de determinar a ascensão ou o declínio das espécies associadas (Zhang et al., 1997; Ridley, 2006; Begon et al., 2007; Ricklefs, 2010).

Parasitóides e insetos predadores de sementes

Uma das características intrínsecas a populações em ambientes naturais é terem seus indivíduos atacados por uma série de outros organismos, os quais são denominados inimigos naturais. Estes grupos exercem um importante papel no ambiente, pois podem aumentar a complexidade do ecossistema (Begon et al., 2007).

O termo parasitóide remonta a organismos que se alimentam de estruturas e tecidos de outros organismos, tanto animais quanto vegetais, quando estes ainda estão vivos (Ricklefs, 2010). Por terem a capacidade de regular as populações de outros insetos, os parasitóides são um importante elemento da fauna neotropical, desempenhando este papel em condições naturais e também sendo utilizado com

sucesso como forma de controle biológico e/ou integrado, de pragas agrícolas. Parasitóides acabam interferindo direta e indiretamente nas cadeias tróficas de grande parte dos ecossistemas terrestres (Borror e DeLong, 1969). São encontrados em diversos grupos animais, sendo o dos insetos o maior deles, tanto em riqueza quanto diversidade de espécies. A Ordem Hymenoptera é a mais relevante, sendo as famílias Braconidae, Ichneumonoidea, Eulophidae e Pteromalidae as mais comumente associadas a hábitos parasitóides (Lima, 1962).

Com relação ao desenvolvimento larval, parasitóides dividem-se em ectoparasitóides, quando se desenvolvem externamente e que se alimentam a partir de lesões causadas ao hospedeiro; e endoparasitóides, que se desenvolvem alimentam-se no interior do hospedeiro. Podem também ser divididos em idiobiontes, nos quais a oviposição da fêmea é feita próxima ou sobre o hospedeiro que é então morto ou paralisado e a partir do qual a larva emergente se alimenta; ou coinobiontes, onde a oviposição é feita sobre o hospedeiro que é temporariamente imobilizado. Quando adultos, são de vida livre e as fêmeas põem seus ovos no interior, sobre ou próximos a outros insetos, tanto adultos quanto suas larvas desenvolvem-se dentro ou sobre seus hospedeiros (Nascimento, 2009).

Autores, como Cuevas-Reyes et al. (2007) e Nascimento (2009) associam índices de predação de sementes com a taxa pela qual as fêmeas de parasitóides depositam seus ovos em seus hospedeiros. Características da planta, como sua morfologia, quantidade e qualidade em termos nutricionais de recursos disponíveis e defesas como compostos aleloquímicos, bem como sua distribuição no tempo e espaço, possuem a capacidade de interferir no comportamento e desempenho de populações com relação a interação entre plantas insetos predadores de sementes e seus parasitóides. A predação de sementes por insetos acaba sendo importante na dinâmica temporal e espacial das plantas, principalmente pela capacidade de limitar o número de sementes plausíveis de germinação e conseqüentemente tamanho das populações vegetais. Torna-se interessante então a presença e a eficácia dos parasitóides, pois estes podem reduzir as taxas de infestação de insetos predadores de sementes e conseqüentemente, os danos causados.

Planta hospedeira estudada

Segundo a classificação botânica, *Erythrina falcata* Benth. pertence a família Fabaceae, a qual era conhecida como Leguminosae. Tal família tem como

característica típica a presença do fruto tipo legume, também conhecido como vagem. Estão presentes em praticamente todos os habitats terrestres, excluindo regiões árticas e antárticas e são abundantes em países de clima tropical. No Brasil, Fabaceae é considerada a maior família vegetal, com 3.200 espécies e 176 gêneros, sendo 31 deles considerados endêmicos (Giulietti et al., 2005). Estas plantas ocupam um papel fundamental na composição das matas nativas, reunindo inclusive diversas espécies utilizadas para a produção de madeira com fins comerciais (Marchiori, 1997).

Do ponto de vista ecológico, a família Fabaceae está presente nas mais diferentes formações vegetais e altitudes, se estendendo de picos montanhosos, ao litoral arenoso, bem como de florestas úmidas tropicais, até regiões desérticas, havendo inclusive espécies aquáticas. A maior parte das espécies são consideradas pioneiras, adaptadas à primeira colonização e a exploração de ambientes abertos e perturbados (Lewis, 1987).

Outros importantes fatores associados a família Fabaceae, são seus potenciais econômico, ecológico-ambiental e medicinal possuindo espécies onde os frutos e sementes podem ser utilizados como alimento, medicamentos naturais e artificiais, produção de óleos, tinturas, resinas, bem como para fins ornamentais (Lewis, 1987), sendo que várias, das mais características árvores ornamentais das regiões tropicais, pertencem a família Fabaceae (Dambros et al., 2004; Costa e Morais, 2008).

A subfamília Faboideae, a qual pertence as espécies de *Erythrina*, tem como características a presença de folhas pinadas, nunca bipinadas, na maior parte trifolioladas, com flores papilionáceas de simetria geralmente zigomorfa. Apresenta corola com prefloração imbricada descendente ou vexilar e sementes com a região do hilo bem delimitada e eixo da radícula do embrião infletido, fato este que as diferencia das demais subfamílias de Fabaceae, que são Caesalpinioideae e Mimosoideae. Faboideae é representada por 28 tribos, 482 gêneros e 12.000 espécies (Lewis et al., 2005) sendo que no Brasil, encontram-se aproximadamente 180 espécies nativas, reunidas em 88 gêneros (Polhill, 1981).

O gênero *Erythrina* ocorre em regiões tropicais e subtropicais, possuindo aproximadamente 120 espécies descritas, sendo várias delas restritas a América do norte, África, Ásia e Austrália (Krukoff, 1939; Lewis et al., 2005). É comumente citado em utilizações medicinais. Extratos de todas as estruturas das plantas são historicamente associados ao tratamento das mais diversas patologias, tais como infecções microbianas, tratamento dos sintomas da menopausa, tumores na pele, patologias inflamatórias, sintomas e também patologias que afetam o sistema nervoso

central, principalmente pelos efeitos tranquilizantes que as plantas deste gênero possuem (Dias, 2008).

No Brasil entre nativas e exóticas, são encontradas sete espécies do gênero *Eritrina*, que são *E. crista-galli*, *E. speciosa*, *E. falcata*, *E. fusca*, *E. mulungu*, *E. poeppigiana* e *E. velutina* (Lorenzi, 2002). A flora Paranaense conta com duas espécies nativas, *E. crista-galli*, conhecidas popularmente como corticeira-do-banhado, e *E. falcata*, chamada de corticeira ou bico de papagaio (Carvalho, 2003).

Aspectos botânicos e fenológicos

A árvore *E. falcata* (Figura 1A) tem a origem de seu nome no grego “erythros” que significa vermelho, associado a cor marcante de suas flores e “falcata” do latim “falx”, associado ao formato falcado, (em modo de foice) de suas flores (Figura 1B) (Carvalho, 2003). Possui uma ampla distribuição ocorrendo na Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Peru. A distribuição natural da espécie no Brasil ocorre nos seguintes estados: Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Carvalho, 2003). É popularmente conhecida como corticeira ou bico-de-papagaio, com vários outros nomes populares, variando conforme a região. No exterior, é conhecida como kuñore, na Bolívia; seibo, na Argentina e sui'yva, no Paraguai.

É uma árvore de grande porte, com média de altura entre 10 a 20 metros. Apresenta característica caducifólia, perdendo suas folhas em determinado período do ano. As folhas (Figura 1B) são compostas do tipo trifolioladas e alternas, com até 15 cm de comprimento por 8 cm de largura. Suas flores (Figura 1B) são vermelho-alaranjadas e tem de 3 a 5 centímetros de comprimento, estando sempre dispostas em cachos, os quais ficam pendentes na extremidade dos ramos em inflorescência. O fruto (Figura 1C) é do tipo legume indeiscente, achatado e possui septos internamente separando as sementes. Mede de 10 a 20 centímetros de comprimento por 2 a 3 centímetros de largura, possuindo de 3 a 15 sementes. As sementes (Figura 1D) são reniformes e achatadas, com hilo curto e oblongo.

A espécie ocorre na vegetação do interior da floresta, e em formações abertas e secundárias como capoeiras e capoeirões. Ainda segundo Carvalho (2003) *E. falcata* possui uma distribuição irregular, sendo abundante em alguns sítios e escassa em outros, podendo ser encontrada em margens de cursos d'água, e encostas de grandes serras. Não tolera baixas temperaturas nos primeiros anos de vida.

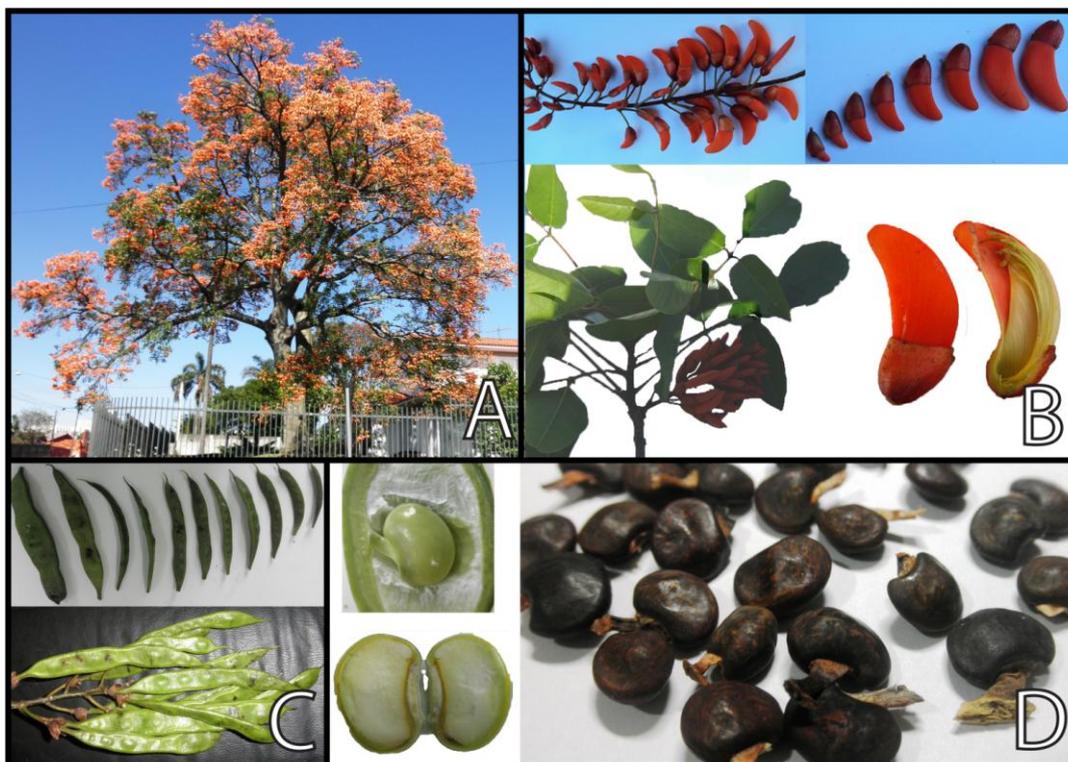


Figura 1: Aspectos morfológicos de *Erythrina falcata*. (A) árvore no período de floração. (B) morfologia floral e foliar, mostrando a inflorescência, crescimento da flor e estruturas reprodutivas e morfologia das folhas. (C) vagens, mostrando infrutescência e fases de desenvolvimento. (D) sementes. Foto: Cristiano Marcondes Pereira.

Por ser uma árvore nativa e de aspecto pioneiro, é recomendada para a restauração de mata ciliar, locais com inundações periódicas, bem como na recomposição de florestas degradadas e também na manutenção da fauna silvestre; fato este associado principalmente a seus frutos e flores que são atrativos para aves, como periquitos *Pyrrhura* spp. e vertebrados, como o macaco-prego (*Cebus apella nigrinus*), e insetos, como abelhas, mariposas e besouros, que se alimentam do néctar de suas flores, e também de suas vagens e sementes (Carvalho, 2003; Costa e Morais, 2008).

Seu período e tempo de floração e frutificação são variáveis, mudando conforme as características físicas, químicas e climatológicas de cada região (Carvalho, 2003).

No Paraná, a floração se estende de agosto a novembro e a frutificação de

novembro a fevereiro, sendo que o processo reprodutivo se inicia por volta dos 10 anos de idade. Devido a grande produção de flores, à espécie possui um grande potencial para utilização ornamental. Também é considerada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) uma planta imune ao corte, o que exige sua imediata reposição, caso algum exemplar seja retirado do ambiente.

Como já citado, além do potencial para utilização no paisagismo, Carvalho (2003); Dias (2008) e Betanin e Nienow (2010), citam o uso da corticeira para fins medicinais, principalmente pelas propriedades do alcalóide hiporifina, o qual é utilizado por indígenas como droga sedativa para entorpecer peixes. Na medicina popular, o chá da casca, folhas e sementes é também utilizado como calmante de tosses, bochechos contra afecções bucais, doenças hepáticas, hepatite e alívio de dores musculares.

Betanin e Nienow (2010), associa o uso do chá de partes da planta no combate a insônia, hipertensão arterial, feridas cancerosas, tratamento de dores de dente, primeiro banho do bebê (prevenção a hipertermia) e dor na bexiga. A utilização das folhas e da casca de *E. falcata* é também utilizada na diminuição dos sintomas da menopausa, e o chá com partes florais, para o rejuvenescimento da pele. As flores também podem ser utilizadas no tratamento de doenças reumáticas. Orihuela e Ishiyama (2006) demonstraram que o extrato aquoso do caule de *E. falcata* apresentou propriedades contraceptivas em ratos.

Sua madeira, apesar de leve, é empregada em diversos materiais, tais como móveis rústicos, rolhas, tacos e cepas para calçados, caixas, janelas, armações de montaria e objetos ortopédicos (Carvalho, 2003).

Todos os aspectos ecológicos de uma espécie têm de ser explorados na busca de sua preservação, ou com o intuito de sua utilização comercial. Apesar de autores citarem a presença de insetos infestando as vagens e predando as sementes de espécies de eritrinas, nenhum trabalho indica quais são as espécies de insetos e qual o grau de predação exercido pelos mesmos para *E. falcata*. Outro aspecto ainda não analisado são as possíveis consequências evolutivas do ponto de vista da ecologia e comportamento das espécies de insetos relacionadas a esta interação com a planta hospedeira.

OBJETIVOS

Geral

Investigar a forma de interação, o efeito e as estratégias de *E. falcata* em resposta a guilda de insetos predadores de sementes, buscando verificar e inferir sobre possíveis estratégias da planta como forma de compensação a predação.

Específicos

- Determinar as espécies de insetos predadoras de sementes de *E. falcata*.
- Verificar aspectos da biologia das espécies envolvidas com a predação de sementes de *E. falcata*.
- Analisar se variáveis biométricas dos frutos afetam as taxas de predação de suas sementes.
- Calcular o índice de predação de sementes ao final do período de pré-dispersão.
- Estimar o número médio de sementes predadas por espécie(s) de inseto(s) durante o seu desenvolvimento.
- Avaliar o papel dos parasitóides na interação entre a planta e larvas predadoras de suas sementes.

CAPÍTULO 1

Insetos predadores de sementes de *Erythrina falcata*

INTRODUÇÃO

A produção de sementes é um dos estágios mais críticos na história de vida das plantas. As sementes são responsáveis pela reposição de indivíduos, pela expansão e perpetuação das populações existentes e funcionando também como meio de dispersão para colonização de áreas distantes da população original (Louda, 1982). A predação de sementes é um dos principais fatores responsáveis pelos efeitos negativos na reprodução das plantas, limitando a oferta, impedindo a germinação ou interferindo na atuação de dispersores pela rejeição de frutos com sementes danificadas sendo considerado um fator chave na mortalidade das sementes tendo consequências na dinâmica, evolução e diversidade da distribuição de espécies vegetais (Janzen, 1971; Zhang et al., 1997).

Temporalmente, a predação de sementes ocorre em diferentes condições. No período de pré-dispersão, quando o ataque é efetuado com as sementes ainda estão aderidas a planta genitora, e no período pós-dispersão, com as sementes já livres, normalmente alocadas junto ao substrato no solo. A relação entre pré e pós-dispersão é bastante específica e varia de acordo com as condições do ambiente, história de vida da planta estudada e espécies que se alimentam de suas sementes (Janzen, 1971). A intensidade da predação de sementes pré-dispersão normalmente varia individualmente, sendo que este pode ser um fator chave na determinação da distribuição das populações, tanto de insetos, quanto de plantas (Louda 1982).

Uma ampla gama de animais se alimenta de sementes, sendo os insetos um dos principais grupos. São responsáveis por danos as sementes principalmente no período de pré-dispersão, principalmente pela maior e mais concentrada oferta de alimento em uma menor área, sendo que as Ordens de maior destaque nesta interação são Coleoptera e Lepidoptera (Zhang et al., 1997).

Dentre os coleópteros, nas famílias Curculionidae, Carabidae, Chrysomelidae, (subfamília-Bruchinae) e Tenebrionidae, encontram-se as principais espécies responsáveis por danos a sementes. Suas larvas são citadas como predadoras de várias famílias botânicas, podendo ocorrer especificidade em níveis de gênero ou família (Bondar, 1936; Johnson, 1981; Ribeiro Costa e Costa, 2002). Geralmente são generalistas quanto a hábitos alimentares, e na maioria das espécies já estudadas, responsáveis por altos índices de infestação, causando assim grandes danos a planta (Janzen, 1971). Tanto indivíduos adultos, quanto na forma larval, são capazes de se alimentar de sementes, tendo espécies em que ambos os estágios o fazem e outras

restritas a uma das fases, normalmente a larval.

Entre os lepidópteros, Crambidae, Tortricidae e Pyralidae, figuram entre as famílias mais numerosas quanto a espécies que predam sementes. São também generalistas quanto a hábitos alimentares, sendo que a predação de sementes é efetuada principalmente por indivíduos na fase larval (Johnson, 1981).

Para ambos os grupos, a semente representa uma importante fonte alimentar e uma proteção contra o ambiente externo bastante variável. Esta dependência acaba por moldar um complexo cenário evolutivo, onde todos os aspectos envolvidos na interação inseto-planta possuem a capacidade de determinar a ascensão ou o declínio das espécies associadas (Zhang, et al., 1997; Begon et al., 2007).

A maior parte do conhecimento sobre predação de sementes por insetos provem da interação com plantas da família Fabaceae (Johnson, 1981). A esta família pertence *Erythrina falcata* Benth. popularmente conhecida como corticeira ou bico-de-papagaio. É uma árvore de grande porte, com média de altura entre 10 a 20 metros, nativa do Brasil e de outros países da América do Sul, como Argentina e Bolívia. Tem caráter pioneiro sendo utilizada na arborização de parques e cidades, principalmente pela magnitude de sua floração e pelas características de suas flores (Carvalho, 2003). Sua distribuição se estende pela Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Peru. No Brasil, ocorre de forma natural na Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Carvalho, 2003). Por ser nativa, e ter caráter pioneiro é também empregada na restauração de matas ciliares, em locais com inundações periódicas e de rápida duração, bem como na recomposição de florestas degradadas. Seus frutos e sementes também auxiliam na manutenção da fauna silvestre (Carvalho, 2003; Costa e Morais, 2008).

Existem diversos relatos de que sementes de *E. falcata* são predadas por insetos. No entanto, não existe nenhum trabalho que demonstre quais são as espécies envolvidas na predação de sementes e quais são as taxas de predação exercidas por esta guilda de insetos predadores. Desta forma este trabalho teve como objetivo identificar quais são as espécies de insetos que predam as sementes de *E. falcata* no período de pré-dispersão, bem como determinar aspectos da biologia de tais espécies. Este foi o primeiro trabalho a identificar a interação entre insetos relacionados a predação de de sementes e a planta *E. falcata*.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Este estudo foi realizado de setembro de 2010 a março de 2011, com exemplares de *E. falcata* de uma área localizada no município de Reserva do Iguaçu – PR. ($25^{\circ}47'35.00''$ S, $52^{\circ} 6'47.00''$ O). A região é de mata preservada e possui características de floresta estacional semidecidual.

O trabalho de campo e a metodologia padrão ocorreram entre os meses de setembro de 2010 a março de 2011. Inicialmente, foram levantados todos os exemplares de *E. falcata* existentes na região, totalizando 36 árvores. Deste total, foram utilizadas como matrizes de coleta para o experimento, todas as plantas que apresentaram frutificação durante o período experimental, totalizando 5 árvores.

