

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDONÓPOLIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
CURSO DE BIOLOGIA

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL, PREDACÃO DE  
FRUTOS E ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Apion*  
*brevicorne* GERSTAECKER, 1854  
(CURCULIONOIDEA: BRENTIDAE: APIONINAE) EM  
*Copaifera malmei* HARMS (FABACEAE)**

**BACHAREL EM BIOLOGIA**

**SANDRELI BERENICE DE OLIVEIRA SANTOS**

Rondonópolis, MT – 2020

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL, PREDACÃO DE  
FRUTOS E ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Apion*  
*brevicorne* GERSTAECKER, 1854  
(CURCULIONOIDEA: BRENTIDAE: APIONINAE) EM  
*Copaifera malmei* HARMS (FABACEAE)**

**Sandreli Berenice de Oliveira Santos**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Rondonópolis como parte dos requisitos do Curso de Graduação em Biologia para obtenção do título de Bacharel em Biologia.

Orientador: Prof. Dr. Wesley Oliveira de Sousa

Rondonópolis, Mato Grosso – Brasil

2020

**Universidade Federal de Rondonópolis**  
**Instituto de Ciências Exatas e Naturais**  
**Biologia**

A comissão examinadora abaixo assinada aprova o trabalho de curso

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL, PREDACÃO DE FRUTOS E  
ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Apion brevicorne* GERSTAECKER,  
1854 (CURCULIONOIDEA: BRENTIDAE: APIONINAE) EM  
*Copaifera malmei* HARMS (FABACEAE)**

Trabalho de conclusão de curso  
elaborado por Sandreli Berenice de  
Oliveira Santos como requisito  
parcial para obtenção do grau de  
Bacharel em Biologia

**Comissão Examinadora**

---

**Prof. Dr. Wesley Oliveira de Sousa (Orientador)**  
**UFR – Universidade Federal de Rondonópolis**

---

**Prof. Dr. Rodrigo Aranda**  
**UFR – Universidade Federal de Rondonópolis**

---

**Prof. Dr. Lucas Lecci**  
**FAIESP. UNIC – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas Sobral Pinto**

**Rondonópolis, 13 de Fevereiro de 2020**

*Dedico este trabalho ao meu esposo Silvano Caetano dos Santos que me incentivou e me apoiou todos os dias, aos meus filhos Breno e Geovanna que são a razão da minha vida e ao meu orientador Dr. Wesley Oliveira de Sousa cuja dedicação e paciência serviram como pilares de sustentação para a conclusão deste trabalho.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Primeiramente agradeço a Deus por guiar meus passos e assim permitir que eu prosseguisse e concluísse esta caminhada.*

*Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Wesley Oliveira Sousa pela oportunidade de realizar essa pesquisa, a sua orientação, seu apoio e ao tempo dedicado à minha formação acadêmica.*

*Agradeço à Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis, que me proporcionou uma vivência educacional e pessoal de extrema importância para minha vida.*

*Agradeço à Fundação de amparo à pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.*

*Agradeço incondicionalmente aos meus pais, Maria Aparecida Dias de Oliveira e Joaquim Agripino de Oliveira Filho por todo apoio, dedicação e amor.*

*Agradeço aos meus filhos, por todo amor, paciência e compreensão pela minha ausência.*

*Agradeço de modo especial ao meu esposo Silvano Caetano dos Santos, que me incentivou a todo o momento a buscar meu crescimento pessoal e profissional, teve paciência com minhas mudanças de humor do decorrer da minha vida acadêmica, entendeu minhas ausências, sem ele ao meu lado nada disso teria sido possível.*

*Agradeço às minhas irmãs que sempre estiveram ao meu lado.*

*Agradeço a todos os professores que contribuíram diariamente com seu conhecimento e dedicação e que foram importantes na minha jornada acadêmica.*

*Agradeço aos meus colegas de laboratório, Rosana, Ana Laura, Wesley, Bruna, Amélia, Thaís e Lenilson por todo apoio.*

*Agradeço à minha amiga Renata Felício pelo carinho, pela paciência e por estar ao meu lado me auxiliando e incentivando a todo o momento.*

*Agradeço às minhas amigas: Sebastiana, Gabrielly, Viviane, Mônica, Jhenifer e Juliana por todo apoio.*

*Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.*

*Quem tenta ajudar uma borboleta a sair do casulo a mata. Quem tenta ajudar um broto a sair da semente a destrói. Há certas coisas que não podem ser ajustadas, tem que acontecer de dentro para fora.*