As árvores da qual foram realizadas as coletadas receberam uma nomenclatura para identificação, seguindo a sequência em que se iniciava a frutificação e o ponto onde se localizavam na área de estudo. A nomenclatura para as árvores foi à seguinte: A1 Jordão; A2 Jordão; A3 Jordão; A Foz Jordão; A Copel. A (Figura 1) mostra a localização espacial de cada árvore na área de coleta e a distância em linha reta entre estas.

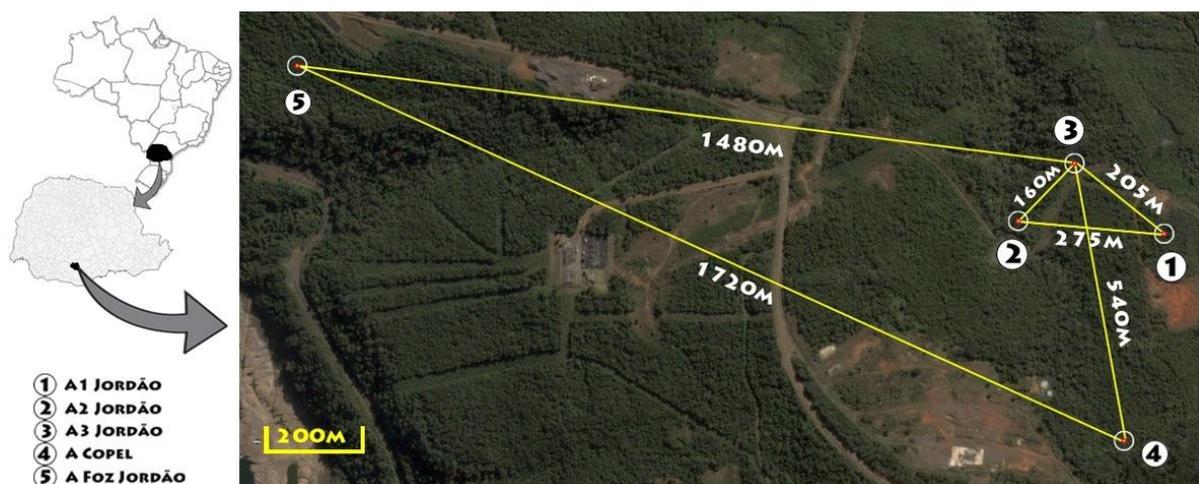


Figura 1: Localização espacial das árvores de *E. falcata* amostradas. Os valores representam a distância (em metros) em linha reta entre cada uma das árvores. (Fonte: Google Maps, 2011).

Coleta e armazenamento das vagens

As coletas de vagens com sementes foram realizadas quinzenalmente abrangendo o período desde o aparecimento das primeiras vagens até quando todas haviam se desprendido da planta. Com o auxílio de tesoura de poda alta com cabo telescópico (“podão”) foram aleatoriamente coletadas 15 vagens por planta/coleta. Estas vagens foram acondicionadas e transportadas até laboratório, localizado na Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO, município de Guarapuava, PR. Um número de vagens extras era também retirado a cada coleta e em laboratório eram dissecadas para avaliar aspectos de maturação das sementes e outros relacionados aos danos causados pelos insetos predadores das sementes.

Em laboratório, as vagens foram separadas por planta/coleta, acondicionadas em recipientes capazes de evitar a fuga das larvas e insetos adultos emergentes.

Inicialmente, durante as primeiras três coletas, as vagens foram individualizadas em garrafas pet e tampadas com pano tulê. Esta metodologia não evitava a proliferação de fungos, devido ao acúmulo de umidade, o que levava ao apodrecimento das vagens e morte das larvas antes que estas terminassem seu desenvolvimento e se tornassem adultos, necessários para identificação.

A partir da quarta coleta, houve uma mudança na metodologia, com as vagens sendo acondicionadas em caixas de papelão vedadas ao fundo e lateralmente, e tampadas com pano tulê. Esta metodologia se mostrou mais eficaz, pois permitia a absorção de parte da umidade da vagem pelo papel, o que impediu a proliferação de fungos e com isso o não apodrecimento das vagens permitindo o desenvolvimento das larvas até o estágio adulto, passando a ser utilizada até o fim do experimento.

Vistorias diárias foram realizadas nas caixas, na busca de adultos que emergissem das pupas. Foi observado que com o passar dos dias, as larvas deixavam as vagens e empupavam no papel das caixas nas quais estavam acondicionadas. Como as caixas eram diariamente vistoriadas e as vagens constantemente retiradas e novamente colocadas, os indivíduos encontrados empupados no papel da caixa foram cuidadosamente transferidos para placas de petri individuais, tendo todos os dados com relação à identificação e data que empuparam anotadas. Este procedimento visou evitar que as larvas empupadas pudessem morrer esmagadas pelo peso e/ou manuseio das vagens nas caixas.

O teste t foi utilizado para examinar a existência de diferença na predação de sementes entre os estágios de desenvolvimento, verde e maduro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este foi o primeiro trabalho que buscou elucidar aspectos da interação entre a planta *E. falcata* e os insetos que predam suas sementes. Pesquisas e publicações com as espécies em questão são raras, dificultando o levantamento bibliográfico. Ressalta-se a importância das informações levantadas. Os dados biológicos da interação são também essenciais, sendo precursores e necessários a demais estudos com enfoques específicos.

Espécies predadoras de sementes

Ao total cinco espécies de insetos foram encontradas predando sementes de *E. falcata*. Destas espécies, três pertencem a Ordem Lepidoptera e foram identificadas a nível de espécie, e duas a ordem Coleoptera, sendo uma identificada a nível de espécie e outra de gênero (Tabela 1).

Houve também a eclosão de uma espécie de Hymenoptera, identificada a nível de gênero como *Macrocentrus* sp. Esta espécie é parasitóide de larvas de Lepidoptera (Lima, 1962; Alves, 2004; Krugner et al., 2005;) Os aspectos relacionados a biologia e comportamento desta espécie parasitóide são discutidos no capítulo 3.

Tabela 1: Composição taxonômica de insetos encontrados predando as sementes de *E. falcata* durante o período de setembro de 2010 a março de 2011.

| Ordem | Família | Gênero/Espécie |
|-------------|---------------|-------------------------------|
| Lepidoptera | Crambidae | <i>Agathodes designalis</i> |
| Lepidoptera | Crambidae | <i>Liopasia ochracealis</i> |
| Lepidoptera | Crambidae | <i>Terastia meticulosalis</i> |
| Coleoptera | Silvanidae | <i>Cathartus quadricollis</i> |
| Coleoptera | Tenebrionidae | <i>Paratenetus</i> sp. |

Aspectos Biológicos das espécies predadoras de sementes

Lepidoptera:

Liopasia ochracealis (Walker, [1866])

A espécie *L. ochracealis* (Figura 2 A e B) pertence à família Crambidae, subfamília Spilomelinae, que é composta por mariposas geralmente pequenas ou de

porte médio e de cores pouco vistosas. Apresenta representantes na América do Sul, sendo que a família e subfamília são citadas na literatura em interações fitofágicas com diversos grupos vegetais (Lima, 1950).

Agathodes designalis (Guenée, 1854)

A espécie *A. designalis* (Figura 2 C e D) também pertence à família Crambidae, subfamília Spilomelinae. Apresenta uma crisálida de cor castanha escura atingindo 1,3 cm de comprimento envergadura de asa de 4 cm para fêmeas e 3 cm para machos com o comprimento do corpo de 2 cm para fêmeas e 1,4 cm para machos possuindo cores sombrias e pouco vistosas (Poderoso et al., 2008).

São poucos os estudos encontrados com relação à esta espécie. No Brasil, Poderoso et al. (2008) registram a presença de larvas de *A. designalis* alimentando-se da epiderme e medula do caule de plantas de mulungu, *Erythrina velutina*, em um viveiro de mudas de espécies florestais nativas, no município de São Cristóvão, Sergipe. As larvas alimentam-se formando galerias e que esta ação danosa só terminava quando empupavam no interior da galeria (Poderoso et al., 2008). A presença desta espécie causa a morte da muda atacada. Assim, *A. designalis* é uma praga potencial com importância econômica e a inclusão nos programas de vigilância fitossanitária e manejo integrado de pragas de essências florestais (Poderoso et al., 2008). Lima (1950) cita a espécie *A. designalis* alimentando-se de folhas de *E. cristagalli*. *A. designalis* Também é citada em levantamentos censitários de espécies em países como em Cuba (Núñez, 2004) e Galápagos (Roque-Álbelo e Landry, 2011) demonstrando ter uma ampla distribuição geográfica.

Terastia meticulosalis (Guenée, 1854)

Pertencente também à família Crambidae, subfamília Spilomelinae, é um gênero próximo ao de *Agathodes* (Lima, 1950). É conhecida popularmente como mariposa escorpião, devido a posição de seu abdômen distintamente curvado para cima e asas entreabertas enquanto em repouso. A espécie *T. meticulosalis* (Figura 2 E e F) assim como *A. designalis* tem sua alimentação larval relacionada a estruturas vegetais. Zanuncio et al. (2009) associam a espécie à predação da epiderme de mudas de mulungu (*Erythrina velutina*). A larva penetra no caule das mudas, apresentando o mesmo comportamento de *A. designalis*, atingindo seu completo

desenvolvimento e empupando no interior da galeria formada. Tal ação leva à parcial ou total inviabilidade das mudas tornando-a também uma espécie de potencial interesse econômico.

É uma espécie cosmopolita, registrada em levantamentos de espécies no Havaii (Swezey, 1923), Índia (Tweedie, 1933) África (Rathore e Fellow, 1995), Equador (Padrón, 2006) e no Brasil, em Minas Gerais (Lima, 1950) e Rio de Janeiro (Zanuncio et al., 2009). Para o estado do Paraná, não foram encontrados registros da espécie.

Swezey (1923) relatou a presença da espécie predando vagens e sementes imaturas de *Erythrina monosperma* no Havaii. A predação no período pré-dispersivo levava a inviabilidade de considerável porcentagem de sementes, diminuindo a possibilidade de germinação e diminuindo a atração de potenciais dispersores. Rodriguez (1993) cita a presença de *T. meticulosalis* alimentando-se de sementes e folhas de capá-branco (*Petitia domingensis*) Cuba. Este autor cita que nesta espécie o lepidóptero é causador de grandes prejuízos em a planta, inviabilizando sementes e prejudicando o crescimento da folhagem.

Coleoptera:

Cathartus quadricollis (Guérin-Meneville, 1844)

A espécie *C. quadricollis* (figura 3 A e B) pertence a ordem Coleoptera, família Silvanidae. Tal família é relacionada na literatura a severos danos a grãos armazenados, tanto *in natura*, quanto aos subprodutos (Pereira e Salvadori, 2006). É um inseto de coloração marrom, medindo de 2 a 3 mm de comprimento. Possui um pronoto quadrado e é a menor e mais comum praga de uma grande variedade de produtos, incluindo cereais, frutos secos e cacau. É cosmopolita, sendo registrado em diversas regiões do planeta. Aprecia temperaturas altas e regiões tropicais, tais como o Sul dos Estados Unidos, América Central e o Oeste da África, onde é registrado predando grãos de milho tanto no campo quanto armazenado (Haines, 1991).

No Brasil, alguns estudos evidenciam a presença e danos causados por esta espécie como o de Picanço . (1994) que descrevem a Intensidade de ataque de *C. quadricollis* a 49 populações de milho de polinização aberta. Allotey e Morris (1993) analisaram a biologia da espécie em diferentes tipos de grãos, tanto em campo quanto armazenados. Sousa et al. (2009) avaliaram a influência da temperatura e tipo de alimento sobre o crescimento de populações de *C. quadricollis* associados a a

grãos de milho, trigo, sorgo arroz e farinha de milho, onde a temperatura influenciou na dinâmica de crescimento populacional da espécie, indicando que esta espécie tem potencial reprodutivo para se tornar uma praga de produtos armazenados.

Apesar de vários estudos associarem *C. quadricollis* ao consumo de grãos de diversas espécies tanto no campo, quanto estocados, não existem registros que relacionem a espécie a predação das sementes de *E. falcata* sendo este o primeiro registro deste tipo de interação entre estas espécies.

Paratenetus sp.

O gênero *Paratenetus* é alocado na família Tenebrionidae, subfamília Lagrinae que tem um diverso número de espécies, amplamente distribuídas principalmente na região neotropical. O gênero *Paratenetus* pertence à subfamília Lagriinae. Geralmente vivem em lugares secos (xerofilia), sendo associados a danos em produtos estocados, tendo aspectos cores e tamanhos variáveis, exoesqueleto relativamente espesso e duro, fosco ou brilhante, quase sempre desprovido de pilosidade (Lima, 1955).

É um gênero com uma posição taxonômica ainda não muito bem definida, e que necessita de uma revisão taxonômica. As informações sobre o gênero são praticamente nulas e em geral de caráter taxonômico. A espécie encontrada é diminuta, medindo 5 milímetros de comprimento por 2 milímetros de largura (figura 3 C e D). Possui coloração marrom escura e são bastante ativos.

Existem aproximadamente 18 espécies descritas no gênero: *P. constrictus*; *P. cribratus*; *P. crinitus*; *P. denticollis*; *P. denticulatus*; *P. fuscus*; *P. gibbipennis*; *P. grandicornis*; *P. inermis*; *P. lebasi*; *P. nigricornis*; *P. obovatus*; *P. punctatus*; *P. punctulatus*; *P. ruficornis*; *P. tibialis*; *P. tropicalis*; *P. tuberculatus*. Várias delas são relacionadas na literatura como pragas de produtos secos armazenados, especialmente grãos de cereais e farinhas. Alguns têm sido citados como causadores de estragos também a sementes de plantas diretamente no campo (Ferrer e Odergaard, 2005) como é o caso da espécie encontrada.

Este foi o primeiro registro das espécies, *A. designalis*, *L. ochracealis*, *T. meticulousalis*, *C. quadricollis* e *Paratenetus* sp. envolvidos com a predação das sementes de *E. falcata*.

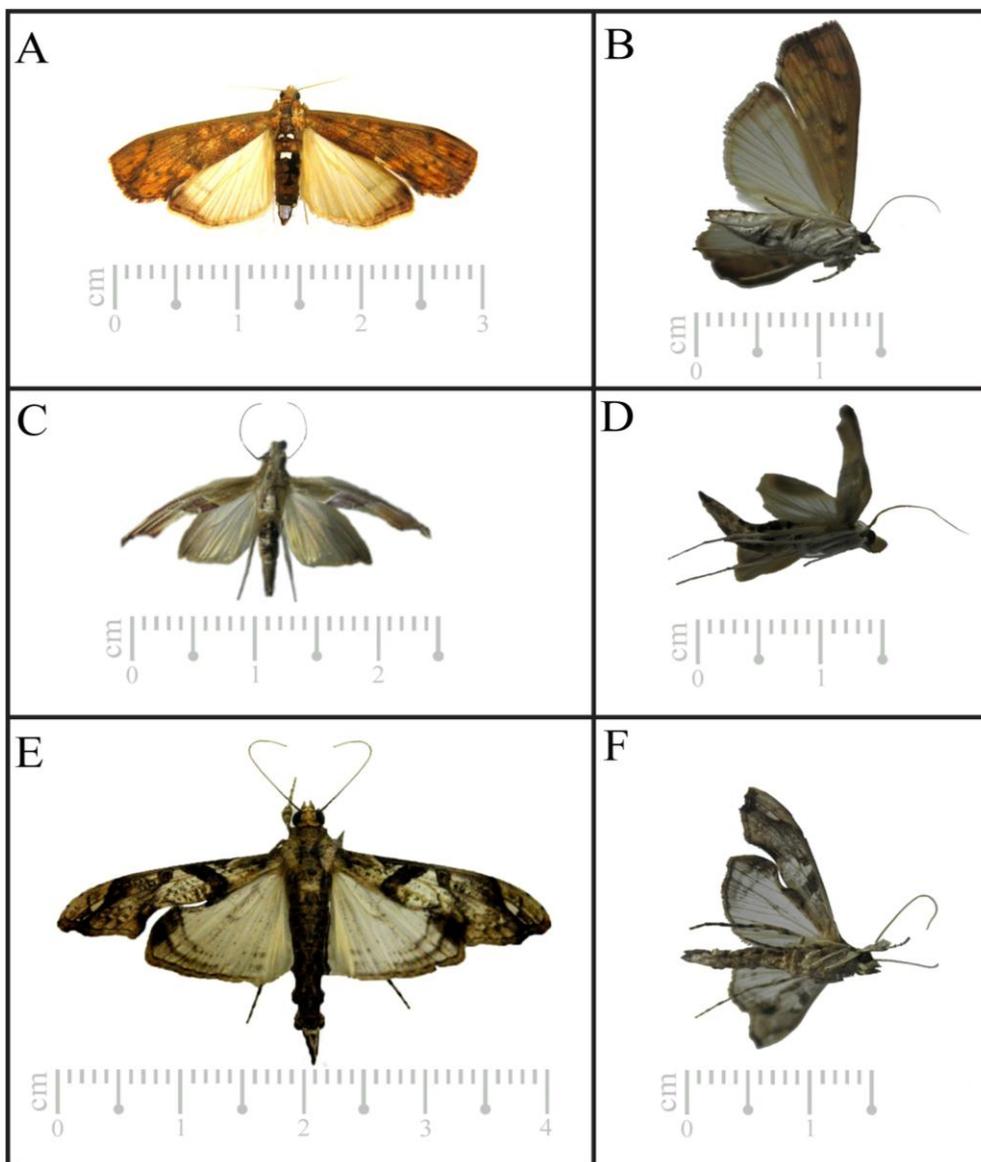


Figura 2: Espécies de Lepidoptera predadoras de sementes de *E. falcata*. *Liopasia ochracealis*, visão dorsal (A) e lateral (B). *Agathodes designalis*, visão dorsal (C) e lateral (D). *Terastia meticulosalis*, visão dorsal (E) e lateral (F). Fotos: Cristiano Marcondes Pereira.

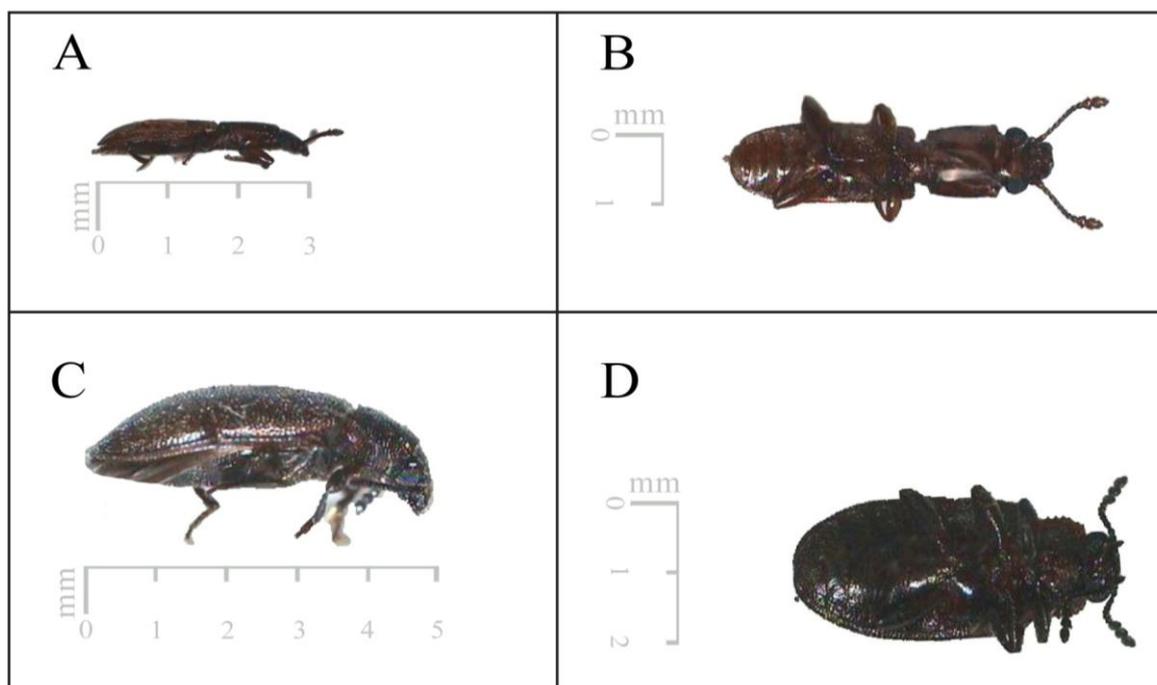


Figura 3: Coleópteros predadores de sementes de *E. falcata*. *Cathartus quadricollis*, visão lateral (A) e dorsal (B). *Paratenetus* sp. visão lateral (C) e dorsal (D). Fotos: Cristiano Marcondes Pereira.

Ocorrência de espécies

Entre os Lepidópteros, a espécie mais abundante foi *L. ochracealis*, seguida de *T. meticulosalis* e *A. designalis*. Já entre os coleópteros, foi menor a ocorrência de *C. quadricollis*, sendo *Paratenetus* sp. a espécie mais encontrada (tabela 2)

Tabela 2: Número total de indivíduos para cada uma das espécies de insetos predadores de sementes que eclodiram das vagens de *E. falcata*.

| Espécie/Gênero | Nº de indivíduos |
|-------------------------------|------------------|
| <i>L.ochracealis</i> | 20 |
| <i>T.meticulosalis</i> | 16 |
| <i>A. designalis</i> | 7 |
| <i>Paratenetus</i> sp. | 107 |
| <i>Cathartus quadricollis</i> | 14 |
| Total | 164 |

Os insetos predadores de sementes de *E. falcata* não foram encontradas em todas as árvores amostradas. Entre os lepidópteros, *A. designalis* foi à espécie menos frequente, ocorrendo apenas em A Copel; *T. meticulosalis* esteve ausente apenas em A1 Jordão e *L. ochracealis* foi encontrada predando sementes em todas as árvores amostradas. Quanto aos coleópteros, *Paratenetus* sp. foi observado em todas as árvores, enquanto *C. quadricollis* ficou restrito apenas a A2 Jordão (Tabela 3).

Tabela 3: Ocorrência das espécies de insetos relacionadas a predação de sementes de *E.falcata*.

| Árvore | Lepidoptera | | | Coleoptera | |
|--------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| | <i>A. designalis</i> | <i>L. ochracealis</i> | <i>T. meticulosalis</i> | <i>C. quadricollis</i> | <i>Paratenetus</i> sp. |
| A1 Jordão | | X | | | X |
| A2 Jordão | | X | X | X | X |
| A3 Jordão | | X | X | | X |
| A Foz Jordão | | X | X | | X |
| A Copel | X | X | X | | X |

Pupas não emergidas

Das larvas provenientes das vagens com sementes de *E. falcata*, que empuparam, até o início do mês de novembro de 2011, 72 permanecem em diapausa,. A constatação de que os indivíduos empupados ainda estavam vivos, se deu pela retirada aleatória e posterior dissecação de 10 pupas ao final do experimento, no mês de junho de 2011. O resultado mostrou que a grande maioria permanecia viva (9 dos 10 indivíduos), o que é provavelmente válido para as demais que permaneceram empupadas e não foram dissecadas.

Das 62 pupas restantes, 3 eclodiram posteriormente. Trata-se de um indivíduo da espécie *T. meticulosalis*, que empupou em 05/11/2010 e eclodiu no dia 15/07/2011, depois de passar 253 dias empupado, e dois indivíduos da espécie *L. ochracealis* que empuparam nos dias 26 e 29/12/2010 e eclodiram em 30/07/2011 e 07/08/2011, depois de terem passado empupados 217 e 222 dias, respectivamente. Dos indivíduos em questão, todos foram provenientes de vagens verdes. *T. meticulosalis*, da árvore A Foz Jordão e *L. ochracealis* da árvore A Copel.

Comportamento das espécies predadoras de sementes

As espécies de lepidópteros e coleópteros encontradas predando sementes de *E. falcata* quando presentes ocorreram de forma simultânea. Este fato é comprovado pela eclosão de insetos adultos de todas as espécies de sementes de todas as coletas realizadas. No entanto, houve diferença na presença de cada um dos grupos com relação ao estágio de maturação das vagens e sementes. Independente da assincronia no período de início de frutificação entre as árvores, todas apresentaram o mesmo padrão, com as espécies de lepidópteros *A. designalis*, *L. ochracealis* e *T. meticulosalis*, predando as sementes que estavam verdes e em processo de formação, e os coleópteros *C. quadricollis* e *Paratenetus* sp. sendo encontrados somente em sementes que já estavam maduras e inteiramente desenvolvidas.

Outra diferenciação entre os grupos esta na forma de predação. Larvas de lepidópteros perfuram a vagem (Figura 4 A e B) consumindo seu conteúdo até atingirem à semente e dela se alimentarem. Existe preferência da larva por um sítio de início do ataque a semente, começando a se alimentar pelo lado contrário ao que penetraram na vagem. (Figura 4 C). Esta é provavelmente uma adaptação contra o parasitismo efetuado por himenópteros, pois o início da predação pelo lado oposto do

orifício deixado na vagem, dificulta e/ou impede que o ovipositor do parasitóide alcance a larva do inseto que esta predando a semente.

As larvas se alimentam do conteúdo interno da semente (Figura 4 D, E e F) para só então predarem outra. A dissecação das vagens mostrou que as sementes têm na maioria das vezes todo o seu endosperma consumido, sendo menos frequente a visualização de sementes parcialmente predadas. Quando verdes, até mesmo o tegumento externo serve de alimento para as larvas. O que resta na vagem são excrementos das larvas e o local onde se encontrava a semente (Figura 4 G).

Nas dissecações de vagens, foi observada somente uma larva de lepidóptero se alimentando de cada semente, sendo comum encontrar mais de uma larva da mesma espécie ou de espécies diferentes na mesma vagem, mas não predando a mesma semente.

Entre os coleópteros o comportamento de predação de sementes foi diferente, sendo observado apenas para a espécie *Paratenetus* sp. que devido a sua maior abundância possibilitou um maior número de observações. Tanto as larvas e principalmente indivíduos adultos se alimentam das sementes de *E. falcata*. Outra diferença foi o número de insetos utilizando o mesmo recurso, com vários indivíduos, tanto de larvas quanto adultos, se alimentando de uma mesma semente, (Figura 5).

Existe uma diferenciação na predação das sementes entre larvas e adultos de *Paratenetus* sp. larvas se alimentam de sementes maduras, que estão se decompondo e também são encontradas em locais onde as sementes foram predadas por lepidópteros, se alimentando de excrementos deixados (Figura 4 G e 5 A).

Os adultos se alimentam apenas de sementes maduras, mas que não estavam em decomposição. Só se alimentam de sementes que apresentam o endosperma, acessível. Esta condição estava frequentemente ligada a predação parcial da semente, efetuada por larvas de lepidópteros.

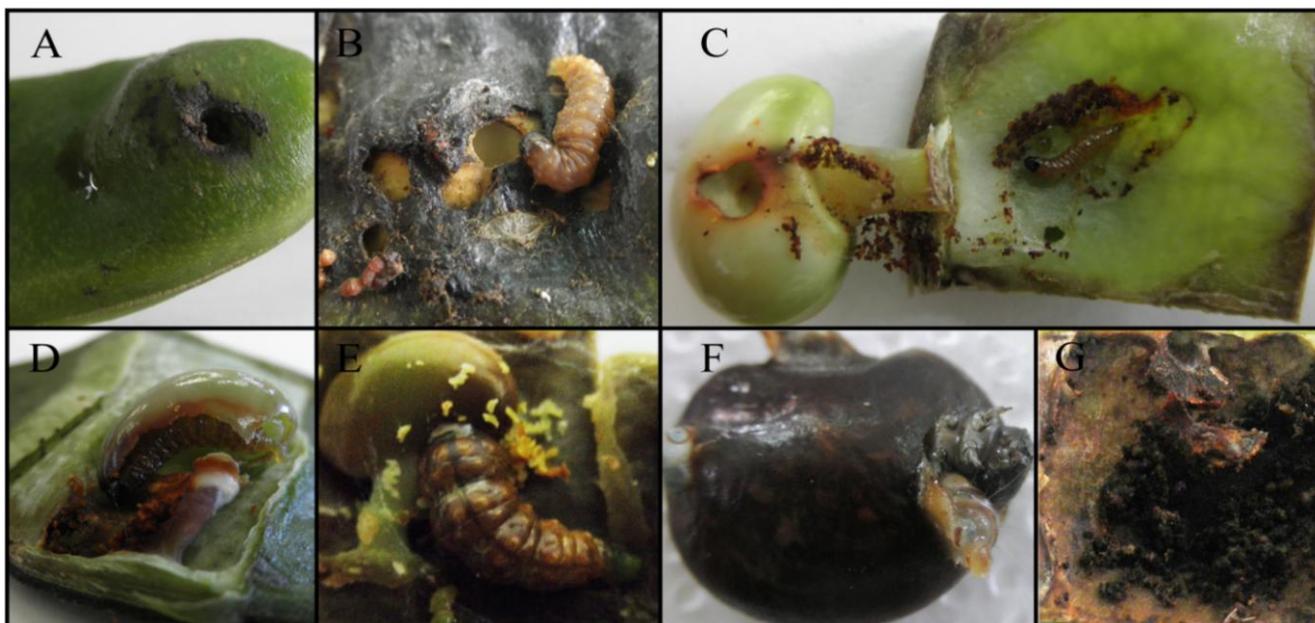


Figura 4: Danos causados por larvas de insetos as vagens e sementes de *Erythrina falcata*. (A) e (B) Local de entrada da larva na vagem; (C) Início da predação da semente sendo efetuado pelo lado oposto ao local de entrada da larva na vagem; (D) e (E) larvas se alimentando de todo o endosperma e tegumento das sementes; (F) A larva acaba penetrando inteiramente na a semente durante o processo de predação; (G) Ao final do processo de alimentação, o que resta são apenas excrementos da larva no local onde se encontrava a semente. Fotos: Cristiano Marcondes Pereira.



Figura 5: (A) Larvas e (B) adultos do coleoptero *Paratenetus* sp; (C) Indivíduos adultos de *Paratenetus* sp se alimentando do endosperma de uma semente de *E. falcata*. Fotos: Cristiano Marcondes Pereira.

O comportamento de *Paratenetus* sp. mostra que os danos causados as sementes de *E. falcata* não ocorrem devido a sua ação, mas pela predação imposta por larvas das espécies de lepidópteros, enquanto as vagens e sementes ainda estão verdes. A análise individual dos dados de cada árvore amostrada indicou que existe diferença na predação das sementes entre os estágios de maturação, verde e maduro, para todas as plantas: A1 Jordão ($t_{51,60} = -6,18$; $p < 0,01$); A2 Jordão ($t_{63,82} = -6,20$; $p < 0,01$); A3 Jordão ($t_{63,19} = -2,67$; $p < 0,01$); A Foz Jordão ($t_{40,100} = -7,08$; $p < 0,01$); A Copel ($t_{40,60} = -3,01$; $p < 0,01$).

Os gráficos apresentados na (figura 6) mostram a análise individual da predação de sementes para cada árvore amostrada, para cada coleta.

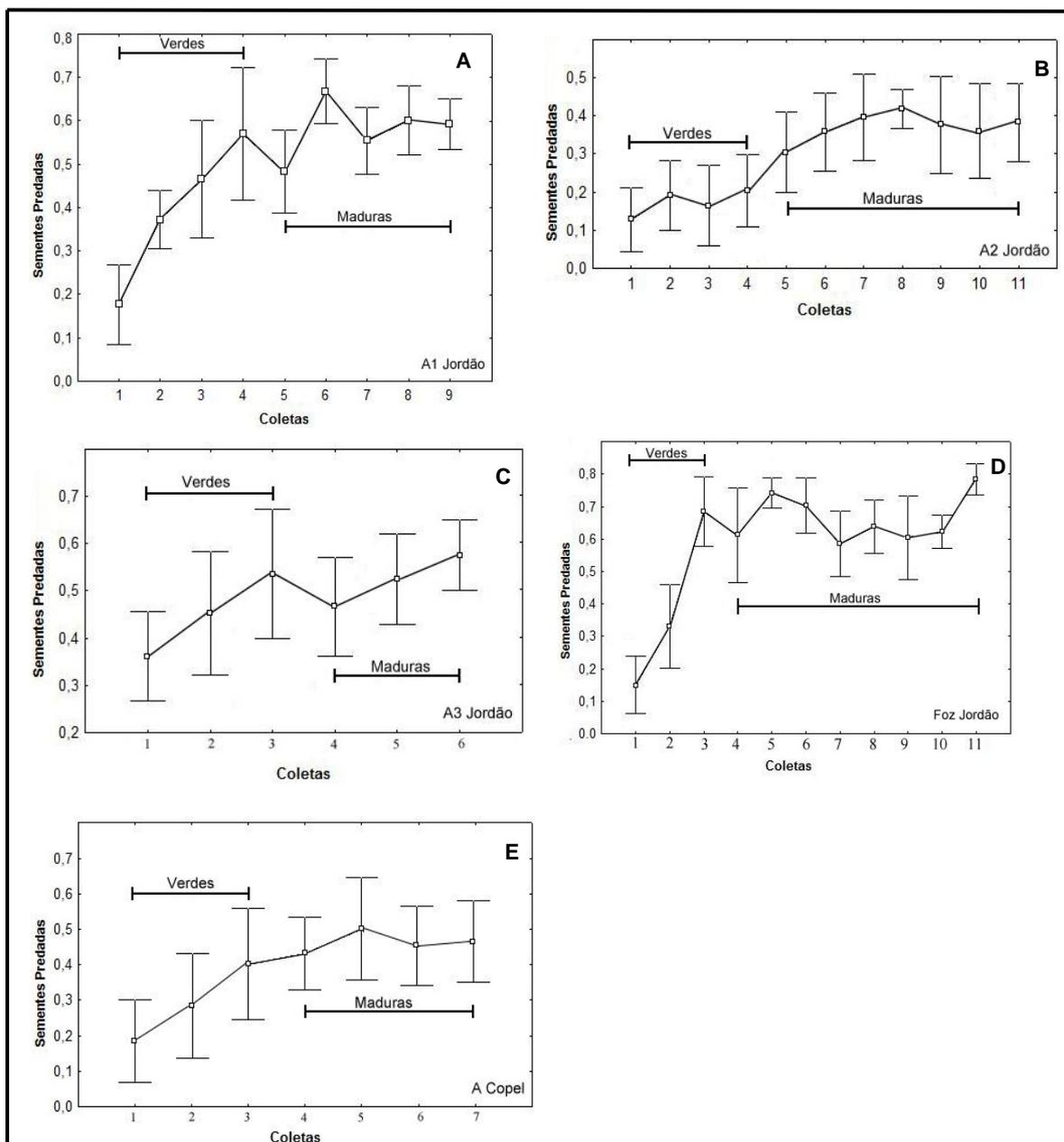


Figura 6: Análise individual das taxas de predação de sementes de *E. falcata* para cada árvore amostrada. Árvores: A1 Jordão (A); A2 Jordão (B); A3 Jordão (C); A Foz Jordão (D); A Copel (E). Valores representados pela média \pm desvio padrão para cada coleta. Barras horizontais indicam as características de maturação das sementes, diferenciando em verdes e maduras. Escalas verticais (sementes predadas) diferenciadas devido à variação nas taxas de predação. Escalas horizontais (Coletas) possuem valores diferenciados devido a variação no tempo de frutificação e consequentemente no número de coletas realizado em cada árvore amostrada.

O número de coletas realizadas variou para cada árvore de *E. falcata* amostrada devido aos períodos desiguais de frutificação entre as plantas. Para a planta A1 Jordão, foram realizadas 9 coletas, sendo que as sementes estavam verdes até a quarta amostragem. Para a árvore A2 Jordão, assim como A Foz Jordão, foram realizadas 11 coletas, sendo que A2 Jordão apresentou sementes verdes até a quarta coleta e A Foz Jordão até a terceira. O menor número de coletas, que foi de 6

amostragens, ocorreu em A3 Jordão, seguida por A Copel, com 7 coletas. Para ambas as plantas, as sementes estavam verdes durante as três primeiras amostragens.

Abundância de espécies predadoras

Diferentes fatores podem estar relacionados a questão de que espécies de lepidópteros e coleópteros não tenham eclodido de vagens de todas as árvores amostradas. O primeiro deles pode ser a partilha de nicho dentro da área amostrada, onde as espécies acabam se agrupando próximas ao recurso, levando a maior possibilidade de encontro de indivíduos da mesma espécie e conseqüentemente maior capacidade de reprodução. Deste modo, as espécies acabam aumentando em densidade populacional em diferentes locais, o que dependendo de sua capacidade de dispersão e da distância do recurso, no caso, outra planta de *E. falcata* frutificando, leva as espécies a permanecerem em uma única árvore ou grupo de plantas próximas.

A competição ou outro fator relacionado pode fazer com que as espécies dominantes excluam as demais ou as mantenham em baixas densidades, não detectáveis. Serrano et al. (2001) descrevem esta relação entre larvas de lepidópteros da família Noctuidae que se alimentam do fruto e das sementes de *Cistus ladanifer*. Comenta que a mortalidade em frutos onde havia mais de uma larva se alimentando, foi o dobro daquela visualizada em frutos com apenas um indivíduo, onde não havia competição por recurso. Sugere que a competição intra-específica entre as larvas poderia ser o fator que aumentava a mortalidade

Outra hipótese é de que a baixa abundância natural de algumas das espécies de insetos predadores de sementes encontradas, não tenha permitido sua detecção em todas as árvores amostradas. Esta constatação é justificável pelo fato de que todas as árvores de *E. falcata* presentes na área e que apresentavam frutificação, representam uma fonte de alimento para as larvas de insetos. A distância entre as árvores é provavelmente superável pelos insetos adultos, principalmente lepidópteros, o que permitiria o fluxo de indivíduos entre as árvores e com isso a presença das espécies em todas as plantas amostradas. Árpád et al. (2006) indicam que populações de insetos predadores de sementes podem ter sua abundância influenciada por fatores não relacionados a interações, como por exemplo sua raridade natural no ambiente.

Fatores intrínsecos de cada espécie estão ligados a sua capacidade de reprodução e abundância populacional. Desta forma, espécies mais abundantes

provavelmente possuem adaptações que os permitem melhor se reproduzir, ou utilizar de melhor forma os recursos disponíveis, do que espécies de detecção mais rara.

A possível relação entre ausência de espécies e sua frequência natural pode ser observada nas (tabelas 2 e 3). As espécies que foram encontradas em todas as árvores amostradas que são *L. ochracealis* e *Paratenetus* sp, são também aquelas com maior número de indivíduos coletados (12,2% e 65,2% respectivamente). *T. meticulousalis* apenas não foi encontrada na planta A1 Jordão e foi a terceira com maior número de indivíduos amostrados, (9,7%). As duas espécies que estiveram restritas a uma única árvore foram *A. designalis* e *C. quadricollis*, sendo estas também as que tiveram menor representatividade em número total de indivíduos (4,3 e 8,6% respectivamente).

Espécies menos comuns podem ter um menor tempo de interação e adaptação quanto predação de sementes de *E. falcata*. Estas espécies mais raras, principalmente *A. designalis* e *C. quadricollis* podem também não ter *E. falcata* como principal planta hospedeira, sendo generalistas, utilizando sementes de outras árvores como alimento, e esporadicamente, pelo acaso ou por falta de outras plantas hospedeiras na área, se alimentem de sementes de *E. falcata*.

Fenner (2000) cita que insetos predadores de sementes que são generalistas, estão mais comumente relacionados à predação de sementes no período de pós-dispersão, mas que também existe um grande número de espécies com este comportamento no período pré-dispersivo. Boieiro et al. (2010) descrevem a interação do hemíptero *Cydnus aterrimus*; um inseto generalista que utiliza as sementes de plantas do gênero *Euphorbia* como alimento, principalmente na pré-dispersão. Cita que o comportamento generalista faz com que esta espécie seja encontrada em baixas densidades populacionais em cada planta, sendo mesmo assim responsável por elevados níveis de danos as sementes.

Um dos motivos ligados à menor quantidade de insetos adultos amostrados no trabalho foram as larvas que se desenvolveram até o estágio de pupa, entrando em diapausa, e na grande maioria, neste estado ainda permanecendo.