*Rubem Alves*

## RESUMO

*Apion brevicorne* Gerstaecker, 1854 se destaca pela associação com diferentes espécies de *Copaifera* (Fabaceae). Devido à ausência de informações sobre a biologia destes insetos em suas respectivas plantas hospedeiras, o presente estudo objetivou descrever aspectos da biologia de *A. brevicorne* associada à *C. malmei*. A distribuição temporal, a predação e a biologia de *A. brevicorne* em frutos de *Copaifera malmei* Harms foram estudadas em dez plantas distribuídas em um fragmento de Cerrado situado em área urbana de Rondonópolis-MT, ao longo de um ano (julho de 2018 a junho de 2019). Em cada planta foram amostrados 20 frutos, totalizando 400 por mês. Um total de 3.200 frutos e 5.972 insetos foram obtidos ao longo de oito meses de estudo (julho a setembro de 2018 e fevereiro a junho de 2019). Durante quatro meses (outubro de 2018 a janeiro de 2019) não houve frutos devido aos períodos de queda de folhas, rebrotamento, floração e frutificação na população de plantas estudadas. A menor taxa de predação (10%) ocorreu no mês em que os frutos apresentaram menor tamanho e peso (setembro) e as maiores taxas (77% a 81%) nos meses com frutos maiores (abril e maio). O número de ovos foi maior em fevereiro e larvas foram abundantes em março. A maior abundância de pupas foi em maio, de teneral e adultos em abril (2019) e junho de (2019), respectivamente. Os resultados sugerem uma sazonalidade e um sincronismo entre o ciclo de vida dos insetos e a fenologia da planta. A taxa de predação de *A. brevicorne* associada ao tamanho dos frutos de *C. malmei* deve ser investigada em estudos futuros para verificar os efeitos e impactos sobre a reprodução, aumento populacional e dispersão da planta hospedeira.

**Palavras-chave:** Apioninae, Curculionoidea, Trichapiina.

## ABSTRACT

*Apion brevicorne* Gerstaecker, 1854 stands out for its association with different species of *Copaifera* (Fabaceae). Due to the lack of information about the biology of these insects in their respective host plants, the present study aimed to describe aspects of the biology of *A. brevicorne* associated with *C. malmei*. The temporal distribution, predation and biology of *A. brevicorne* in fruits of *Copaifera malmei* Harms were studied in ten plants distributed in a Cerrado fragment located in an urban area of Rondonópolis-MT, for over a year (July 2018 to June 2019). In each plant, 20 fruits were sampled, totaling 400 per month. A total of 3.200 fruits and 5.972 insects were obtained over the course of eight months of study (July to September 2018 and February to June 2019). For four months (October 2018 to January 2019) there were no fruits due to the periods of leaf fall, sprouting, flowering and fruiting in the studied plant population. The lowest predation rate (10%) occurred in the month in which the fruits had the lowest size and weight (September) and the highest rates (77% to 81%) in the months with the largest fruits (April and May). The number of eggs was higher in February and larvae were abundant in March. The greatest abundance of pupae was in May, and teneral and adults in April and June, respectively. The results suggest a seasonality and a synchronism between the life cycle of insects and the phenology of the plant. The predation rate of *A. brevicorne* associated with the size of *C. malmei* fruits should be investigated in future studies to verify the effects and impacts on reproduction, population increase and dispersion of the host plant.

**Keywords:** Apioninae, Curculionoidea, Trichapiina.

## LISTA DE TABELAS

**TABELA I.** Variação mensal de frutos sadios e frutos predados por *Apion brevicorne* em *Copaifera malmei* de uma mancha de cerrado de Rondonópolis-MT.....20

**TABELA II.** Variação mensal dos estágios de desenvolvimento de *Apion brevicorne* em *Copaifera malmei* do cerrado de Rondonópolis-MT.....21

**TABELA III.** Variação mensal do tamanho (mm) e peso dos frutos (g) de *Copaifera malmei* do Cerrado de Rondonópolis-MT. N= 400 frutos por mês.....21

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Hábito de *Copaifera malmei* Harms, planta hospedeira de *Apion brevicorne*.....15
- FIGURAS 2.** Metodologia. (A) coleta de fruto de *Copaifera malmei*, (B) transporte, (C) caracterização de comprimento, (D) pesagem, (E) abertura, (F) armazenamento e fixação de *Apion brevicorne*.....16
- FIGURAS 3.** Estágios de desenvolvimento de *Apion brevicorne*: (A) ovos (B) larva, (C) pupa, (D) teneral e (E) adulto.....17
- Figura 4.** Gráficos circulares da sazonalidade dos estágios de desenvolvimento de *Apion brevicorne* durante o período de frutificação de *Copaifera malmei*. (A) Ovo, (B) Larva, (C) Pupa, (D) Teneral, (E) Adulto.....22
- Figura 5.** Box-plot do peso dos frutos de *Copaifera malmei* sadios e predados por *Apion brevicorne*.....23
- Figuras 6.** Box-plot do tamanho dos frutos de *Copaifera malmei* Sadios e predados por *Apion brevicorne*.....23

## SÚMARIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
2.1. Área de estudo.....	14
2.2. Espécie vegetal.....	14
2.3. Distribuição temporal, predação de frutos e aspectos biológicos de <i>A.brevicorne</i> .....	14
2.4. Análise dos dados.....	18
3 RESULTADOS.....	19
4 DISCUSSÃO .....	25
5 CONCLUSÃO.....	28
6 REFERÊNCIAS.....	29

## 1 INTRODUÇÃO

Apioninae Schoenherr, 1823 (Brentidae) é um grupo monofilético com cerca de 2.200 espécies descritas das mais diferentes regiões biogeográficas do planeta, distribuídas em 205 gêneros válidos (Anderson & Kissinger 2002, Alonso-Zarazaga & Wanat 2014) pertencentes a sete supertribos, sendo Apionitae a linhagem mais derivada e que engloba quase 90% da fauna mundial. Apionitae inclui quase todas as espécies da Região Neotropical e é subdividida em nove tribos, sendo Apionini a mais diversificada, com 15 subtribos (Kuschel 1995, Bouchard *et al.* 2011). São besouros fitófagos de tamanho geralmente pequeno (<13 mm), que se alimentam das folhas das plantas, enquanto as larvas são endófagas em diferentes partes das plantas, tais como inflorescências, frutos e sementes, ramos e raízes, ou produzindo galhas (Alonso-Zarazaga & Wanat 2014).

Algumas linhagens basais de Apioninae são associadas com Gimnospermas (Kissinger 1968, Alonso-Zarazaga & Wanat 2014) e a maioria com Magnoliófitas (Alonso-Zarazaga & Wanat 2014), enquanto os grupos mais apicais (Apionitae sensu Bouchard *et al.* 2011) apresentam associação com pelo menos 23 famílias pertencentes a 15 ordens de Angiospermas, todas Dicotiledôneas, como observado para a fauna Paleártica, da região Neártica e parte da Neotropical (Anderson & Kissinger 2002, Lima *et al.* 2008, Maia 2012, Alonso-Zarazaga & Wanat 2014), com ausência de informações sobre as relações entre plantas hospedeiras e os Apioninae da América do Sul e Brasil (Alonso-Zarazaga & Wanat 2014).

O conhecimento sobre a associação dos Apioninae com suas plantas hospedeiras é importante, não apenas para fins taxonômicos e sistemáticos, mas também para entender sua história evolutiva. O que significa que supostamente espécies de insetos intimamente relacionadas se alimentam de espécies de plantas intimamente relacionadas, e podendo auxiliar na delimitação de táxons em nível de subtribos de Apionini, a exemplo de Piezotrachelina, Oxystomatina, Trichiapiina e Exapiina, com seus representantes se alimentando principalmente de Fabaceae, Ceratapiina de Asteraceae, e Malvapiina e Aspidapiina em Malvaceae (Wagner 1941, Winter *et al.* 2017).

Informações sobre a biologia e ecologia dos Apioninae da Região Neotropical e Brasil são preliminares. Neste sentido, o conhecimento sobre a variação temporal e a predação de frutos e sementes por insetos podem auxiliar na identificação de padrões ecológicos do ciclo de vida do inseto e dos fatores que influenciam a reprodução, aumento populacional e dispersão da planta hospedeira (Schupp 1992). A maioria dos estudos sobre predação de sementes de insetos se concentram em sistemas florestais (Ramírez & Traveset 2010, Fagundes et al. 2013), poucos dados estão disponíveis sobre a predação de sementes na savana brasileira (Francisco et al. 2008, Fagundes et al. 2013). Apesar disso, no Cerrado, a predação das sementes é bem evidenciada principalmente na família das Leguminosas, o que acarreta grande perda na produção das mesmas (Ribeiro et al. 2007).

A predação dos frutos interfere na predação de sementes pré-dispersão (quando as sementes são predadas enquanto permanecem na planta-mãe) (Stachurska-Sawakoń et al. 2018), afetando diretamente a saúde reprodutiva, sucesso, sobrevivência e dinâmica populacional das plantas (Janzen 1970, Harper 1977, Kolb et al. 2007). O dano ocasionado pela predação pode variar entre espécies de plantas (El Atta 1993, Fenner & Thompson 2005, Klips et al. 2005) e níveis altos de predação podem não representar efeitos sobre a população de plantas (Crawley 1992, Kolb et al. 2007, Souza-Lopes et al. 2019).

A intensidade da predação de sementes na fase de pré-dispersão pode apresentar variações no espaço e no tempo afetando a seleção de alguns caracteres da planta como: padrões fenológicos e número de flores produzidas (Kolb et al. 2007). Da mesma forma, a intensidade da predação de sementes sofrida pelas plantas pode ser influenciada por sua fenologia reprodutiva, pela sincronia na frutificação entre as plantas, pelos diferentes habitats e pelo tempo que os frutos permanecem na planta (Forget et al. 1999, Raghu et al. 2005, Rodrigues 2013).