Entre as hipóteses que podem ser levantadas para explicar esta questão, a mais provável se relaciona ao estresse causado as larvas e mudanças nas características das vagens. O transporte, manipulação e armazenamento das vagens em laboratório causam interferências no desenvolvimento normal do ciclo dos indivíduos. As mudanças morfológicas e fisiológicas que ocorrem nas vagens e sementes com o passar dos dias é mais acelerado quando estas não estão recebendo

nutrição da planta e as vagens e sementes rapidamente desidratam, ficando mais rígidas e perdendo suas propriedades nutritivas. Sarfati (2008) cita que mudanças ambientais, bem como fisiológicas e morfológicas da condição de plantas hospedeiras, são fatores que podem levar insetos predadores de sementes a entrarem em um estágio de diapausa. Jõgar et al. (2005) descrevem que neste estágio, as larvas acabam diminuindo sua taxa metabólica, economizando energia e conseguindo sobreviver por mais tempo empupados.

Um indivíduo que esteja próximo ao fim do seu desenvolvimento larval, consegue se alimentar das vagens e sementes antes que estas não sejam mais apropriadas ao seu consumo e com isso progridem a próxima fase de seu ciclo holometábolo, empupando e por fim tornando-se adultos. Indivíduos que estão no início de seu desenvolvimento larval, não conseguirão atingir o final de seu desenvolvimento antes que a vagem e as sementes se tornem inapropriadas para o seu consumo, tendo como alternativa, empuparem, entrando em um estado de quiescência, reduzindo sua atividade de crescimento e desenvolvimento.

Além do estresse fisiológico, a sobreposição de nichos entre as espécies e consequente competição por recursos, pode explicar a diapausa das larvas. Como o recurso está agrupado em um determinado local no tempo e espaço, que são as árvores frutificando, ali também haverá concentração de larvas de insetos predadores de sementes. Ainda que o inseto adulto possa ter uma estratégia de ovipositar preferencialmente em vagens sem sinais de predação, com o decorrer da frutificação, chega um momento em que a maioria das vagens esta tendo ao menos parte de suas sementes predadas. Serrano et al. (2001) demonstraram que larvas de Noctuideae não evitam frutos de *C. ladanifer* que já contenham larvas predando, mantendo porém, uma distância co-específica das demais larvas, dentro do mesmo fruto.

Em dissecações de vagens em laboratório, rotineiramente se observou mais de uma larva se alimentando de sementes em uma vagem. Esta condição provavelmente leva os indivíduos a competirem intra e interespecificamente por sementes ali presentes. Dentro da mesma espécie, larvas que estejam em um estágio mais avançado de desenvolvimento provavelmente irão sobrepujar as demais, pois conseguem se alimentar mais rapidamente das sementes. Entre espécies diferentes, o mesmo pode acontecer caso haja diferenças nos estágios de desenvolvimento entre elas. Caso estejam no mesmo grau de desenvolvimento, a espécie que irá conseguir progredir no ciclo é aquela com maior valor adaptativo com relação a estruturas e comportamento associados à predação das sementes, restando as demais larvas,

empuparem na tentativa de não morrerem por inanição.

Pode-se também neste caso, cogitar a passagem da larva de uma vagem para outra, no intuito de ter acesso a mais sementes e assim completar seu ciclo de vida. Porém, quando se considera a baixa e lenta capacidade de locomoção das larvas e as condições adversas de uma situação de ambiente natural, com variáveis climáticas, associadas a predadores naturais, como pássaros e outros insetos, torna-se improvável que este processo ocorra. Serrano et al. (2001) corroboram esta idéia afirmando que larvas de noctuideos evitavam a passagem entre frutos de *C. ladanifer* possivelmente devido ao alto risco de serem predados durante o deslocamento. Isto aumentava a infestação e a competição intra-específica dentro de cada fruto e por consequencia, a mortalidade larval.

Beck, (1968) *apud* Sarfati,(2008) relata que certas espécies podem apresentar diapausa facultativa, um fenômeno que pode ou não ocorrer em um indivíduo ou em uma população, sendo a ocorrência deste processo dependente de condições ambientais estabelecidos durante estágios críticos de desenvolvimento do inseto, como variações climáticas e escassez ou inexistência de fontes alimentares. Esta questão corrobora a hipótese de diapausa relacionada ao estresse e a competição por recursos, que foram enfrentadas por larvas que predam as sementes de *E. falcata*.

Os resultados também mostram que mesmo em baixas densidades, é possível que indivíduos acabem por algum fator empupando e permanecendo nesta fase por um longo período de tempo, emergindo inclusive durante a frutificação da mesma planta no ano seguinte. Boieiro et al. (2010) relatam a interação da planta *Euphorbia characias* e o inseto predador de sementes de *Eurytoma jaltica*. Ele descreve que a larva do inseto é encontrado alimentando-se das sementes durante os meses de abril e maio. Quando aproxima o final da frutificação, as larvas após se alimentarem do conteúdo interno, empupam dentro da semente, sendo que os adultos somente emergem na primavera seguinte quando as sementes estão novamente disponíveis. Relata que apesar deste comportamento ser corriqueiro da espécie, não é alto o número de indivíduos que acaba conseguindo eclodir no ano seguinte. É possível que este comportamento também esteja presente nas espécies que predam as sementes de *E. falcata*. O tamanho da semente, no entanto, não é condizente com o da larva, sendo que neste caso os indivíduos necessitariam empupar dentro da vagem, fato este que foi por vezes visualizado em dissecações de vagens secas.

Sarfati (2008) relata que o tipo mais comum e ocorrente de diapausa é chamado de diapausa simples e normalmente tem a duração de um ano. Esta

relacionada a condições ambientais tais como recursos alimentares, condições climáticas, que no momento não são adequados. Mesmo em baixo número de casos, os dados mostram que é possível que estas espécies conseguem entrar em um estado de diapausa e sobrevivem por um longo período de tempo no estágio de pupa e emergirem, tornando-se insetos adultos.

Quanto as larvas que continuam empupadas Satake e Bjornstad (2004) citam um fenômeno, chamado de diapausa prolongada, onde o tempo de duração da diapausa é variável na população, sendo fixa para cada fenótipo. Desta forma, o fator biológico que leva o indivíduo a sair deste estado de quiescência é específico para cada um. Denomina este comportamento como efeito de repartição de riscos, onde os indivíduos por não eclodirem todos ao mesmo período, acabam por diminuir a competição intra-específica por recursos. Esta condição poderia ser refutada devido a falta de sementes como fonte de alimento para aqueles indivíduos que eclodissem fora do período de frutificação, fenômeno conhecido como sincronização espacial (Satake e Bjornstad, 2004). As árvores de *E. falcata* amostradas apresentaram grande assincronia nos períodos de frutificação, o que permite maior probabilidade de encontro de sementes por parte do predador, independente do período da eclosão. Um estudo mais acurado dos fatos é necessário, para corroborar ou refutar tais hipóteses.

Comportamento dos predadores de sementes

A presença de todas as espécies predando sementes de *E falcata*, demonstra que apesar de existir um processo sucessional na predação das sementes com relação aos grupos, com os lepidópteros se alimentando apenas de sementes verdes e coleópteros de sementes maduras, não existe uma diferenciação ou preferência alimentar dentro de cada um dos grupos. O que ocorre é a formação de guildas ecológicas de insetos relacionadas à predação das sementes, pela estreita relação entre a planta e a especialização dos grupos hospedeiros, ou como consequência da predação exercida. (Árpád et al, 2006). Ocorre ainda a formação de sub-guildas, onde os lepidópteros e coleópteros exploram o mesmo recurso que são as sementes de *E. falcata*, mas em períodos diferentes, conforme o estágio de maturação.

Spironello et al. (2004) trabalharam com *Aniba rosaeodora* (Lauraceae) demonstrando uma interação inversa à encontrada, onde duas espécies de

coleópteros não identificados, se alimentam das sementes somente enquanto estavam verdes, sendo responsáveis pela maior porcentagem de predação. Hill (1990) cita casos de interações similares, que foram utilizadas no controle biológico de espécies praga, como a introdução do besouro corculionídeo *Exapion ulicis* e do lepidóptero *Cydia succedana* na Nova Zelândia, na tentativa de tentar conter o crescimento populacional da fabácea invasora *Ulex europaeus*. A predação efetuada por ambas as espécies ocorria apenas sobre as sementes verdes da planta, mas era tão efetiva que acabava por eliminar quase que 100% da produção.

O fato das espécies de lepidópteros limitarem-se à predação das sementes verdes de *E. falcata*, diminui o tempo de possibilidade de utilização do recurso, pois as plantas amostradas tiveram um menor período de frutificação com sementes verdes quando comparadas com sementes maduras. Do ponto de vista ecológico, este aspecto traz desvantagens às larvas de insetos predadoras de sementes e vantagens à planta hospedeira, por serem as espécies de Lepidoptera, as mais responsáveis pela predação das suas sementes. Ferro et al. (2006) demonstram que um dos fatores que diminui a predação das sementes de *C. pallida* é a rápida transição do período em que as sementes estão verdes e suscetíveis a predação, para o estágio de maduras, quando não são mais predadas por larvas de lepidópteros.

É provável que a dificuldade de predação das sementes maduras de *E. falcata*, esteja ligada a resistência imposta pelo tegumento externo da semente. Nenhuma das espécies relacionadas à predação das sementes de *E. falcata* deve possuir um aparato bucal capaz de perfurar o tegumento externo da semente seca e desta forma se alimentar do endosperma, sendo que esta maior dureza apresentada por sementes maduras é provavelmente ligada à menor porcentagem de água na semente. Ferro, et al. (2006) constataram que sementes de *Crotalaria pallida* apresentam diferentes concentrações de água entre os estágios de maturação, onde sementes maduras apresentam um menor percentual, e conseqüente, maior dureza, o que por sua vez, acaba limitando a predação de sementes impostas por estas espécies, apenas ao período em que estiverem verdes e assim sejam possíveis de serem perfuradas.

Gratieri-Sossella et al. (2008) citam que sementes de *E. cristagalli* apresentam elevada dureza quando maduras e este fator é proporcionado por seu tegumento espesso e desidratação da semente. O autor cita que este é um processo relacionado à dormência das sementes, e se esta questão também for válida para *E. falcata*, a dureza apresentada pelas sementes maduras, pode indiretamente estar auxiliando na diminuição dos níveis de predação de sementes da planta.

O comportamento diferenciado de predação apresentado por *Paratenetus* sp. pode ter relação ao nível de nutrientes contidos em sementes verdes, que devido a seu início de desenvolvimento, pode conter um menor nível de substâncias nutritivas, não sendo atraentes para a espécie. Palmbad e Green (1975) relatam que a predação diferencial entre duas espécies de plantas de *Astragalus* sp. estava relacionada ao nível de energia proporcionado pelas sementes, sendo que uma das espécies possuía sementes maiores e com mais nutrientes e conseqüentemente possuía maior índice de predação de suas sementes. Ferro et al. (2006) analisaram diferenças nos níveis de predação de sementes em *Crotalaria pallida*, pela lagarta da mariposa *Utetheisa ornatrix*, relacionando a diversos fatores, inclusive níveis de proteína encontrados em sementes verdes e maduras da planta. Constatou que os valores proteicos entre os dois estágios são similares, não possuindo uma significativa diferença. Estudos que revelem níveis de nutrientes presentes em sementes de *E. falcata* são necessários para melhores inferências sobre esta questão.

Uma hipótese é de que *E. falcata* não seja a única planta que tenha suas sementes predadas por *Paratenetus* sp. sendo que esta espécie atua como um predador oportunista, das sementes danificadas. Neste caso, é provável que *paratenetus* sp. utilize outras plantas hospedeiras que possuam sementes com características que as tornem mais acessíveis a espécie, tais como um tegumento externo menos resistente. A ausência destas plantas na região, ou pela indisponibilidade das sementes devido a não frutificação das plantas, pode levar os coleópteros a buscarem alternativas para suprir a ausência alimentar, sendo as sementes de *E. falcata* utilizadas como uma fonte alternativa de recurso. Coelho (2008) descreve o hábito generalista do hemíptero *Brontocoris tabidus* quanto à predação de sementes. Este comportamento permite que o inseto se alimente de sementes de várias plantas hospedeiras, o que traz benefícios para o inseto, pois permite a sua sobrevivência mesmo em condições de escassez de sementes das espécies de plantas preferencialmente utilizadas. Tal hábito generalista traz também desvantagens ao inseto, que precisa ser capaz de superar diversas barreiras impostas pelas diferentes espécies de plantas hospedeiras, como aleloquímicos específicos e compostos secundários.

A espécie *E. falcata* pode também ser uma planta hospedeira habitual das espécies de coleópteros encontradas predando suas sementes. No entanto, a impossibilidade de perfurar o tegumento externo da semente e assim ter acesso ao endosperma os torna predadores secundários, dependentes da ação de um predador

inicial, que são neste caso as espécies de lepidópteros. Quando todo o endosperma da semente não é predado, provavelmente pelo fato da larva completar esta fase do ciclo e empupar sem consumir todo o endosperma, os coleópteros podem se alimentar do que resta destas sementes já danificadas (Figura 5 C).

São raros os trabalhos que apresentam este tipo de interação. Janzen (1971) descreve uma situação inversa, onde larvas de lepidópteros atuavam como um grupo secundário na predação, pois só conseguiam acessar as sementes de *Cassia grandis*, através de buracos deixados nas vagens e sementes, pela saída de besouros bruquídeos que eram os primeiros a efetuarem a predação. Velho et al. (2009) citam que a predação de sementes por roedores, proporciona alimento para diversos grupos que não são capazes de se alimentarem diretamente de sementes não danificadas.

Neste contexto, a predação das sementes de *E. falcata* exercida por coleópteros é a que causa menor impacto a viabilidade final, pois é limitada a sementes que já não seriam passíveis de germinação devido ao dano causado pelas espécies de lepidópteros. Apesar deste comportamento ter sido visualizado somente para a espécie de *Paratenetus* sp. é provável que também se aplique para *C. quadricollis*. A baixa frequência desta espécie, que foi de somente 14 indivíduos, visualizados em uma única ocasião e somente em uma árvore, demonstra que esta é uma espécie de baixa ocorrência. Outra hipótese é de que *E falcata* não tenha suas sementes predadas por esta espécie, sendo o seu encontro acidental.

A diferença no número de indivíduos se alimentando de uma única semente, entre os lepidópteros e *Paratenetus* sp., provavelmente se relaciona ao tamanho corpóreo dos indivíduos. Independente da espécie, as larvas dos lepidópteros são consideravelmente maiores que os coleópteros. Conseqüentemente, indivíduos maiores necessitam de maior quantidade de nutrientes para crescimento e manutenção corporal. Hautier et al. (2010) discutem a relação entre tamanho corpóreo de espécies de insetos predadoras de folhas e sementes e a quantidade de alimento utilizado. Demonstra que quanto maior é o tamanho corpóreo do inseto, maior é também a porcentagem de folhas e sementes que são utilizados como alimento. Hautier et al. (2010) também descrevem que indivíduos menores, levam vantagem nesta condição, pois necessitam de menor quantidade de folhas e sementes como alimento, sendo capazes de dividir o recurso proporcionado pela planta com mais indivíduos da mesma espécie, sem que exista competição.

As espécies de lepidópteros acabam obtendo vantagens por serem as primeiras a explorar os recursos proporcionados pelas sementes de *E. falcata*. Dos

fatores relacionados, a menor competição pelo recurso é o que possui maior relevância ecológica, pois apesar da possível competição inter e intra específica entre as espécies, esta acaba pertencendo ao mesmo grupo taxonômico. Mesmo que apresentem diferenças comportamentais e adaptativas na maneira de predação das sementes, estas diferenças provavelmente são menores do que as de outros grupos de predadores. Isto torna a competição com espécies do mesmo grupo, mais evidenciado que de outros grupos de insetos, que podem inclusive apresentar um maior valor adaptativo quanto ao fator predação de sementes. Soma-se a isto a relação entre o menor número de espécies predadoras e o maior número de sementes viáveis nas vagens, que diminui a competição e pode aumentar o valor adaptativo das espécies. Weiher e Keddy (1999) citam que existe um conjunto de fatores relacionados ao tamanho e proporcionalidade de cada guilda de predadores e que este conjunto determina os mecanismos por onde a competição inter e intra específica entre as espécies, acaba estruturando as comunidades.

O acompanhamento da predação das sementes desde os primeiros estágios de desenvolvimento mostra que as primeiras vagens amostradas foram menos predadas do que as da segunda coleta e assim sucessivamente, enquanto estavam verdes. Isto se relaciona ao tempo de permanência das vagens no campo, suscetíveis a predação por insetos. Desta forma, as vagens coletadas nas últimas amostragens com sementes ainda verdes, apresentaram maior taxa de predação do que as vagens coletadas nas primeiras amostragens, por resultado do efeito cumulativo da predação exercida pelas espécies de lepidópteros durante este período.

A oscilação nas taxas de predação, observada mesmo após as sementes estarem maduras e com ausência da predação das larvas de lepidópteros, pode ser resultado da predação efetuada pelas larvas de lepidópteros durante o período com sementes verdes. Como as amostragens foram quinzenais, vagens e sementes que estavam verdes, mas já no início da maturação, ainda tinham suas sementes predadas. Esta condição perdurava até que as sementes maturassem a ponto de não serem mais passíveis de predação. Isto impossibilitava a predação efetuada pelas larvas de lepidópteros, mas não a impediu no decorrer do tempo entre as duas amostragens, quando as sementes ainda não estavam totalmente maduras e continuavam a serem predadas. O período de transição entre as fases de maturação e o tempo decorrido entre as coletas é então a provável condição que explica as variações nas médias de taxas de predação de sementes, visualizados em coletas que já continham sementes maduras.

CAPÍTULO 2

Influência da predação efetuada por insetos nos índices de viabilidade de sementes de *Erythrina falcata*

INTRODUÇÃO

Organismos interagem de diversas formas em um ambiente natural, que podem ou não trazer benefícios para todas as espécies envolvidas, como é o caso da relação entre plantas e insetos que predam suas sementes. Esta interação traz efeitos negativos por limitar a oferta ou impedir a germinação, podendo afetar diretamente a dispersão e crescimento populacional de espécies vegetais (Louda, 1982).

Entre os grupos animais relacionados a esta interação Zhang et al. (1997) citam que os insetos são os principais responsáveis pela diminuição da viabilidade das sementes, devido ao consumo de parte ou todo o seu endosperma. Entre as ordens associadas a predação de sementes, destacam-se Coleoptera e Lepidoptera. São normalmente generalistas quanto aos hábitos alimentares, sendo que a predação exercida por coleópteros é normalmente efetuada por larvas e adultos, enquanto nos lepidópteros é geralmente restrita a fase larval das espécies (Johnson, 1981).

A predação de sementes por insetos ocorre tanto no período pré dispersivo, com o ataque as sementes ocorrendo ainda na planta genitora quanto no período de pós-dispersão, quando as sementes já se encontram livres, normalmente no solo. É considerada fator chave na dinâmica, evolução e diversidade de espécies vegetais. (Santos et al., 1994; Zhang et al., 1997; Scherer e Romanowski, 2005).

Erythrina falcata é popularmente conhecida como corticeira ou bico-de-papagaio. Possui uma ampla distribuição geográfica, sendo utilizada na arborização de parques e cidades, principalmente pela magnitude de sua floração e características de suas flores. Por ser nativa, e ter caráter pioneiro é também empregada na restauração de matas ciliares, em locais com inundações periódicas e na recomposição de florestas degradadas. (Carvalho, 2003; Costa e Morais, 2008).

Sua floração ocorre de agosto a novembro e a frutificação de novembro a fevereiro. Seus frutos são do tipo vagem e abrigam sementes que são visadas por insetos que delas se alimentam (Lorenzi, 2002). Carvalho (2003) cita também que características biométricas das vagens de *E.falcata*, como comprimento e largura, variam entre populações. Figueiredo et al. (2008) propõem que estas características podem estar relacionados ao número de sementes presente em cada vagem e assim, ao nível de consumo exercido por predadores de sementes. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar a taxa de predação exercida por insetos nas sementes de um grupo de plantas de *E. falcata* no período de pré-dispersão; bem como analisar se variáveis biométricas das vagens tem relação a quantidade de sementes predadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Com a utilização de tesoura de poda alta com cabo telescópico (“podão”), 15 vagens de *E. falcata* foram aleatoriamente coletadas de 5 plantas matrizes, por coleta, durante todo o período de frutificação da planta. As coletas foram realizadas quinzenalmente, durante o período de frutificação da planta, que se deu entre os meses de setembro de 2010 a março de 2011. A área de amostragem esta localizada no município de Reserva do Iguaçu – PR. (25°47'35.00" S, 52° 6'47.00" O). Cada planta recebeu um código que permitia sua identificação. As vagens foram transportadas até laboratório, junto a Universidade Estadual do Centro Oeste-Guarapuava, PR, onde foram separadas por planta e por coleta, acondicionadas em recipientes no intuito de evitar a fuga das larvas e insetos adultos emergentes.

Com o término do período de frutificação das plantas e tendo passado 60 dias sem que nenhum inseto adulto tivesse eclodido, em março de 2011, as vagens das 14 coletas realizadas, tiveram suas medidas de comprimento e largura retiradas e foram dissecadas. Este procedimento foi realizado para se obter o número de sementes por vagem e para a quantificação da porcentagem de sementes viáveis e também predadas por insetos. A taxa de predação foi calculada pela razão de sementes predadas, dividido pelo número total de sementes.

Para analisar se as taxas de viabilidade e predação de sementes são relacionadas às variáveis biométricas dos frutos coletados, foi realizado um teste regressão linear por eixo maior reduzido (RMA). Este tipo de regressão foi escolhido porque ambas as variáveis podem apresentar erros nas medições. A probabilidade destas análises foi obtida por reamostragem (bootstrap). Os dados para a realização do teste foram às médias dos dados referentes às variáveis biométricas (comprimento, largura) e de taxas de viabilidade e predação (total sementes, sementes viáveis e sementes predadas) em cada coleta, de cada diferente árvore. Os valores foram previamente logaritimizadas para atender aos pressupostos dos testes.

Para testar se existe diferença entre as árvores com relação a variáveis biométricas, foi utilizado a análise de variância (ANOVA) de um fator e teste de médias a posteriori de Tukey (HSD) a 5% de probabilidade. Para testar se existe diferença entre as árvores amostradas com relação à proporção de sementes predadas, foi utilizado uma análise de variância (ANOVA) de um fator e posterior teste de médias, utilizando Tukey (HSD) a 5% de probabilidade. Os testes foram realizados utilizando o programa Statistica (StatSoft, Inc. 2001).

RESULTADOS

Variáveis biométricas

Durante todo o período de frutificação das árvores amostradas, foram analisadas 674 vagens contendo 2131 sementes. Os resultados mostram uma relação direta entre as variáveis biométricas das vagens e as taxas de predação de sementes sendo que o comprimento, e número de sementes estão relacionados diretamente com o número de sementes predadas na vagem. (Tabela 1).

Tabela 1: Variáveis biométricas positivamente relacionadas a predação de sementes de *E. falcata*.

| Variáveis | R ² | P |
|---|----------------|--------|
| Largura X Sementes Predadas | 0,75 | <0,05 |
| Comprimento X largura da vagem | 0,60 | <0,001 |
| Comprimento X Total Sementes vagem | 0,80 | <0,001 |
| Comprimento X Sementes Predadas | 0,73 | <0,001 |
| Total de Sementes Vagem X Sementes Predadas | 0,75 | <0,001 |

O resultado evidencia que houve diferença nas variáveis biométricas das vagens entre as árvores, tanto para comprimento ($R^2=0,43$; $F_{4,39} = 7,46$; $P < 0,01$) quanto para largura ($R^2=0,71$; $F_{4,39} = 27,53$; $P < 0,01$).

O teste de Tukey (HSD) indicou a formação de grupos mostrando que A1 Jordão, A3 Jordão e A Copel tiveram médias de menor diferença, com as diferenças mais contrastantes sendo verificadas entre as árvores, A2 Jordão (menor média) e A Foz Jordão (maior média) de comprimento e largura de vagens. A2 Jordão teve vagens com médias de 2,1 cm de largura, 9,3 cm de comprimento; já as médias das vagens de A Foz Jordão foram 3,4 cm de largura, 18,7 cm de comprimento.

Taxas de predação

A dissecação das vagens permitiu a mensuração das porcentagens de sementes viáveis e predadas, bem como valores biométricos das vagens (Tabela 2).

Tabela 2: Valores médios e desvio padrão de sementes por vagem, número de coletas realizadas, total de sementes, número de sementes viáveis, predadas e porcentagem de predação de sementes de *E.falcata*.

| Árvore | Média sementes vagem | Total coletas | Total sementes | Viáveis | Predadas | (%) predação |
|---------------|----------------------|---------------|----------------|------------|-------------|--------------|
| A1 Jordão | 2,58 ± 1,29 | 9 | 346 | 94 | 252 | 73 |
| A2 Jordão | 1,9 ± 0,9 | 11 | 314 | 109 | 205 | 65 |
| A3 Jordão | 2,84 ± 1,30 | 6 | 256 | 44 | 212 | 83 |
| A Foz Jordão | 5,03 ± 1,78 | 11 | 830 | 189 | 641 | 77 |
| A Copel | 3,66 ± 1,48 | 7 | 385 | 194 | 191 | 50 |
| Total: | | | 2131 | 630 | 1501 | 70 |

A média de sementes por vagem variou entre as plantas, com A2 Jordão apresentando os menores valores (1,9), seguida de A1 Jordão (2,58), A3 Jordão (2,84), A Copel (3,66) e por fim A Foz Jordão com o maior número de sementes (5,03).

A taxa de predação de sementes variou entre as plantas amostradas. A porcentagem de predação variou de 50% na árvore menos predada a 83% na que obteve maior índice de predação. árvore que apresentou maior porcentagem de sementes predadas foi A3 Jordão (83%), seguida por A Foz Jordão (77%), A1 Jordão (73%), A2 Jordão (65%) sendo que A Copel apresentou a menor taxa de predação com (50%) das sementes predadas. Considerando os valores para todas as árvores amostradas, o resultado demonstra que das 2131 sementes analisadas, 1501 foram predadas, o que mostra que no total, 70% das sementes de *E. falcata* amostradas foram predadas.

O número total de sementes analisadas em cada árvore variou, sendo que A Foz Jordão foi a árvore que teve mais sementes amostradas (830 sementes) seguida por A Copel (385 sementes), A1 Jordão (346 sementes), A2 Jordão (314 sementes) e por fim A3 Jordão (256 sementes). Este resultado é reflexo do diferente número de coletas realizado em cada planta amostrada. A análise de regressão mostrou que não existe relação entre as taxas de predação e os tamanhos diferentes das amostras ($R^2 = 0,065$; $F_{1,3} = 21,18$; $P = 0,67$).

DISCUSSÃO

Quando se analisa o nível geral de predação por planta, desconsiderando a análise de predação por vagem, se observa que A Foz Jordão teve 77% do total de suas sementes predadas, índice maior que os 65% de predação das sementes de A2 Jordão, porém ambos inferiores aos 83% de predação de sementes encontrado em A3 Jordão. Isto mostra que apesar das variáveis biométricas estarem relacionadas ao número de sementes predadas na vagem, não é este o fator responsável pelo menor ou maior índice final de predação de sementes na planta.

Pereira et al., (2008) encontraram uma situação semelhante relacionando variáveis biométricas da fabacea *Cassia leptophylla* com índices de predação de sementes por insetos. Demonstrou que o tamanho da vagem está positivamente relacionado ao número de sementes, mas que este fator não apresentava influência nos índices finais de predação de sementes nas plantas amostradas. Figueiredo et al. (2008) relatam uma situação contrária em populações da fabacea *Parkia platycephala*, onde a ação das larvas do coleóptero *Acanthoscelides imitator* e o percentual final de predação de sementes na planta, estiveram positivamente correlacionados ao número de sementes presentes em cada fruto.

São poucos os trabalhos que relatam a predação de sementes em espécies de eritrina. Swezey (1923) cita a presença de larvas da mariposa *T. meticulousalis* se alimentando de partes do caule, vagem e talvez de sementes de *Erythrina monosperma*, árvore nativa do Hawaii. O autor entretanto não relata nenhuma informação quanto a índices de predação exercidos sobre às sementes da planta.

Trabalhos demonstram que taxas de predação de sementes por insetos em ambientes naturais são variáveis, indo de valores não elevados, intermediários a altos. Destacam-se o de Sari et al. (2002) que encontraram 12,4% de predação das sementes de *Lonchocarpus muehlbergianus* (Fabaceae) pelo besouro bruchineo *Ctenocolum crotonae*. Pereira e Moura (2009) descrevem que 29% das sementes viáveis de *Cassia leptophylla* (Fabaceae) foram predadas por duas espécies de bruchineos e um lepidóptero da família Tortricidae.

Ramírez e Traveset (2010) relatam 47,6% de predação de sementes, em plantas de uma área de floresta da Venezuela, sendo efetuada principalmente pela subfamília Bruchinae Curculionidae e Pyralidae. Baskin e Baskin (1977) encontraram uma taxa de predação de 50% das sementes de *Cassia marilandica* (Fabaceae) efetuada pelo besouro *Senniuss abbreviatus*. Castellani e Santos (2005) indicam que a

predação de sementes em *Ipomoea pes-caprae* (Convolvulaceae) por larvas do bruquíneo *Megacerus baeri* e *M. reticulatus* e lagartas da mariposa *Ephestia kuhniella*, chegou a 65,7% das sementes produzidas pela planta. Scherer e Romanowski (2005) relatam que 67,6% das sementes de *Ipomoea imperati* (Convolvulaceae), foram predadas também por *M. baeri*, em uma região litorânea; e Santos et al. (1994) relatam uma taxa de predação de 77% das sementes de *Coutareae hexandra* (Rubiaceae). Já Fröborg e Eriksson (2003) encontraram níveis de predação de sementes que variaram de 20% a 80% do total de sementes viáveis de *Actaea spicata* e Bondar (1953) indica que a predação efetuada pelo besouro *Pachymerus* sp. atingiu índices de 100% das sementes de *Syagrus* sp. para algumas das plantas amostradas.

Apesar do elevado índice de predação de sementes em todas as plantas, as diferenças observadas entre as árvores amostradas. Como o de 50% do total das sementes, visualizados na planta A Copel, pode ter como uma possível explicação o comportamento das espécies de insetos predadoras de sementes.

Como discutido, os responsáveis pelos maiores danos as sementes de *E. falcata* são larvas das espécies de lepidópteros. Entretanto, foi observado que estes indivíduos se alimentam apenas de sementes verdes, sendo que os coleópteros se alimentam de sementes maduras, mas somente se já estiverem danificadas. Houve também assincronia no início e no tempo de frutificação entre as plantas, sendo que A Copel foi, entre as plantas amostradas, a última a frutificar.

Quando teve início a frutificação em A Copel, todas as demais árvores de *E. falcata* amostradas estavam com suas vagens secas e sementes maduras, sendo que A Copel era a única planta da área que apresentava sementes verdes. Essa condição pode levar a diferentes situações, sendo que em uma delas, o fato de ser a única planta com sementes verdes poderia ter atrair um maior número de lepidópteros predadores de sementes, o que provavelmente elevou a taxa de predação. Como esta condição não foi observada é possível que como A Copel ainda não estivesse frutificando e todas as demais plantas já estavam com as sementes maduras, que as larvas de lepidópteros tenham morrido ou empupado e os adultos migrado para outras regiões em busca de alimento.

Quando teve início a frutificação na planta A Copel, o menor número de predadores e/ou o tempo decorrido enquanto os lepidópteros predadores de sementes se reestruturavam e aumentavam em quantidade de indivíduos, foi suficiente para que as sementes madurassem, não sendo mais passíveis à predação,. A Copel é também dentre todas, a que estava em um microambiente mais perturbado.

Este fato pode também ter relação com o menor índice de predação visualizado para esta planta, pois muitas espécies de insetos, inclusive predadores de sementes acabam sendo sensíveis aos efeitos da antropização (Araújo et al., 2005).

Em teoria, espera-se que plantas isoladas acabem apresentando os maiores ou menores índices de predação de sementes (Traveset 1991). Este processo não foi visualizado dentre as plantas da área amostrada, pois A Foz Jordão que é a árvore mais isolada das demais teve 77% de suas sementes predadas, valor superado por A3 Jordão que obteve 83% de predação e não inferior aos de A1 e A2 Jordão com respectivos 73% e 65% de predação das sementes.

Traveset (1991) buscou relacionar abundância e a intensidade de predação de larvas e adultos de besouros bruchíneos, ao isolamento das plantas. Relatou que quanto maior é a distância de isolamento da planta hospedeira, maior seria a intensidade de predação de suas sementes. Um requisito para esta condição era de que os predadores de sementes não possuíssem uma elevada capacidade de dispersão entre as plantas e acabassem em sua maioria permanecendo na planta de onde emergiram. A distância das demais plantas hospedeiras atuaria como uma barreira, impedindo a dispersão, mantendo os insetos predando as sementes de uma única planta. Como o grupo pesquisado por Traveset (1991) é representado por pequenos coleópteros que possuem pequena capacidade de dispersão dos indivíduos. Como a predação de sementes em *E. falcata* é principalmente efetuada por lepidópteros, que possuem um maior tamanho corpóreo e com isso, maior capacidade de dispersão, é menos provável que os indivíduos adultos permaneçam em uma única planta hospedeira.

Outra hipótese relaciona a proximidade do recurso, ao nível de predação. Janzen (1971), estudando a predação de sementes em *Cassia grandis* L. Fabaceae, sugeriu que a distância entre as plantas hospedeiras poderia estar relacionada aos níveis de predação, de modo que plantas mais próximas, ou agrupadas, representam maior abundância de sementes em um menor espaço geográfico. Isto leva as espécies predadoras de sementes a permanecerem neste local, movendo-se entre as plantas e nestas se reproduzindo, o que aumentaria a densidade populacional de predadores e por consequência a taxa de predação de sementes no local.

Se considerada a distância entre as plantas amostradas, as três árvores A1, A2, e A3 Jordão acabam sendo as mais próximas. A Copel também não está a uma distância considerável, mas a presença de um fragmento florestal pode atuar como uma barreira ao fluxo de indivíduos. A hipótese de Janzen (1971), pode de certa forma

corroborar o padrão encontrado na predação de sementes de *E. falcata*, pois A3 Jordão, que foi a planta com o maior índice de predação, está entre as árvores que fazem parte deste grupo. É possível então que a proximidade destas três plantas associada a não existência de uma matriz de floresta as separando, permita o fluxo contínuo de insetos, levando a um aumento nas taxa de predação de sementes. A ausência de um padrão de índices elevados de predação para as três respectivas árvores, leva a crer que dentro deste fluxo de indivíduos, houve preferência, ou por uma questão aleatória, as larvas de insetos acabaram predando em maior número as sementes da planta A3 Jordão, do que das plantas A1 e A2 Jordão.

As características da região onde se encontram as plantas amostradas, junto a fatores intrínsecos das espécies predadoras de sementes de *E. falcata*, levam a crer que a hipótese levantada por Janzen (1971) seja a que melhor se enquadre no padrão de predação de sementes encontrado. Como as plantas amostradas eram as únicas que estavam frutificando naquela região é também possível que a escala de visualização da área amostral precise ser interpretada por um outro ponto de vista, onde em vez de A1, A2 e A3 Jordão, todas as cinco plantas amostradas formem um grupo e isso esteja relacionado ao nível de predação das sementes na área.

Comunidades naturais são sistemas abertos e que estão em constante mudança na composição e abundância de espécies. Tais mudanças normalmente se relacionam a variações climáticas e a própria ação antrópica. Os níveis de predação encontrados podem então refletir uma condição aleatória, baseado apenas nos fatores ambientais condicionados no tempo e espaço momentâneo. Seja qual for a resposta ao padrão encontrado, fica evidente que existem fatores não detectados no trabalho, que estejam diretamente influenciando na dinâmica e complexidade da interação entre predadores e plantas hospedeiras na comunidade estudada.

Apesar dos vários trabalhos relacionando insetos à predação de sementes, são poucos os casos onde o número de espécies e a presença dos grupos é similar com os resultados encontrados junto a predação de sementes de *E. falcata*. O que observa como padrão, é que na maioria dos casos, a predação de sementes é efetuada por poucas espécies para cada planta hospedeira. Isto demonstra a especificidade e a complexidade na interação inseto-planta. Outra questão discutida pela maioria dos autores é a alta taxa de predação efetuada por uma espécie de predador, onde uma única, ou um pequeno grupo de espécies acaba sendo normalmente responsável por altos índices de predação de sementes, sendo este mesmo padrão válido para a interação das espécies predadoras de sementes, com *E. falcata*.

CAPÍTULO 3

Capacidade de predação de sementes de *Erythrina falcata* por larvas de Lepidoptera e presença de parasitóides na interação.

INTRODUÇÃO

A produção de sementes é um dos estágios cruciais na história de vida das plantas, pois serem estas as estruturas responsáveis pela reposição de indivíduos e também pelo aumento e perpetuação das populações já existentes, sendo que qualquer fator que interfira nesta fase acaba acarretando danos para as espécies. A predação de sementes efetuada por insetos é comum a diversas espécies de plantas (Johnson, 1981) e acaba tendo efeitos negativos por limitar a oferta ou impedir a germinação das sementes (Louda, 1982). É desta forma um fator chave na dinâmica, evolução e diversidade da distribuição de espécies vegetais (Zhang et al., 1997).

Larvas de Lepidoptera são encontradas junto a diversas famílias vegetais ocasionando danos a sementes por consumirem parte ou todo o seu endosperma. (Louda, 1982). Quanto aos hábitos alimentares, podem ser generalistas, ou específicas e adaptadas à predação de sementes de uma única espécie de planta hospedeira (Boieiro et al., 2010). Seus ciclos de vida são variáveis e a quantidade de sementes utilizadas durante o desenvolvimento larval, depende de fatores intrínsecos de cada espécie, como o tamanho corpóreo, sua taxa metabólica, bem como condições específicas na interação junto a planta hospedeira (Coelho, 2008).

É comum a presença de inimigos naturais, como os parasitóides, co-ocorrendo em ambientes onde existem larvas e/ou adultos de insetos predadores de sementes e esta interação acaba por moldar, regular e aumentar o nível de complexidade dos ecossistemas (Begon et al., 2007). Os parasitóides se alimentam de estruturas e tecidos de outros organismos, podendo ou não levar a morte de seu hospedeiro (Ricklefs, 2010). Atuam em condições naturais e também são utilizados como forma de controle biológico e/ou integrado de pragas agrícolas (Borror e DeLong., 1969).

O grupo dos insetos é o maior em riqueza e diversidade de espécies parasitóides. A ordem Hymenoptera possui a maior relevância, com famílias como Braconidae e Ichneumonoidea com um grande número de espécies que apresentam este comportamento. Parasitam principalmente formas larvais de outros insetos, como lepidópteros e coleopteros existindo espécies generalistas e outras que exibem especificidade quanto a espécie de inseto hospedeira (Lima, 1962; Johnson, 1981).

A presença de parasitóides é capaz de interferir direta e indiretamente nas cadeias tróficas dos ecossistemas (Begon et al., 2007). De modo indireto, é um relevante aspecto na dinâmica temporal e espacial das plantas, devido à capacidade que tem os parasitóides de reduzir os níveis de infestação de insetos hospedeiros e

consequentemente, os danos causados por estes às sementes (Janzen, 1971).

Erythrina falcata Benth.(Fabaceae) popularmente chamada de corticeira ou bico-de-papagaio é uma árvore de grande porte com média de altura entre 10 a 20 metros. Possui ampla distribuição geográfica e é utilizada na arborização de parques e cidades, principalmente pela magnitude de sua floração e características de suas flores. Por ser nativa, e ter caráter pioneiro é também empregada na restauração de matas ciliares, em locais com inundações periódicas e de rápida duração, bem como na recomposição de florestas degradadas. Seus frutos e sementes também auxiliam na manutenção da fauna silvestre (Carvalho, 2003; Costa e Morais, 2008).

Apesar de autores como Lorenzi (2002) e Carvalho (2003) relatarem a presença de larvas de insetos se alimentando de sementes de *E. falcata*, não há trabalhos que indiquem qual é a capacidade de consumo de sementes efetuado pelas espécies. O objetivo deste trabalho foi determinar o número médio de sementes de *E.falcata* predadas por lepidópteros durante o seu desenvolvimento larval, bem como verificar a presença de espécies parasitoides e qual a sua relação ao comportamento e desenvolvimento das larvas de insetos predadores de sementes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado utilizando sementes de *E. falcata* em dois estágios de maturação, estando verdes e maduras. As sementes foram coletadas no município de Reserva do Iguaçu – PR. As vagens com sementes verdes foram coletadas em novembro de 2010, enquanto as sementes secas foram coletadas em dezembro de 2009 e mantidas estocadas até a realização do experimento.