A predação é considerada um fator chave na mortalidade das sementes, podendo limitar a oferta ou impedir a germinação, tendo consequências na riqueza, diversidade e distribuição das plantas (Zhang et al. 1997). Para compreender esta dinâmica das interações entre os insetos predadores de frutos e sementes e suas plantas hospedeiras e determinar a influência da predação nas

populações de plantas, é necessário conhecer a biologia e ecologia dos grupos de insetos predadores, saber em quais plantas eles ocorrem e qual o dano ocasionado por estes insetos sobre as espécies de plantas predadas (Rodrigues 2013).

*Copaifera* é um dos gêneros de Fabaceae que apresenta distribuição mundial, com cerca de 70 espécies, a maioria delas ocorrendo na região Neotropical. O Brasil é o país com a maior biodiversidade, totalizando 26 espécies e oito variedades (Trindade et al. 2018) distribuídas ao longo de todos os biomas brasileiros, com maior diversidade na floresta Amazônica e no Cerrado. No Mato Grosso ocorrem 11 espécies, sendo o segundo estado brasileiro com maior diversidade, logo atrás da Bahia com 13 espécies (Veiga-Junior & Pinto 2002; Martins et al. 2008). As espécies de *Copaifera* são bem conhecidas devido às propriedades medicinais do óleo-resina e da casca extraídos do tronco (Andrade Jr. & Ferraz 2000). Dentre os Apioninae da Região Neotropical, *Apion brevicorne* Gerstaecker, 1854 se destaca por apresentar associação com diferentes espécies de *Copaifera* L., tais como *C. sabulicola* J. Costa & L. P. Queiroz, *C. luetzelburgii* Harms, *C. depilis* Dwyer (Santos et al. 2015) e *C. malmei* Harms (Lima et al. no prelo).

Dada à relevância da abundância, distribuição geográfica e pelas interações ecológicas de *A. brevicorne* com *Copaifera* spp. o presente estudo tem como objetivos: (1) descrever aspectos da biologia de *A. brevicorne* associada à *C. malmei*; (2) descrever a porcentagem de frutos de *C. malmei* predados por *A. brevicorne*; (3) descrever a distribuição temporal de *A. brevicorne* em área de Cerrado; (4) testar a hipótese sobre a preferência de predação por frutos maiores devido a maior disponibilidade de recursos para o desenvolvimento dos insetos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

As coletas foram realizadas em um fragmento de Cerrado *stricto sensu* localizado nas dependências da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis (16°28'15" S e 54°38'08" W). A área de estudo está inserida na região Sul de Mato Grosso, que apresenta clima caracterizado como tropical continental quente (megatérmico), alternado entre o úmido e seco (Sette 1996).

### 2.2. Espécie vegetal

*Copaifera malmei* Harms (Fig.1) é uma planta nativa e endêmica da região Central do Brasil e distribuída principalmente nos estados de Mato Grosso e Goiás (Oliveira-Filho et al. 2008, Silva 2010). A planta se distingue principalmente pela morfologia de suas folhas e folíolos (Dwyer, 1951). A espécie é conhecida localmente como Pau-d'olinho, Copaibinha (Oliveira-Filho et al. 2008), Pau-d'óleo (Bieski et al. 2012) ou Guaranazinho (Flora do Brasil 2020).

Segundo a plataforma digital Flora do Brasil (2020) do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, *Copaifera malmei* apresenta hábito arbustivo, atinge 1 a 3m de altura, possui de 3 a 5 pares de folíolos com tricomas bulbosos na face abaxial, as flores apresentam sépalas pilosas em ambas as faces; ovários totalmente pilosos. Os frutos são tipo legume, apresentam de 2 até 3.5 cm de comprimento com formato levemente falcado. As sementes possuem arilos branco.