Em laboratório, as vagens foram dissecadas para a obtenção de sementes e de larvas de insetos que estavam predando estas sementes. As vagens eram cortadas de forma a individualizar as sementes mantendo-as aderidas a um dos lados da vagem. Devido ao curto período de frutificação de *E. falcata* com sementes verdes, não foi possível obtê-las constantemente, de modo que as sementes foram congeladas, buscando preservar suas características.

Durante a dissecação das vagens, as larvas de lepidópteros encontradas eram medidas em comprimento, fotografadas e individualizadas em placas de petri.

As sementes foram oferecidas como alimento para cada uma das larvas, até que estas deixassem de se alimentar, por atingir a fase de pupa, ou por morrerem. No intuito de impedir a proliferação de fungos, diariamente eram trocadas as sementes das placas contendo larvas que não estavam se alimentando. Para as larvas que estavam se alimentando, a oferta de uma nova semente ocorria quando a larva havia consumido todo o conteúdo da semente anterior. As placas contendo as larvas que já haviam empupado eram diariamente vistoriadas, a fim de se obter a duração do estágio larval e a identificação dos insetos adultos no momento da eclosão.

O experimento foi realizado em dois grupos; o primeiro era constituído de 60 larvas obtidas da dissecação de vagens verdes realizada no mês de outubro e alimentadas com sementes do mesmo estágio de maturação. O segundo grupo continha 20 larvas que também foram obtidas da dissecação de vagens verdes, mas para as quais foi oferecido como alimento sementes maduras. A quantidade de indivíduos utilizados nos experimentos reflete o número total de larvas obtidas nas dissecações das vagens.

O teste t foi utilizado para verificar se diferenças morfológicas das larvas tinham relação com a ausência ou presença de parasitoides. Também para verificar a existência de diferenças no número de dias que larvas parasitadas e não parasitadas levam para empupar. Os testes bem como análises gráficas foram realizados com o programa Statística (StatSoft, Inc. 2001).

RESULTADOS

As 60 larvas alimentadas com sementes verdes de *E. falcata* empuparam com a posterior emergência de adultos. Entre os lepidópteros que eclodiram das pupas, estavam presentes as espécies *A. designalis*, *L. ochracealis* e *T. meticulosalis*. Houve também a emergência de um parasitóide, *Macrocentrus* sp.

O registro fotográfico das larvas e o acompanhamento até a eclosão dos insetos adultos permitiu relacionar os dois estágios de desenvolvimento, possibilitando a identificação das larvas (Figura 1).

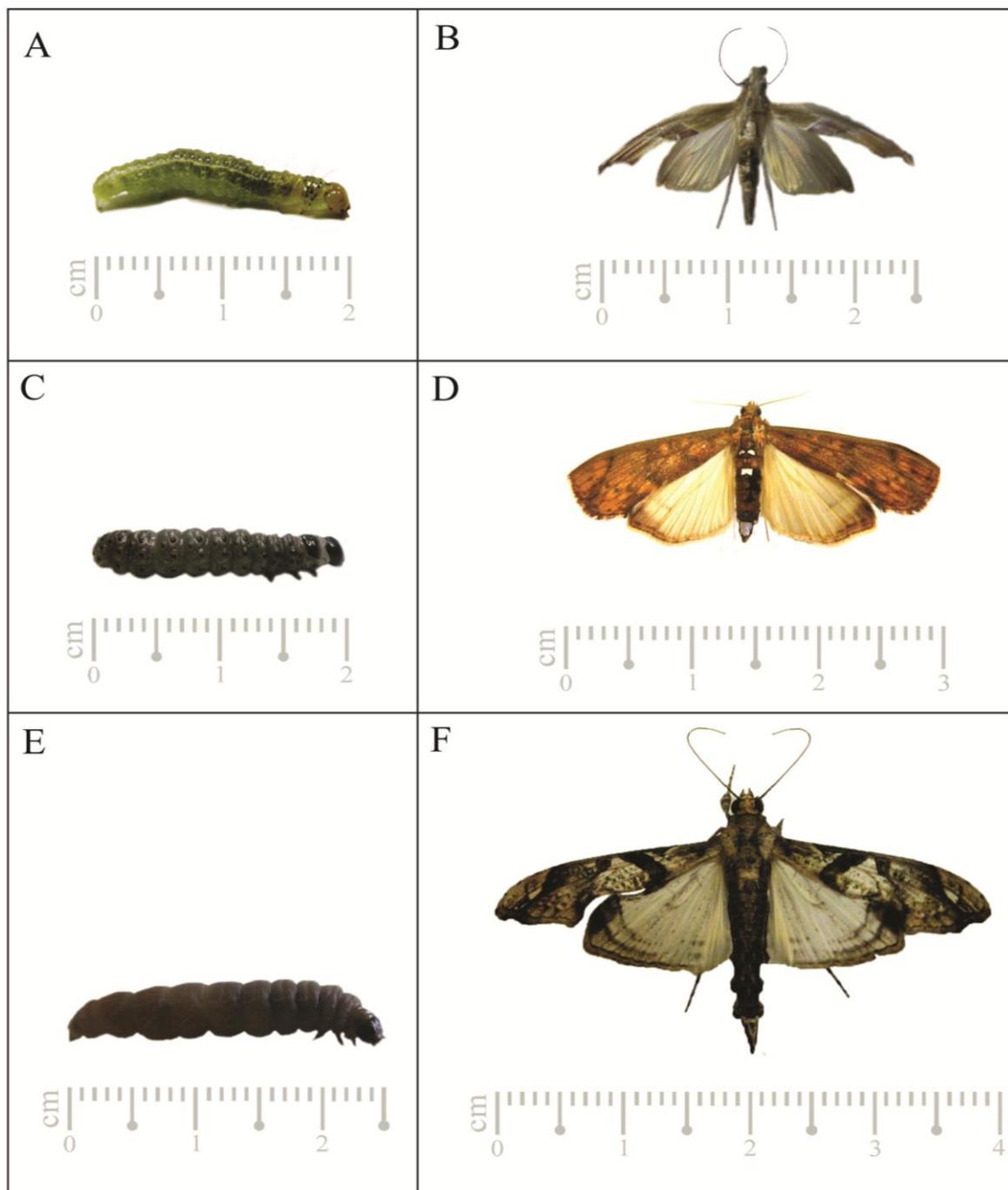


Figura 1: Larvas e adultos das espécies de Lepidoptera relacionados à predação das sementes de *E. falcata*. *Agathodes designalis* – larva (A) e adulto (B); *Liopasia ochracealis* - larva (C) e adulto (D); *Terastia meticulosalis* - larva (E) e adulto (F). Fotos: Cristiano Marcondes Pereira.

A espécie mais frequente foi *T. meticulosalis* com 31 indivíduos, seguida de *L. ochracealis*, com 9 exemplares e *A. designalis* com 3 indivíduos. As demais larvas, todas pertencentes a espécies *T. meticulosalis* foram parasitadas e não sobreviveram. O número de dias de predação de sementes até que as larvas chegassem ao estado de pupa, variou entre as espécies, sendo em média 6 dias para *A. designalis*, 10 dias para *T. meticulosalis* e 11 dias para *L. ochracealis*.

A menor média quanto ao número de sementes de *E. falcata* predado por larvas de cada espécie foi de *A. designalis*, com 2 sementes por larva; *T. meticulosalis* predou em média 3 sementes por larva, e foi *L. ochracealis* quem predou o maior número de sementes por larva, em média 5 (Tabela 1).

Tabela 1: Larvas de lepidópteros predadores de sementes de *E. falcata*, alimentadas com sementes verdes. Valores médios e desvio padrão de dias de predação, dias empupado e sementes predadas. 2010.

| Espécie | Total Indivíduos | Dias Predação | Dias Empupado | Sementes Predadas |
|--------------------------------------|---------------------|------------------|------------------|----------------------|
| <i>Agathodes designalis</i> | 3 | 6 ± 0,57 | 18 ± 1,73 | 2 |
| <i>Liopasia ochracealis</i> | 9 | 11 ± 0,57 | 19 ± 2,56 | 5 ± 2,47 |
| <i>Terastia meticulosalis</i> | 31 | 10 ± 3 | 16 ± 3,16 | 3 ± 2,31 |

Quando visualizado individualmente é observada uma variação, principalmente quanto ao número de sementes predadas por cada espécie. Os valores extremos ficaram entre o mínimo de 1 e máximo 11 sementes predadas por larvas de *T. meticulosalis*; 3 e 11 para *L. ochracealis* e 2 sementes para larvas de *A. designalis*.

A medida do tamanho da larva com relação ao comprimento, retirada no início do experimento, mostrou que este fator teve influência significativa quanto ao parasitismo efetuado pelo himenóptero *Macrocentrus* sp. ($t_{25,14} = 3,75$, $p < 0,01$), (Figura 2 A) A espécie *T.meticulosalis* que foram parasitadas eram menores, com média entre 1 e 1,2 cm de comprimento. Larvas que não foram parasitadas demonstraram ser maiores, tendo em média entre 1,8 e 2 cm de comprimento.

O número de dias entre o início do experimento e o início da fase de pupa variou significativamente entre larvas parasitadas e não parasitadas ($t_{31,17} = 5,14$, $p < 0,01$). As larvas de *T. meticulosalis* não parasitadas passaram em média de 11 a 13 dias se alimentando de sementes, até empuparem, enquanto larvas parasitadas, que não se alimentaram de nenhuma semente empuparam em média 5 a 6 dias após o início do experimento (Figura 2 B)

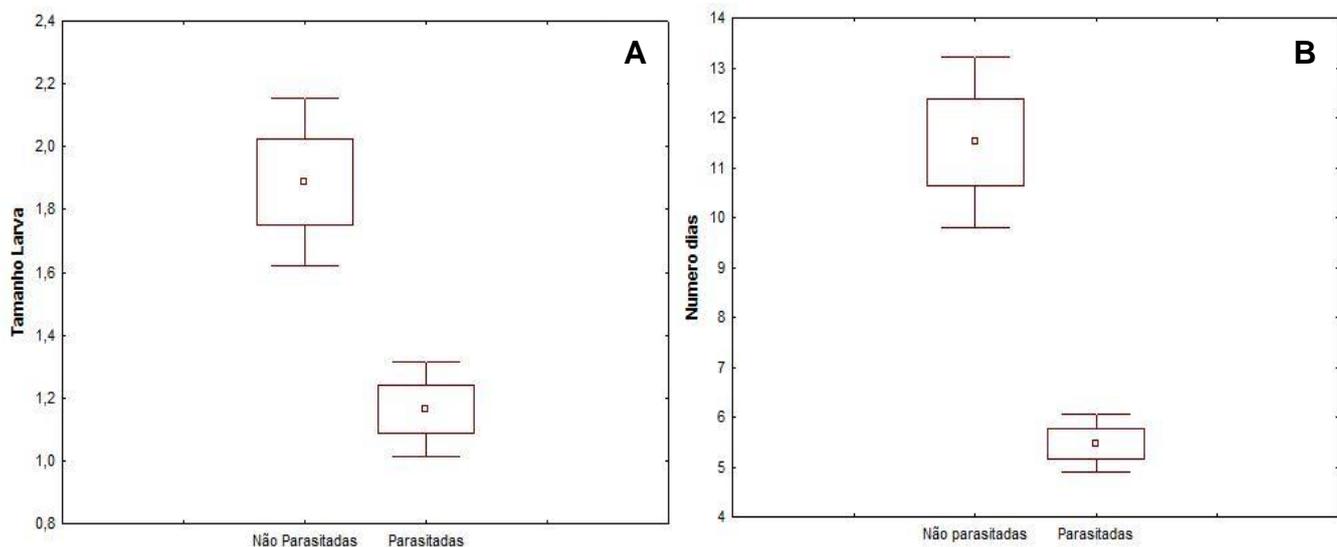


Figura 2: (A) Comprimento médio das larvas de *Terastia meticulosalis* que foram e que não foram parasitadas por *Macrocentrus* sp. (B) Média do número de dias que larvas de *T.meticulosalis* não parasitadas e parasitadas por *Macrocentrus* sp. levaram para entrar no estágio de pupa.

Nenhuma das 20 larvas obtidas da dissecação de vagens verdes de *E. falcata*, alimentou-se das sementes maduras oferecidas, sendo que um indivíduo foi parasitado por *Macrocentrus* sp. e todos os demais acabaram morrendo por inanição. Mesmo sem a eclosão dos insetos adultos, foi possível identificar as espécies através da análise da morfologia das larvas.

O número de dias de sobrevivência das larvas foram próximos, sendo que *L. ochracealis* sobreviveu em média 19 dias, *A. designalis*, 17 dias e *T. meticulosalis*, 16 dias, todas sem se alimentar de nenhuma semente. (tabela 2)

Tabela 2: Número de larvas de lepidópteros predadores de sementes de *E. falcata*, alimentadas com sementes maduras. Valores médios e desvio padrão dos dias de vida. (2010).

| Espécie | Total Indivíduos | Sementes Predadas | Dias Vida |
|-------------------------------|------------------|-------------------|-----------|
| <i>Agathodes designalis</i> | 4 | 0 | 17 ± 0,3 |
| <i>Liopasia ochracealis</i> | 5 | 0 | 19 ± 0,75 |
| <i>Terastia meticulosalis</i> | 11 | 0 | 16 ± 1,64 |

O comportamento das larvas demonstrou que os indivíduos tentavam acessar o endosperma das sementes, mas não conseguiam perfurar o tegumento. Com o passar dos dias, acabavam diminuindo o ritmo de movimentos, tornando-se cada vez mais lentas e por fim morrendo.

Dezenove larvas de *T.meticulosalis*, que estavam no grupo de larvas alimentadas com sementes verdes apresentaram um comportamento diferenciado das demais. Não se alimentando de nenhuma semente de *E. falcata* oferecida e mesmo assim

empupando. Destas pupas não eclodiram adultos do lepidóptero, mas sim do himenóptero *Macrocentrus* sp. (Figura 3).

A espécie *Macrocentrus* sp. pertence a ordem Hymenoptera, família Braconidae. Esta família é frequentemente relacionada a hábitos parasitóides, principalmente por parte de suas formas larvais (Lima, 1962; Alves, 2004; Krugner et al., 2005).

que demonstrou ser parasitóide de larvas de lepidóptera. Esta espécie também foi encontrada, tanto empupando e sendo retirada, quando eclodindo diretamente das vagens de *E. falcata* coletadas das demais árvores amostradas no município de Reserva do Iguçu, (discutidas no capítulo 01), demonstrando que este parasitóide esta presente em todo o ambiente amostrado, parasitando as larvas de mariposas que predam as sementes de *E. falcata*.

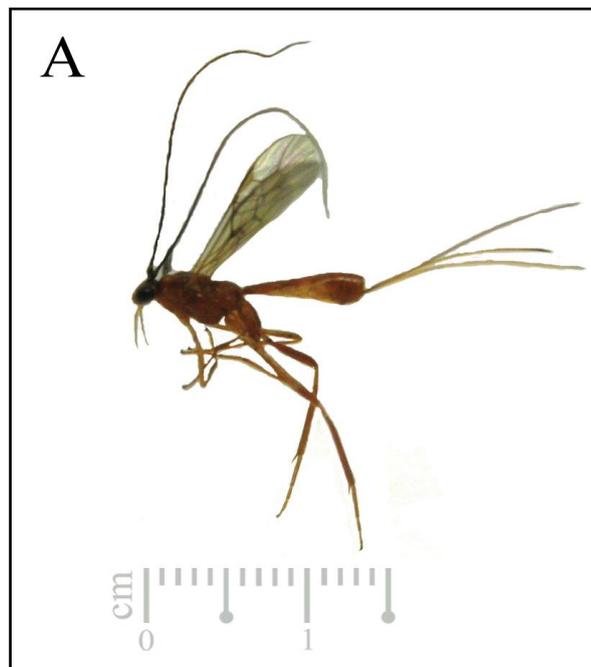


Figura 3: Adulto do himenóptero *Macrocentrus* sp. (Braconidae)

DISCUSSÃO

A maior ocorrência de indivíduos de *T. meticulosalis*, seguida por *L. ochracealis* e por fim *A. designalis* provavelmente reflete a condição normal destas espécies no ambiente natural. Isto pode estar ligado a aspectos bionômicos de cada espécie ou das interações presentes, como a ação de parasitóides ou a competição por recursos. Brown (1984) discute que espécies que utilizam recursos restritos, tem sua abundancia ligada a capacidade da espécie de competir, se adaptar e conseguir maximizar seu acesso aos recursos disponíveis.

A variação no número de dias de predação de sementes, bem como no número de dias na fase de pupa, pode ter relação com fatores intrínsecos de cada espécie. O baixo número de indivíduos amostrados para *L. ochracealis* e principalmente *A. designalis*, torna arriscado inferir quanto a padrões, mas traz uma importante informação a respeito do comportamento das espécies.

Com relação as diferenças entre as espécies, no número de sementes predadas e o numero de dias de predação, Schoonhoven et al. (1998) comentam que um parâmetro que mede a aptidão de um inseto é o tempo de desenvolvimento larval. Quanto maior for o tempo necessário para completar este estágio, maior a exposição da larva a predadores e patógenos. Espécies que consigam completar seu desenvolvimento predando menos sementes, como *T. meticulosalis* e *A. designalis* ou predem várias sementes, mas de forma rápida como *A. designalis* diminuem o período crítico de exposição a predadores, aumentando seu valor adaptativo.

A qualidade nutricional das sementes de *E. falcata* também é um fator importante. Ferro et al. (2006) relatam que plantas com sementes pobres em nutrientes terão uma predação de sementes mais elevada do que aquelas com sementes de maior valor nutritivo. Isto pode aumentar as taxas de predação, prolongar o tempo de desenvolvimento larval ou aumentar o tempo necessário para compensar a falta de nutrientes, tendo maior impacto no número final de sementes viáveis na planta.

O tempo de predação de cada semente variou conforme o estágio de desenvolvimento da larva, sendo maior quando as larvas estavam nos instares iniciais, diminuindo gradativamente com o passar dos dias. Isto se deve ao tamanho corpóreo das larvas, onde indivíduos menores necessitam de menos nutrientes e também são capazes de consumir menos endosperma da semente, quando comparado a uma larva que esteja próxima ao final de seu desenvolvimento.

O fato do experimento ter sido realizado em laboratório e com oferta constante de sementes, até, pode ter aumentado o número de sementes que cada larva predou, pois para algumas espécies, como é o caso de *L. ochracealis* e *T. meticulosalis*, a predação foi igual ou até superior a média de sementes presentes em uma vagem. Portanto é possível que em condições naturais, o número real de sementes predados venha a ser menor, devido a fatores como competição por sementes dentro da vagem e a dificuldade na transição das larvas de uma vagem para a outra. Serrano et al. (2001) relatam que lepidópteros da mesma espécie, apresentaram diferentes níveis de consumo dos frutos e sementes de *Cistus ladanifer* para completarem seu desenvolvimento. O autor relaciona estas diferenças a presença e ausência de competição gerada por apenas uma, ou mais larvas predando o mesmo fruto.

O procedimento de utilizar larvas que mesmo sendo da mesma espécie, estavam em diferentes estágios de desenvolvimento teve relação com a dificuldade de obtenção de indivíduos nos primeiros estágios de desenvolvimento. Larvas que estivessem ao final do seu desenvolvimento se alimentam de menor número de sementes, tornando indivíduos mesmo que da mesma espécie, não comparáveis para este quesito. Apesar do número médio de sementes predadas por cada espécie poder variar devido a metodologia, o objetivo do trabalho foi atingido.

Quanto às larvas que não se alimentaram de sementes secas de *E. falcata* e acabaram morrendo de inanição, a resposta mais provável é que nenhuma das espécies de lepidópteros relacionadas à predação das sementes de *E. falcata* possua um aparato bucal capaz de perfurar o tegumento externo da semente para então se alimentar do endosperma. Sementes verdes e em desenvolvimento acabam tendo maior concentração de água e essa condição se relaciona a um tegumento menos resistente. Ferro et al. (2006) corroboram esta questão, demonstrando que sementes de *Crotalaria pallida* apresentam quando maduras menor percentual de água e conseqüente a isto, maior dureza. Cita que esta também era a provável condição que impedia o consumo das sementes e vagens secas da planta por parte das larvas do lepidóptero *Utetheisa ornatrix*. As larvas também não apresentavam a capacidade de perfurar o tegumento das sementes maduras e acabavam morrendo por inanição.

É clara também a capacidade de sobrevivência das larvas. Mesmo não se alimentando de sementes, as espécies acabaram sobrevivendo a um considerável número de dias. Este fato capacita as larvas a conseguirem superar períodos de ausência de recursos, como uma vagem no início da formação das sementes. Nesta condição, as larvas seriam capazes de sobreviverem por um certo período de tempo

até que as sementes começassem a se formar na vagem.

Parasitismo das larvas

Nenhum trabalho que relacione a espécie *Macrocentrus* sp. a planta *E. falcata* foi encontrado, bem como a nenhuma das espécies de lepidópteros predadoras de suas sementes. Este é portanto o primeiro registro da interação entre tais organismos.

Macrocentrus sp é uma espécie relacionada a hábitos parasitóides tanto endoparasitários quanto ectoparasitários, principalmente de larvas de Lepidoptera (Lima, 1962; Alves, 2004) inclusive da família Crambidae, a qual pertencem as três espécies de mariposas encontradas predando as sementes de *E. falcata*. A espécie é utilizada inclusive no controle biológico de insetos-praga de algumas culturas como pomares de cereja, pêssigo, pêra e amêndoas (Krugner et al., 2005).

Os parasitóides podem se alimentar externamente de fluídos extravasados do corpo do hospedeiro, através de ferimentos que são feitos por seu aparelho mastigador ou internamente principalmente do tecido célula-adiposo da cavidade geral do corpo (Lima, 1962; Alves, 2004). Na dissecação das vagens, nenhuma larva de *Macrocentrus* sp, foi observada sobre, ou aderida as larvas dos lepidópteros, levando a crer que as larvas do himenoptero provavelmente possuam o hábito endoparasitário e que mesmo não sendo visualizados, já estavam se alimentando das estruturas internas das larvas hospedeiras. Lima (1962) também relata que o comportamento parasitóide efetuado pelo gênero *Macrocentrus* pode ocorrer diretamente sobre os ovos de espécies hospedeiras ou sobre as formas larvais de seus hospedeiros.

A relação entre o comprimento da larva e o parasitismo efetuado por *Macrocentrus* sp. deve-se provavelmente ao comportamento de oviposição do parasitóide. O comprimento das larvas é uma medida ligada a demais características de desenvolvimento corpóreo, tal como o peso, sendo que estas medidas estão diretamente relacionadas ao estágio de desenvolvimento, ou instar da larva. A presença de parasitismo em larvas menores pode ter relação ao estágio menos avançado de desenvolvimento, que possibilita maior sincronismo com o ciclo da larva hospedeira, de modo a capacitar o completo desenvolvimento da espécie parasitóide. Li et al. (1999), observaram que o parasitóide *M.nigradorsis* ovipositava somente até os três primeiros instares de desenvolvimento da sua larva hospedeira *Choristoneura rosaceana* e que isto tinha relação ao tempo necessário para o crescimento da larva parasitóide, dentro de seu hospedeiro. Brunner et al. (1993) encontraram uma relação

parecida, trabalhando com *M. ancylivorus*, e seu hospedeiro *Grapholita molesta* onde a espécie não oviposita diretamente sobre o ovo do hospedeiro, mas sobre as larvas de Lepidoptera, e somente nos primeiros instares de desenvolvimento.

Larvas maiores, não parasitadas, são provavelmente aquelas que do grupo de ovos ou larvas que eclodiram em um determinado período de tempo, escaparam do parasitismo efetuado por *Macrocentrus* sp. Este fato justificaria a diferença nas médias de comprimento das larvas hospedeiras parasitadas e não parasitadas.

A observação das larvas demonstrou que os indivíduos de *Macrocentrus* sp. que parasitavam as larvas, empuparam somente depois que as larvas hospedeiras já haviam empupado. Lima (1962) descreve este comportamento para o himenoptero parasitóide *Microgaster Letreille* e Brunner et al. (1993) para *M. ancylivorus*. As fêmeas ovipositam diretamente sobre os ovos de seus hospedeiros, que são principalmente larvas de lepidópteros. A larva do himenóptero só atinge a maturidade e se alimenta de todo o conteúdo corpóreo da larva parasitada, quando esta já se encontra no estágio de pupa, tecendo sua pupa dentro da pupa do hospedeiro.

Nenhuma outra diferença comportamental foi observada entre larvas parasitadas e não parasitadas por *Macrocentrus* sp. exceto pelas larvas parasitadas não terem se alimentado de nenhuma semente oferecida. Ambas eram ativas durante todo o período pré pupa. Li et al. (1999) descrevem uma situação diferente, onde larvas de *C. rosaceana* parasitadas por *M.nigradorsis* eram ativas durante os quatro primeiros instares de desenvolvimento do parasitóide e somente a partir do quinto instar demonstravam uma menor atividade corpórea, mas continuavam a se alimentar. No sexto instar as larvas hospedeiras deixavam de se alimentar, sendo que neste caso, não empupavam, pois os danos provocados pelo parasitóide levavam a sua morte.

O menor período de tempo que larvas parasitadas por *Macrocentrus* sp. levaram para empuparem, provavelmente esta relacionado com o fato de que nenhuma das larvas parasitadas se alimentou de sementes, diferente das não parasitadas. Lima (1962) cita que larvas parasitadas acabam exibindo diferentes comportamentos. Algumas param de se alimentar, devido ao rápido consumo de suas estruturas internas por parte do parasitóide. Outras larvas exibem por vezes maior voracidade que indivíduos não parasitados. Esse comportamento se relaciona a capacidade de consumo de estruturas da larva hospedeira por parte dos parasitóides. Nestes casos, o parasitóide acaba provavelmente se alimentando inicialmente de células adiposas da larva e só com o decorrer de seus estágios de desenvolvimento,

começa a se alimentar de estruturas primordiais a sobrevivência, normalmente acarretando em sua morte. O parasitismo individual e conseqüentemente mais lento consumo de estruturas primordiais capacita a larva hospedeira empupar. É somente então nesta fase, que o parasitóide se alimenta de todo o conteúdo do hospedeiro, para então empupar.

A presença de parasitismo apenas em larvas de *T. meticulosalis* pode estar relacionada a uma interação específica entre a espécie e seu hospedeiro, o que segundo Krugner et al., (2005) é comum no grupo. Discutem que via de regra se observa uma especificidade parasitária entre os braconídeos, onde determinada espécie desenvolve-se exclusivamente em uma espécie de hospedeiro. A relação de especificidade entre *T. meticulosalis* e o parasitóide *Macrocentrus* sp. pode ser válido.

Lima (1962) cita que apesar da especificidade parasitária ser comum entre os braconídeos, existe também um grande número de espécies que se relacionam ao parasitismo de uma guilda de hospedeiros, que é o caso das espécies que predam as sementes de *E. falcata*. É provável então que larvas de *L. ochracealis* e *A. designalis*, possam também estar sendo parasitadas por *Macrocentrus* sp. e sua menor frequência não tenha permitido sua detecção. De qualquer modo, o parasitismo de *Macrocentrus* sp, foi observado apenas para nas larvas de *T. meticulosalis*, sendo que estudos específicos são necessários para confirmar ou refutar tais hipóteses.

O conhecimento de aspectos da biologia de espécies predadoras de sementes permite melhor compreender as relações ocorrentes no ambiente. A estimativa do número médio de sementes consumida por cada espécie foi um dos pontos chave nesta questão. O parasitismo efetuado por *Macrocentrus* sp. que foi de 29% das larvas no experimento realizado, mostra o papel que pode ser exercido por estes insetos na regulação das densidades populacionais de lepidópteros predadores de sementes de *E. falcata*. A presença e densidade destes parasitóides deve ter uma ligação com os índices de predação das sementes de *E. falcata* amostradas. Isto torna ainda mais complexo e intrincado o cenário de relações biológicas ocorrentes na interação entre insetos predadores de sementes e a planta hospedeira.

Considerações Finais

Possíveis estratégias de compensação a predação de sementes em *Erythrina falcata*

O índice de predação das sementes de *Erythrina falcata* por insetos acaba por, de alguma forma, interferir na dinâmica natural da planta. Porém, apenas esta condição não determina, necessariamente, a presença ou ausência da espécie em determinados ambientes.

Existe a possibilidade de que a estratégia de *E. falcata* como compensação à predação de suas sementes esteja relacionada apenas a seu ciclo de vida. Sua história natural que provavelmente esteve sempre ligada a predação exercida a suas sementes, a capacita suportar a predação imposta por insetos e quem sabe outros grupos animais e ainda assim permite que a porção restante das sementes produzidas possa germinar e se estabelecer, possibilitando sua ocorrência no ambiente.

Árvores de *E. falcata* podem viver por mais de cem anos, passando durante este período por diversas frutificações. Segundo Carvalho (2003) a densidade natural é de 4 indivíduos por hectare de floresta, sendo considerada uma planta de aspecto raro e irregular, o que é uma característica natural de distribuição desta planta. Esta condição, somada a ampla distribuição natural de *E. falcata* são então fatores que dão apoio a esta hipótese.

Ridley (2006) descreve o fenômeno chamado de evolução seqüencial, onde mudanças em uma espécie podem influenciar a outra, sendo que a recíproca não precisa ser verdadeira. Cita por exemplo que várias espécies de insetos herbívoros juntas podem ou não causar adaptações e modificações em uma planta. Os insetos podem até sofrer adaptações seletivas que o tornem mais aptos a predação das sementes, mas esta condição nem sempre será suficiente ao ponto de causar uma pressão seletiva capaz de mudanças evolutivas da planta. Neste contexto a evolução sequencial acaba resultando em correspondências imperfeitas das filogenias entre os táxons.

Mesmo que os índices de predação de sementes em *E. falcata* sejam elevados em todos os eventos de frutificação, a alta longevidade da planta a possibilita conseguir que algumas de suas sementes em algumas de suas frutificações, acabe escapando da predação imposta, germinem e cheguem a idade adulta, tornando-se novas matrizes reprodutoras. Por mais que a predação das sementes seja intensa por parte dos insetos, não é ainda suficiente para gerar um efeito capaz de suscitar forças evolutivas de seleção de indivíduos com características que possam diminuir ou interromper a predação de suas sementes.

Nakamura et al. (1995) descrevem a interação entre a planta *Brassica rapa*

(Brassicaceae) e insetos hemípteros predadores de suas sementes. Relatam uma elevada taxa de predação de sementes efetuada em todas as populações amostradas, capaz de reduzir consideravelmente o número de sementes viáveis. Discutem que apesar dos índices de predação, não encontraram evidências de variação genética entre as diferentes populações de plantas amostradas, que pudesse ter sido selecionada a favor de impedir ou diminuir a predação de suas sementes por insetos. Comentam também que apesar de alta, a predação de sementes por insetos não foi capaz de suscitar na planta, mecanismos genéticos que evitem a interação, de modo que o ciclo natural e a história de vida deste vegetal foi provavelmente desde o início, moldado junto com a predação de suas sementes por estes grupos.

A alta taxa de predação das sementes encontrada entre as plantas de *E. falcata* amostradas, pode, no entanto levar a interpretação de que a planta apresente algum tipo de estratégia que busque compensar a predação da maioria de suas sementes, e assim continuar presente no ambiente. Neste trabalho, foi demonstrado apenas a capacidade que insetos predadores tem de reduzir o número de sementes viáveis produzidas pela planta durante o período de pré-dispersão. OR e Ward (2003) relatam que existe também um forte impacto relacionado à predação de sementes no período pós-dispersão, tanto por insetos, quanto por outros grupos animais, como aves e roedores. A existência de outros grupos relacionados à predação de sementes de *E. falcata* no período de pós-dispersão, certamente acarreta em uma maior redução do número de sementes viáveis e passíveis de germinação, sendo estudos complementares necessários para mensurar este impacto.

Um fato que leva plantas com altos índices de predação a prosperarem no ambiente, é o potencial de germinação das sementes viáveis que escapam da predação. Isto capacita as plantas, mesmo que tenham a maioria de suas sementes predadas, a manterem seus níveis populacionais. Bartimachi et al. (2008) relatam este comportamento para a planta *Anadenanthera falcata* (Fabaceae) onde grande porcentagem de suas sementes são predadas por insetos nos períodos pré e pós-dispersivos. Comenta que mesmo tendo a maioria das sementes predadas por insetos, a elevada capacidade de germinação, associada a um regime constante de chuvas, faz com que o pequeno percentual de sementes que escapam da predação, acabem germinando. O autor considera este fenômeno como uma possível estratégia da planta como escape as elevadas taxas de predação de suas sementes, o que provavelmente habilita a espécie a permanecer presente naquele ambiente.

Segundo Carvalho (2003) *E. falcata* possui uma elevada capacidade de germinação, chegando a 90% de suas sementes. O mesmo autor cita que esta capacidade de germinação é progressivamente atenuada com o tempo, e acaba sendo drasticamente reduzida com o passar de 40 a 50 dias após a maturação.

O fato de *E. falcata* apresentar um alto índice de germinação de sementes pode ser uma estratégia para a compensação a predação de suas sementes. No entanto, a constatação da diminuição na capacidade de germinação das sementes com o passar do tempo acaba indo contra esta afirmação. Este fato está relacionado principalmente ao aspecto indeiscente de suas vagens e ao período em que as sementes mesmo maduras, ainda estão aderidas a planta genitora. Lazarotto et al. (2011) buscaram determinar o momento ideal para coleta das sementes maduras de *Erythrina cristagalli* de modo a maximizar o potencial de germinação. Descreve que este período ocorre durante a oitava semana após a antese floral da planta, sendo que neste momento as sementes ainda se encontram em pré-dispersão, aderidas a planta genitora. Carvalho (2003) cita que o melhor período para a obtenção das sementes de *E. falcata* é quando os frutos passam da coloração verde para marrom escura, também estando aderidos a planta genitora. O período em que as sementes maduras de *E. falcata* permanecem aderidos às plantas amostradas, que foi de 65 dias em média, acaba fazendo com que sementes percam consideravelmente a capacidade de germinação, antes mesmo de entrarem em contato com o solo.

Entre as hipóteses que relacionam estratégias evolutivas, moldadas pela interação co-evolutiva entre predação de sementes por grupos animais e defesas impostas pelas plantas, existe a proposta de Janzen (1971) que se relaciona a saciação do predador. Plantas que produzem elevada quantidade de sementes são capazes de suportar altos índices de predação, devido a impossibilidade por parte de seus predadores de preda todas as sementes produzidas. Isto faz com que ao final do período de frutificação, um alto número de sementes acaba não sendo predada.

Esta condição é gerada por dois fatores, ambos intrínsecos a cada espécie. O primeiro deles se relaciona a biologia da planta, com a formação de várias sementes por fruto, Johnson e Romero (2004) citam que este fenômeno é comum entre plantas da família Fabaceae. Pereira et al. (2008) relatam esta possível estratégia de saciação do predador para a espécie *C. leptophylla*, e demonstram que apesar do alto índice de predação de sementes, um elevado número acaba escapando da predação, devido a alta produção de sementes por vagem e que esta condição é um dos fatores que torna a espécie apta a suportar a predação e ainda conseguir disseminar um grande

número de sementes viáveis. Sari et al. (2005) relatam que este comportamento é encontrado em *Senna multijuga* (Fabaceae) com a produção de sementes pequenas e em grande número, levando a saciação dos insetos predadores, sendo este um mecanismo efetivo que permite a planta suplantar a predação de suas sementes.

O segundo fator se baseia na produção de um elevado número de sementes pela planta em um período de frutificação, intercalado por anos com pouca ou nenhuma frutificação. Denomina-se a este processo *mast seeding* ou frutificação em massa. Estes eventos normalmente envolvem toda a população de árvores e se estende por vastas áreas (Visser et al., 2011).

Este processo é um fenômeno comum, ocorrente em todo o mundo, e que é encontrado principalmente em plantas frutíferas, entre as quais muitas são utilizadas pelo homem. A frutificação em massa foi inicialmente hipotetizada por Janzen (1971) relacionando ao processo de saciação de insetos predadores das sementes de *Cassia grandis*. Satake e Bjornstad (2004) relatam que a frutificação em massa, seguida de intervalos sem produção de sementes acaba impedindo a persistência e invasão de populações de predadores de sementes. Comenta que além da saciação do predador, o intervalo de anos com pouca ou sem nenhuma frutificação, leva a um cenário de imprevisibilidade de recursos alimentares para os predadores, aumentando a probabilidade de sua morte por inanição, conseqüentemente diminuindo e regulando os níveis populacionais das espécies. Este fator tem aumentado seu impacto se as espécies predadoras de sementes forem especialistas, adaptadas a predação das sementes de uma única planta hospedeira (Janzen 1971; Satake e Bjornstad, 2004).

Janzen (1974) discute que como a produção de sementes é elevada em anos de frutificação em massa, estas acabam ficando um maior tempo no ambiente, podendo se estender de meses a anos. É então necessário que o tempo decorrido entre duas frutificações seja suficiente para que todas as sementes germinem ou acabem sendo predadas, levando a escassez do recurso. Somente desta forma, tal estratégia acaba gerando impacto nas populações de predadores de sementes. O comportamento de frutificação em massa pode então acabar levando a uma diminuição do valor adaptativo das plantas. Satake e Bjornstad (2004) comentam que períodos sem frutificação têm grande impacto nas populações de insetos predadores de sementes devido a ausência do recurso. Entretanto, estes períodos diminuem drasticamente o surgimento de novas plântulas, pela não produção de sementes.

Desta forma a quantidade de sementes produzidas em períodos de frutificação em massa, tem de ser suficiente para que consiga saciar todas as espécies de insetos

e demais grupos relacionados a predação de sementes e ainda possibilite que parte das sementes não sejam predadas e possam germinar. Caso esse processo não ocorra, a planta corre o risco de ter a totalidade de suas sementes predadas, o que a deixa suscetível a ser gradativamente excluída do ambiente (Janzen, 1974).

A hipótese de saciação do predador pela produção de um elevado número de sementes por vagem, provavelmente não é o fator que diminui o impacto da predação das sementes em *E. falcata*. Isto se pauta principalmente na média de sementes (três sementes por vagem) entre as plantas da população de *E. falcata* amostradas. Também na dissecação das vagens, rotineiramente se observava vagens onde todas as sementes haviam sido predadas.

De acordo com Carvalho (2003) *E. falcata* apresenta uma frutificação irregular e variável, podendo passar anos apresentando apenas floração, mas sem formação de frutos e sementes. Betanin e Nienow (2010) estudaram por dois anos a fenologia de floração e frutificação de uma população de *E. falcata*. Demonstraram que em ambos os anos, as plantas amostradas apresentaram floração, porém sem frutificarem. Também mostraram existir uma alta viabilidade dos grãos de pólen para a espécie, comprovando não ser este o impedimento à frutificação. Não foram encontrados trabalhos que relatem a existência de frutificação em massa para plantas do gênero *Erythrina*. No entanto, as observações feitas por Carvalho (2003) e Betanin e Nienow (2010) mais a constatação de que nenhuma das cinco plantas utilizadas no trabalho, no ano de 2010, assim como nenhuma das 31 demais plantas presentes na área amostrada, frutificaram no ano seguinte, mostra que o fenômeno de frutificação em massa, pode ser ocorrente na espécie e que acaba se tornando uma estratégia capaz de diminuir o potencial de crescimento das populações dos insetos predadores de suas sementes.