### 2.3. Distribuição temporal, predação de furtos e aspectos biológicos de *A. brevicorne*

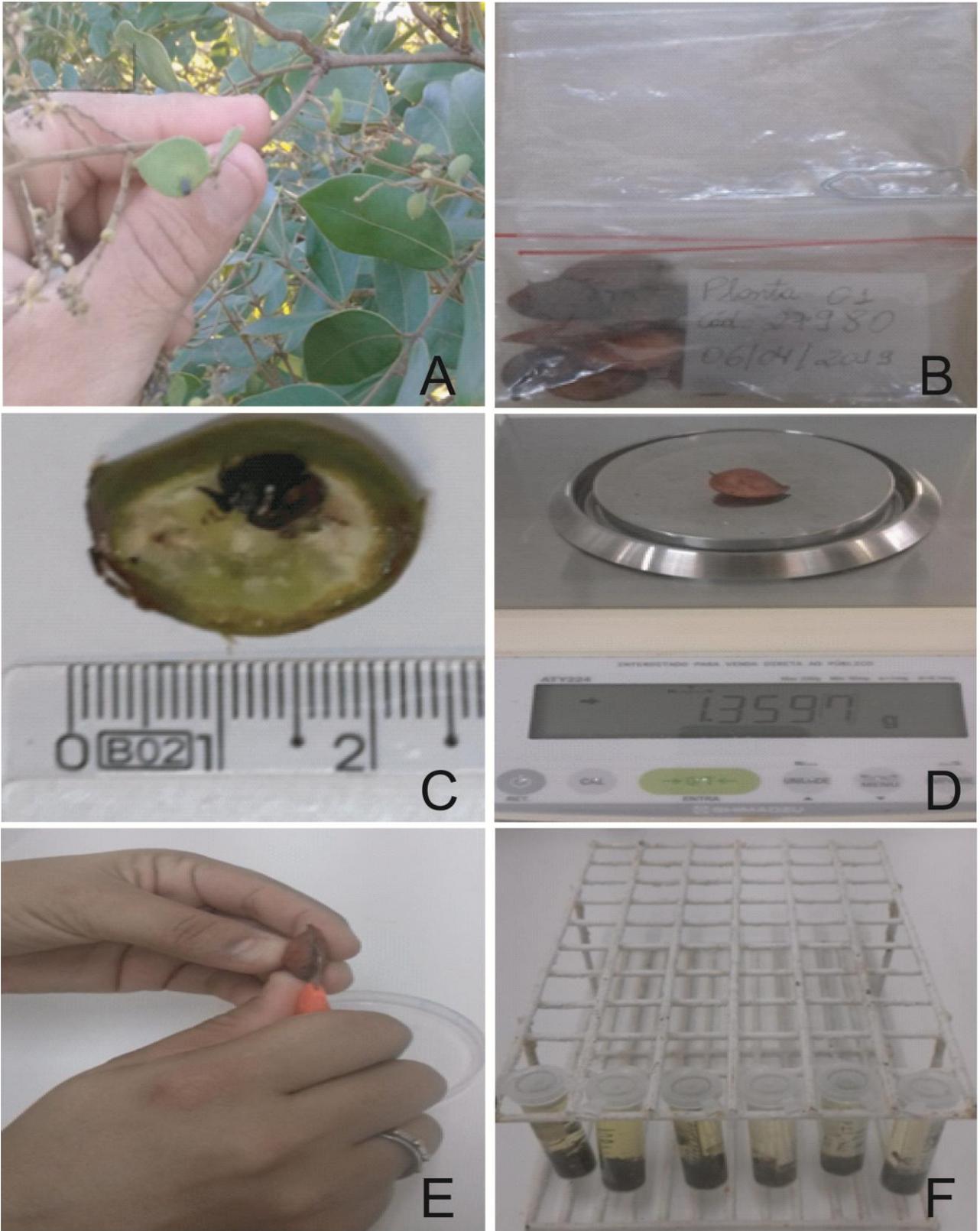
Um total de 10 indivíduos de *C. malmei* foram selecionados aleatoriamente na área de estudo e marcados com auxílio de GPS, inspecionadas quinzenalmente de julho de 2018 a junho de 2019, em horários alternados, à procura dos períodos de maior atividade de *A. brevicorne*.

Um total de 20 frutos em diferentes estágios de desenvolvimento foram coletados em cada planta, totalizando 200 frutos quinzenais e 400 mensalmente. Os frutos foram coletados manualmente (Fig.2A), transportados para o Laboratório

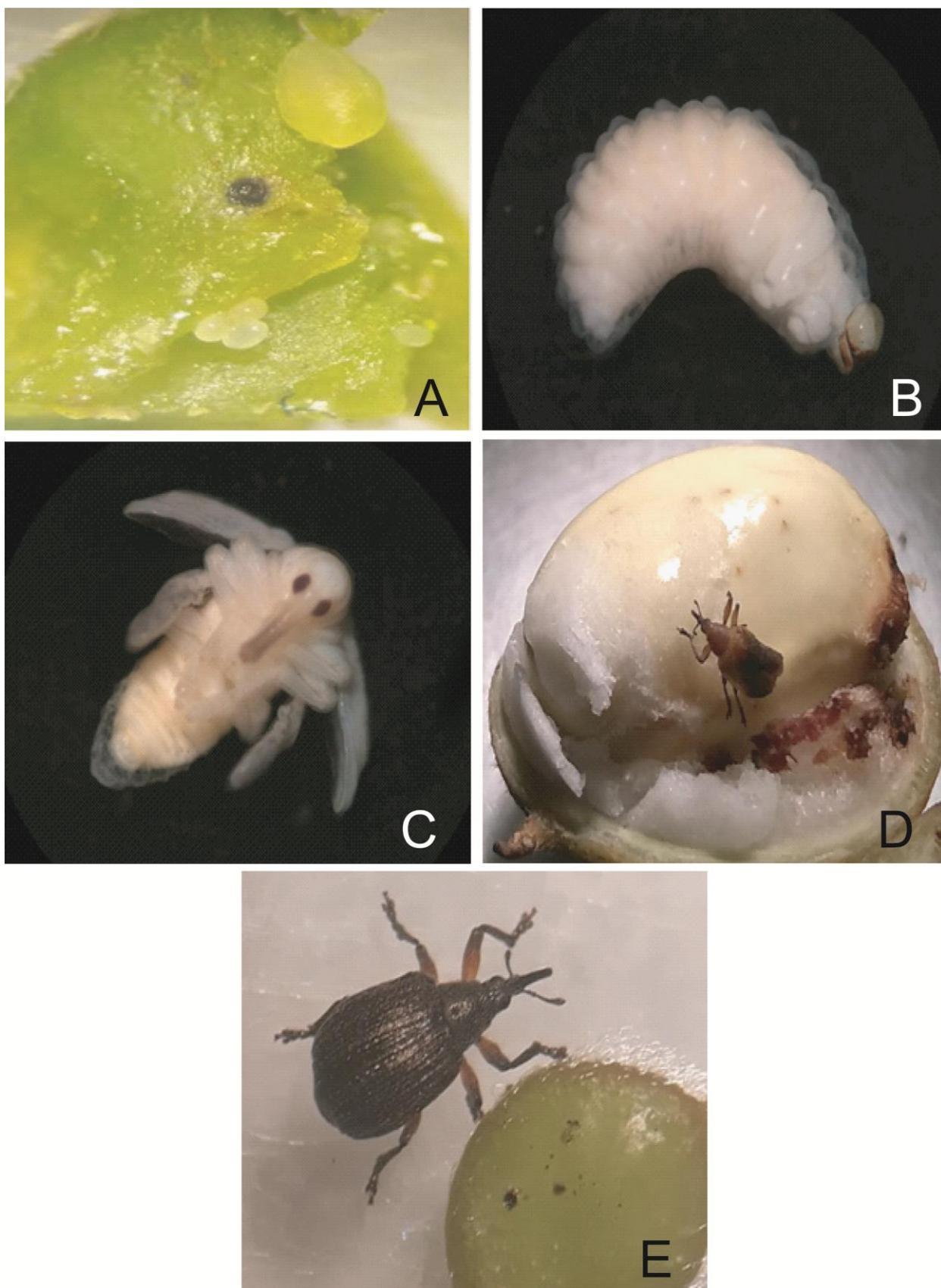
de Análises Hídricas e Ecologia Aplicada (LAHEA) da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis em sacos de plástico tipo “ziplock”, devidamente lacrados e etiquetados (Fig.2B), e posteriormente caracterizados quanto ao comprimento e largura utilizando-se régua (Fig.2C) e massa fresca com auxílio de balança de precisão (Fig.2D). Em seguida dissecados sob microscópio estereoscópico (lupa) com auxílio de estiletes retráteis (Fig.2E), à procura de ovos, larvas, pupas, teneral e adultos. Os ovos (Fig.3A) foram encubados, em condições naturais de umidade e foto período, em placas de petri até a eclosão das larvas. Larvas (Fig.3B) e pupas (Fig.3C) foram mergulhadas em água quente ( $\pm 90^{\circ}\text{C}$ ), fixadas em álcool a 70%, teneral (Fig.3D) e adultos (Fig.3E) foram fixados em álcool etílico a 95%, armazenadas em tubos “ependorf” devidamente etiquetados com papel vegetal.



**Figura 1.** Hábito de *Copaifera malmei* Harms, planta hospedeira de *Apion brevicorne*.



**Figuras 2.** Metodologia. (A) coleta de fruto de *Copaifera malmei*, (B) transporte, (C) caracterização de comprimento, (D) pesagem, (E) abertura, (F) armazenamento e fixação de *Apion brevicorne*.



**Figuras 3.** Estágios de desenvolvimento de *Apion brevicorne*: (A) ovos, (B) larva, (C) pupa, (D) teneral, (E) adulto.

## 2.4. Análise dos dados

A análise estatística circular foi utilizada para avaliar a sazonalidade na disponibilidade de frutos e abundância de *Apion brevicorne* por estágio de desenvolvimento. Nesta análise, os meses foram convertidos em ângulos (intervalos de 30°), onde foram combinados com os respectivos valores da abundância de *A. brevicorne* por estágio de desenvolvimento, para descrever a distribuição temporal dos insetos e a taxa de predação.