É possível que todas as estratégias mencionadas acabem agindo simultaneamente e de forma discreta, estruturando a interação entre a planta *E. falcata* e os insetos predadores de suas sementes. O fato é que o ambiente é um sistema instável, de modo que as condições reinantes em um determinado momento acabam facilmente se alterando. Buscar uma melhor compreensão em relação a *E. falcata* e os insetos que se alimentam de suas sementes, é primordial para que se consiga visualizar a complexa e intrincada dinâmica de fatores ambientais e evolutivos, que juntos moldam, estruturam e permitem a coexistência e continuidade da interação entre a planta e os insetos predadores de suas sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, I. B. de; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. Sementes Florestais. Morfologia, Germinação, Produção. *Abrates*, Brasília, 350 p., 1993.
- ALLOTEY, J.; MORRIS, J. G. Biology of *Cathartus quadricollis* (Guerin-Meneville) (Coleoptera: Silvanidae) on some selected food media. *Insect Science Applicatta*. 14: 61-68, 1993.
- ALVES, W. P. Mecanismos de ação de himenópteros parasitóides sobre *Megastes* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) em agroecossistema de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.). *Cienc. Rural* [online] 34 (4):1243-1244, 2004.
- ARAÚJO, L. S.; BRAGA, D. L.; BRAGA, R. F.; NEVES, F. S.; FAGUNDES, M. Efeito da complexidade do habitat na abundância de insetos galhadores associados a *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae). Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil. 2005.
- ÁRPÁD, S. Á.; SCHMERA, D.; JERMY, T. Spatial and temporal organisation of the pre-dispersal seed predator guild in a perennial legume, *Vicia tenuifolia*. *Ecological Entomology*. 31: 114–122, 2006.
- BARTIMACHI, A.; NEVES, J.; PEDRONI, F. Predação pós dispersão de sementes do angico *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. (Leguminosae-Mimosoideae) em mata de galeria em Barra do Garças, MT. *Revista Brasileira de Botânica*. 31: 215-225, 2008.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. Predation of *Cassia marilandica* seeds by *Sennius abbreviatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 104 (1): 61-64, 1977.
- BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. Ecologia: De indivíduos a ecossistemas. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- BETANIN, L.; NIENOW, A. A. Propagação vegetativa da corticeira-da-serra (*Erythrina falcata* Benth.) por estaquia caular e foliar. *Semina*. 31 (4): 871-880, 2010.
- BOHART, G.E.; KOERBER, T.W. Insects and seed production. *Seed Biology*. 3:1-53, 1972.
- BOIEIRO, M.; SERRANO, A. R. M.; REGO, C.; ESPADALER, X. The impact of specialist and generalist pre-dispersal seed predators on the reproductive output of a common and rare Euphorbia species. *Acta Oecologica*. 36 (2): 227-233, 2010.
- BONDAR, G. Palmeiras oleíferas nativas do Brasil. *Chácaras e Quintais*. 88: 698–700, 1953.
- BONDAR, G. Notas biológicas sobre bruquídeos observados no Brasil. *Arquivos do Instituto de Biologia Vegetal*. 3: 7–44, 1936.
- BORROR, D. J.; DELONG, D. M. Introdução ao Estudo dos Insetos. Rio de Janeiro: Aliança para o progresso, 1969.
- BROWN, V.K. Secondary Sucession: insect-plant relationships. *Bioscience*. 34:710-716,1984.
- BRUNNER, M.; BEERS, E. H.; WILLET, J. F.; WARNER, G. Orchard pest management. A resource book for the Pacific Northwest. Good Fruit Grower, Yakima, Washington, USA. 276p., 1993.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas Brasileiras. Colombo: Embrapa Florestas, 1040p., 2003.

- CASTELLANI, T. T.; dos SANTOS, F. A. M. Fatores de risco à produção de sementes de *Ipomoea pes-caprae*. *Revista Brasileira de Botânica*. 28 (4): 773-783, 2005.
- COELHO, R. R. O papel da planta hospedeira na história de vida do percevejo predado *Brontocoris tabidus* (Signoret) (Hemiptera: Pentatomidae). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 61p., 2008.
- COSTA, R. A. C. V.; MORAIS A. B. B. Fenologia e visitantes florais de *Erythrina crista-galli* L. (Leguminosae: Faboideae) em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biotemas*. 21: 51-56, 2008.
- CRAWLEY, M. J. Herbivory: the dynamics of animal-plant interactions. University of California Press, Berkeley, 1983.
- CUEVAS-REYES, P.; QUESADA, M.; HANSON, P.; OYAMA, K. Interactions Among Three Trophic Levels and Diversity of Parasitoids: A Case of Top-Down Processes in Mexican Tropical Dry Forest *Environmental Entomology*. 36(4): 792-800, 2007.
- DAMBROS, V. S.; EISINGER, A. M.; CANTO-DOROW, T. S. Leguminosae do Campus da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. *Ciência e Natura*. 26(2): 43-60, 2004.
- DIAS, S. A. Avaliação de parâmetros neurofarmacológicos, genotóxicos e antioxidantes do extrato etanólico das folhas da *Erythrina falcata*. Dissertação de mestrado. ULBRA, Canoas, 2008.
- FENNER, M. (Ed.). Seeds: the ecology of regeneration in plant communities. Wallingford: *CABI Publishing*. p.237-260, 2000.
- FERRER, J.; ODEGAARD, F. New species of darkling beetles from Central America with systematic notes (Coleoptera: Tenebrionidae). *Annales Zoologici Warszawa*. 55(4): 633-661, 2005.
- FERRO, V. G.; GUIMARAES JUNIOR, P. R.; TRIGO, J. R. Why do larvae of *Utetheisa ornatrix* penetrate and feed in pods of *Crotalaria*? Larval performance versus chemical and physical constraints. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 121: 23-29, 2006.
- FIGUEIREDO, P. S.; GIRNOS, E. C.; SANTOS, L. S. Predação e parasitismo em sementes de duas populações de *Parkia platycephala* Benth., em áreas de cerrado no nordeste do Brasil. *Rev. bras. Bot.*, 31(2): 245-251, 2008.
- FRÖBORG, H.; ERIKSSON, O. Predispersal seed predation and population dynamics in the perennial understorey herb *Actaea spicata*. *Canadian Journal of Botany*. 81 (11): 1058-1069, 2003.
- GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P. de; WANDERLEY, M. das G. L.; VAN DEN BERG, C. Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. *Megadiversidade*. 1(1): 52-61, 2005.
- GRATIERI-SOSSELLA, A.; PETRY, C.; NIENOW, A. A. Propagação da corticeira do banhado (*Erythrina crista-galli* L.) (FABACEAE) pelo processo de estaquia. *Rev. Árvore*. 32(1): 163-171, 2008.
- GRENHA, V.; MACEDO, M. V.; MONTEIRO, R. F. Seed predation on *Allagoptera arenaria* (Gomes) O'Kuntze (Arecaceae) by *Pachymerus nucleorum* Fabricius (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae). *Revista Brasileira de Entomologia*. 52(1): 50-56, 2008.

- HAINES, C. P. Insects and arachnids of tropical stored products: their biology and identification. 2. ed. Chatham, Kent: *Natural Resources Institute*. 246p., 1991.
- HAUTIER, Y.; SANER, P.; PHILIPSON, C.; BAGCHI, R.; ONG, R. C.; HECTOR, A. Effects of Seed Predators of Different Body Size on Seed Mortality in Bornean Logged Forest. *PLoS ONE* 5(7): e11651, 2010.
- HILL, R. A report on the suitability of *Cydia succedana* (D & S) as a biological control agent for gorse. Unpublished report, Auckland, *Entomology Division, Department of Science and Industrial Research*. 17 p., 1990.
- JANZEN, D.H.. Escape of *Cassia grandis* L. beans from predators in time and space. *Ecology*. 52: 964-979, 1971.
- JANZEN, D.H. Tropical blackwater rivers, animals, and mast fruiting by the Dipterocarpaceae. *Biotropica*. 6: 69-103, 1974.
- JÕGAR, K.; METSPALU, L.; HIIESAAR, K.; LUIK, A.; MARTIN, A. J.; MÄND, M.; JAANISO, R.; KUUSIK, A. Physiology of diapause in pupae of *Pieris brassicae* L. (Lepidoptera: Pieridae). *Agronomy Research*. 3(1), p. 21-37, 2005.
- JOHNSON, C. D. Interactions between bruchid (Coleoptera) feeding guilds and behavioral patterns of fruits of the Leguminosae. *Environmental Entomology*. 10: 249-253, 1981.
- JOHNSON, C. D.; ROMERO, J. A review of evolution of oviposition guilds in the Bruchidae (Coleoptera). *Revista Brasileira de Entomologia*. 48(3): 404-408, 2004.
- JOLY, C. A.; FELIPPE, G. M.; DIETRICH, S. M. C.; CAMPOS-TAKAKI, G. M. Physiology of germination and seed gel analysis in two populations of *Magonia pubescens* St. Hil. *Revista Brasileira de Botânica*. 3: 1-9. 1980.
- KRUGNER, R.; DAANE, K. M.; LAWSON, A. B.; YOKOTA, G. Biology of *Macrocentrus iridescens* (Hymenoptera: Braconidae): A Parasitoid of the Obliquebanded Leafroller (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology*. 34(2): 336-343, 2005.
- KRUKOFF, B. A. The American species of *Erythrina*. *Brittonia*, 3(2): 205-337, 1939.
- LAZAROTTO, M.; BELTRAME, R.; MUNIZ, M. F. B.; BLUME, E. Maturação Fisiológica de Sementes de *Erythrina crista-galli* L. Physiological Maturation of *Erythrina crista-galli* L. *Ciência Florestal*. 21 (1): 9-16, 2011.
- LEWIS, G. P. Legumes of Bahia. Kew: Royal Botanic Gardens. 369p., 1987.
- LEWIS, G. P.; SCHRIRE, B.; MACHINDER, B.; LOCK, M. Legumes of the world. Kew: Royal Botanic Gardens. 577p. 2005.
- LI, S. Y.; FITZPATRICK, S. M.; TROUBRIDGE, J. T.; SHARKEY, M. J.; BARRON, J.R.; J.E. O'HARA. Parasitoids reared from the obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) infesting raspberries. *The Canadian Entomologist*. 131: 399-404, 1999.
- LIMA, A. C. Insetos do Brasil, 6o Tomo, Capítulo 28, Lepidópteros, 2a Parte. Série Didática Num. 8. Brasil, Escola Nacional de Agronomia, 420p., 1950.
- LIMA, A. C. Insetos do Brasil: Coleópteros. Rio de Janeiro, Escola Nacional de Agronomia, 9o Tomo, 3a Parte. 289p., 1955.

- LIMA, A. C. Insetos do Brasil 12o Tomo. Capítulo 30. Hymenópteros 2a Parte. Série Didáctica 13. Escola Nacional de Agronomia, Rio de Janeiro, Brasil. 1962.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Editora Plantarum, 2002.
- LOUDA, S. M. Distribution ecology: variation in plant recruitment over a gradient in relation to insect seed predation. *Ecological Monographs*. 52 (1): 25–41.1982.
- MARCHIORI, J. N. C. Dendrologia das Angiospermas: Leguminosas. Santa Maria: Ed. UFSM. 200p,1997.
- NAKAMURA, R.; MITCHELL-OLDS, T.; MANASSE, R. S.; LELLO, D. Seed predation, pathogen infection, and life-history traits in *Brassica rapa*. *Oecologia*. 102: 324–328, 1995.
- NASCIMENTO, L. A. Ecologia de Bruchidae na predação pré-dispersão de sementes de *Albizzia lebbbeck* (Benth.) em arborização. Dissertação de mestrado.UFRRJ. Seropédica, 2009.
- NOTMAN, E.; GORCHOV, D. L. Variation in Post-dispersal Seed Predation in Mature Peruvian Lowland Tropical Forest and Fallow Agricultural Sites. *Biotropica*. 33(4): 621–636, 2001.
- NÚÑEZ, R. Lepidoptera (Insecta) de Topes de Collantes, Sancti Spíritus, Cuba. *Bol. S.E.A.* 34: 151–15, 2004.
- OR, K.; WARD, D. Three–way Interactions Between Acacia, Large Mammalian Herbivores and Bruchid beetles - A Review. *African Journal of Ecology* 41 (3): 257–265, 2003.
- ORIHUELA, P. A.; ISHIYAMA, V. Postcoital ingestion of the aqueous extract of *Erythrina falcata* Benth prevents pregnancy in the mouse. *Journal of Ethnopharmacology*. 73: 307-310, 2006.
- PADRÓN, S. Lepidópteros Diurnos y Nocturnos de la Reserva Buenaventura (Piñas - Ecuador). *Lyonia*. 9 (1): 53-65. 2006.
- PALMBAD, I. G.; GREEN, T. W. Effects of insect seed predators on *Astragalus cibarius* and *Astragalus utahensis* (Leguminosae). *Ecology*. 56: 1435-1440, 1975.
- PEREIRA, P. R. V. da S.; SALVADORI, J. R. Identificação dos principais Coleoptera (Insecta) associados a produtos armazenados. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 33 p. 2006
- PEREIRA, C. M.; MOURA, M. O. ; RIBEIRO-COSTA. C. S.; ZUKOWSKI, L. Predação de sementes em *Cassia leptophylla*: efeito do tamanho dos frutos e adensamento das vagens. In: XXVII Congresso Brasileiro de Zoologia. Anais do XXVII do Congresso Brasileiro de Zoologia, 2008.
- PEREIRA, C. M.; MOURA, M. O. Bruchineos e Lepidopteros Associados a Predação de Sementes de *Cassia leptophylla* (Vogel) Fabaceae - Caesalpinioideae. In: II Encontro de Iniciação Científica do PROIC/UNICENTRO, Guarapuava. Anais do II Encontro de Iniciação Científica do PROIC/UNICENTRO, 2009.
- PICANÇO, M. C.; ARAÚJO, J. M.; FALEIRO, F. G.; MIRANDA, M. M. M. Intensidade de Ataque de *Cathartus quadricollis* Guerin, 1829 (Coleoptera: Silvanidae) a 49 populações de milho de polinização aberta. *Revista Brasileira de Armazenamento*. 18/19:11-14, 1994.
- PODEROSO, J. C. M.; DANTAS, P.C.; PASSOS, E. M.; RIBEIRO, G. T.; OLIVEIRA, M. E. C. Registro da *Agathodes designalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Pyralidae) em Mulungu

- (*Erythrina velutina*) (Willd.) no Viveiro de Mudanças de Espécies Florestais Nativas no Município de São Cristóvão, Sergipe, Brasil. *EntomoBrasilis*. 1(1): 14-15, 2008.
- POLHILL, R. M. Papilionoideae. *Advances in Legume Systematics*. Kew: *Royal Botanic Gardens*. 1: 191-208, 1981.
- RAMÍREZ, N.; TRAVESET, A. Predispersal seed-predation by insects in the Venezuelan Central Plain: Overall patterns and traits that influence its biology and taxonomic groups. *Perspectives in Plant Ecology, Evolutions and Systematics*. 12 (3): 193-209, 2010.
- RATHORE, M. P.; FELLOW, S. V. Insect pests in agroforestry. Nairobi: International Centre for Research in Agroforestry, 1995. (Working Paper, 70)
- RIBEIRO-COSTA, C. S.; COSTA, A. S. Comportamento de oviposição de Bruchidae (Coleoptera) predadores de sementes de *Cassia leptophylla* Vogel (Caesalpinaceae), morfologia dos ovos e descrição de uma nova espécie. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19: 305-316, 2002.
- RICKLEFS. R. E. A Economia da Natureza. Terceira Edição. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan S.A. 2010.
- RIDLEY, M. Evolução - 3.ed.- Porto Alegre: Artmed, 2006.
- ROQUE-ÁLBELO, L.; LANDRY, B. CDF Checklist of Galapagos Butterflies and Moths - FCD Lista de especies de Mariposas y polillas de Galápagos. *Charles Darwin Foundation Galapagos Species Checklist*. 2011.
- RODRÍGUEZ, C. D. *Petitia domingensis* Jacq. Capá Blanco. Verbenaceae. Verbena family. *USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry*. 5 p.1993.
- SANTOS, G. P.; ARAÚJO, F. S.; MONTEIRO, A. J. A.; NETO, H. F. Danos causados por *Plocetes* sp. (Coleoptera; curculionidae) e lepidoptera em sementes de guiné-do-mato, *Coutareae hexandra* (Rubiaceae). *Revista Ceres, Viçosa*, v. 41, n. 238, p.608-613, 1994.
- SARFATI, M. S.; Diapause by seed predators and parasitoids in *Chionochoa* mast seeding communities. A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Ecology. School of Biological Sciences University of Canterbury. 196p., 2008.
- SARI, L. T.; RIBEIRO-COSTA, C. S.; MEDEIROS, A. C. S. Insects Associated with Seeds of *Lonchocarpus muehlbergianus* Hassl. (Fabaceae) in Tres Barras, Parana, Brazil. *Neotropical Entomology*. 31(3): 483-486, 2002.
- SARI, L. T.; RIBEIRO-COSTA, C. S.; ROPER, J. Dinâmica populacional de Bruchinae (Coleoptera:Chrysomelidae) em *Senna multijuga* L.C. Richard I. & B. (Caesalpinaceae). *Revista Brasileira de Zoologia*. 22: 169-174, 2005.
- SATAKE A; BJØRNSTAD, O. N. Spatial dynamics of specialist seed predators on synchronized and intermittent seed production of host plants. *The American naturalist*. 163(4): 591-605, 2004
- SCHERER, K. Z.; ROMANOWSKI, H. P. Predação de *Megacerus baeri* (Pic, 1934) (Coleoptera: Bruchidae) sobre sementes de *Ipomoea imperati* (Convolvulaceae), na praia da Joaquina, Florianópolis, sul do Brasil. *Biotemas*. 18 (1): 39 - 55, 2005.
- SCHOONHOVEN, L. M.; JERMY, T.; VAN LOON, J. J. A. Insect-plant biology. From physiology to evolution. Chapman & Hall, London. 1998.

- SCHUPP, E. W. Annual variation in seedfall, postdispersal predation, and recruitment of a neotropical tree. *Ecology*. 71: 504–515, 1992.
- SERRANO, J. M.; DELGADO, J. A.; LÓPEZ, F.; ACOSTA, F. J.; FUNGAIRIÑO, S. G. Multiple infestation by seed predators: the effect of loculate fruits on intraspecific insect larval competition. *Acta Oecol.* 22: 153–160, 2001.
- SOUSA, A. H.; FARONI, L. R. A.; REZENDE, F.; AURELIO, M.; PIMENTEL, G.; SILVA, G. N. Population growth of *Cathartus quadricollis* (Coleoptera: Silvanidae) in products stored at different temperatures. *Afri J Food Sci.* 3: 347–51, 2009.
- SPIRONELLO, W. R.; SAMPAIO, P. T. B.; RONCHI-TELES, B. Produção e predação de frutos de *Aniba rosaeodora* Ducke var. amazônica Ducke (Lauraceae) em sistema de plantio sob floresta de terra firme na Amazônia Central. *Acta botânica Brasileira*. 18 (4): 801-807, 2004.
- SWEZEY, O. H. The erythrina twig-borer (*Terastia meticulosalis*) in Hawaii (Pyralidae, Lepidoptera). *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society* 5(2): 297-298. 1923.
- TRAVESET, A. Post-dispersal predation of *Acacia farnesiana* seeds by *Stator vachelliae* (Bruchidae) in Central America. *Oecologia*. 84: 506–512.1990.
- TRAVESET, A. Pre-dispersal seed predation in Central American *Acacia farnesiana*: Factors affecting the abundance of co-occurring bruchid beetles. *Oecologia*. 87: 570-576, 1991.
- TWEEDIE, M. W. F. Some insects from Christmas Island, Indian Ocean. *BRM.* 8: 98-101. 1933.
- VELHO, N.; DATTA, A.; ISVARAN, K. The effect of terrestrial rodents of seed fate of five hornbill-dispersed tree species in north-east India. *Journal of Tropical Ecology*, 25: 507–514, 2009.
- VISSER, M. D.; JONGEJANS, E.; VAN BREUGEL, M.; ZUIDEMA, P. A.; CHEN, Y. Y.; KASSIM, A. R.; KROON, H. Strict mast fruiting for a tropical dipterocarp tree: a demographic cost–benefit analysis of delayed reproduction and seed predation. *Journal of Ecology* 99: 1033-1044, 2011.
- WEIHER, E.; KEDDY, P. Perspectives, Advances, Retreats. *Ecological Assembly Rules*, 1999.
- ZANUNCIO, A. J. V.; COUTO, M. C.; PEREIRA, A. I. A.; REZENDE, J. C.; RICARDO, B. A.; CASTRO, A. A.; SOUZA, G. K.; PASCHOALINO, R. S.; PASTORI, P. L.; TAVARES, W. S.; Danos por *Terastia meticulosalis* (Lepidoptera: Crambidae) e *Agathodes Designalis* (Lepidoptera: Pyralidae) em mudas de mulungu, *Erythrina speciosa* (Fabaceae), no estado do Rio de Janeiro, Brasil. XVII Seminário de Iniciação Científica da UFOP. P. 91, 2009.
- ZHANG, J.; DRUMMOND, F. A.; LIEBMAN, N; HATKE, A. Insect predation of seeds and plant population dynamics. *Maine Agricultural and Forest Experimentation* 17. University of Maine. 1997.