A estatística circular fornece: (1) o ângulo médio ( $\mu$ ), que é o período em que uma determinada variável (por exemplo, frutos ou estágio de *A. brevicorne*) ocorreu mais frequentemente; (2) o vetor ( $r$ ), que é uma medida direta da sazonalidade (quanto mais próximo de 1 maior a sazonalidade); e (3) o teste de Rayleigh ( $z$ ), que indica se a sazonalidade é significativa (Sousa-Lopes et al. 2019)

A taxa de predação foi calculada dividindo-se o número total de frutos pelo número total de frutos predados mensalmente. O teste t foi empregado para comparar os valores médios de tamanho e peso de frutos entre frutos sadios e predados.

### 3 RESULTADOS

Um total de 3.200 frutos (56% predados) e 5.972 insetos foram amostrados ao longo de oito meses de estudo (julho a setembro de 2018 e fevereiro a junho de 2019). Durante quatro meses (outubro de 2018 a janeiro de 2019) não houve frutos devido aos períodos de queda de folhas, rebrotamento, floração e início da frutificação na população de plantas estudadas (Tabela I e II).

As análises de estatística circular sugerem uma sazonalidade do ciclo de vida dos insetos e um sincronismo com o período de frutificação da planta com, com a maior frequência de ovo, larva, pupa, teneral e adultos nos meses de fevereiro, março, maio, abril e junho, respectivamente (Fig.4), meses que apresentaram um aumento nos valores médio de tamanho e peso dos frutos (Tabela III).

Os frutos com menor tamanho e peso foram registrados em setembro de 2018, coincidindo com o período de menor taxa de predação (10%) e os maiores nos meses de abril e maio de 2019, períodos onde foram registradas as maiores taxa de predação (81%) (Tabela III). As análises revelam significância estatística na maior taxa de predação em frutos com tamanho e peso maiores (Fig. 5 e Fig.6).

**TABELA I.** Variação mensal de frutos sadios e frutos predados por *Apion brevicorne* em *Copaifera malmei* de uma mancha de cerrado de Rondonópolis-MT.

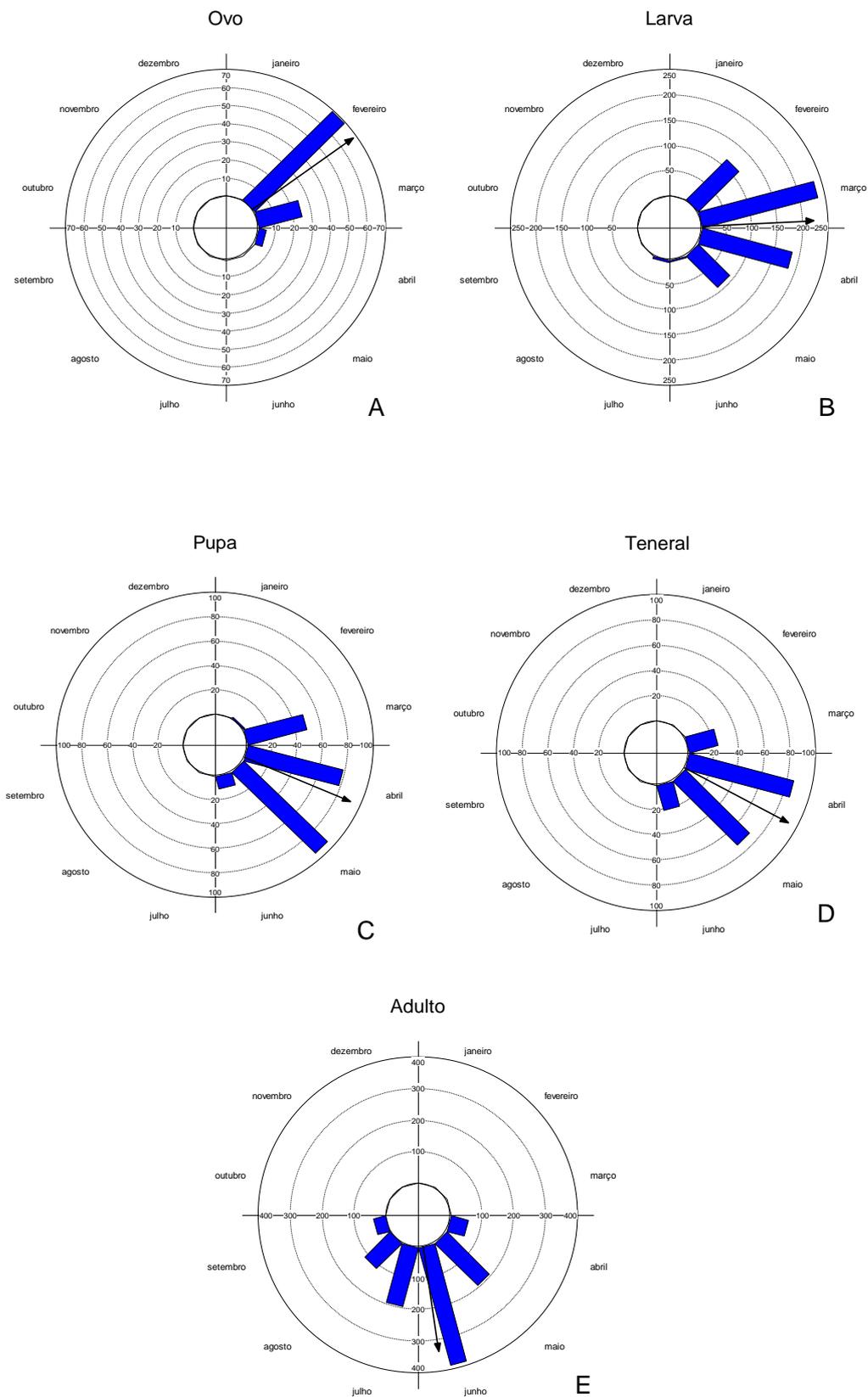
<b>Meses</b>	<b>Sadio (%)</b>	<b>Predado (%)</b>
Julho.2018	224 (56)	176 (44)
Agosto.2018	289 (72)	111 (28)
setembro.2018	361(90)	39 (10)
outubro.2018	0 (0)	0 (0)
novembro.2018	0 (0)	0 (0)
dezembro.2018	0 (0)	0 (0)
janeiro.2019	0 (0)	0 (0)
fevereiro.2019	120 (30)	280 (70)
março.2019	112 (28)	288 (72)
abril.2019	94 (23)	306 (77)
maio.2019	75 (19)	325 (81)
junho.2019	145 (36)	255 (64)
<b>N</b>	<b>1.420 (44)</b>	<b>1.780 (56)</b>

**Tabela II.** Variação mensal dos estágios de desenvolvimento de *Apion brevicorne* em *Copaifera malmei* do Cerrado de Rondonópolis-MT.

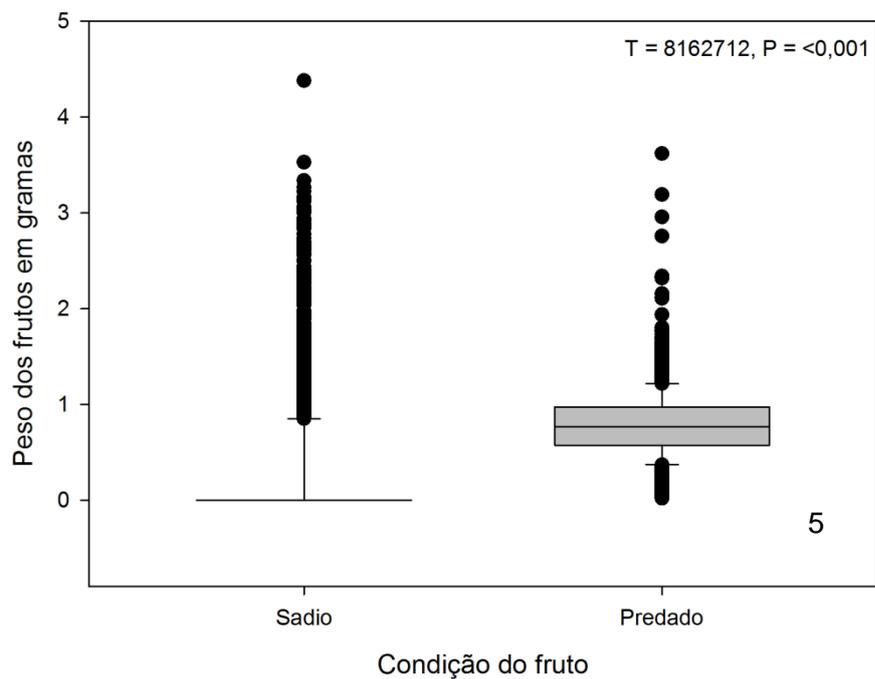
Meses	Ovo	Larva	Pupa	Teneral	Adulto
N	(Mín-Max) (Med e SD)	(Mín-Max) (Med e SD)	(Mín-Max) (Med e SD)	(Mín-Max) (Med e SD)	(Mín-Max) (Med e SD)
Julho	0	4 (0-1) (0,001±0,00)	0	0	519 (1-8) (1,3±083)
Agosto	0	0	0	0	297 (1-6) (0,74±0,54)
Setembro	0	0	0	0	108 (1-6) (0,27±0,92)
Outubro	0	0	0	0	0
Novembro	0	0	0	0	0
Dezembro	0	0	0	0	0
Janeiro	0	0	0	0	0
Fevereiro	223 (1-10) (0,56 ±1,52)	267 (1-7) (0,67±1,34)	1 (0-1) (0,00±0,05)	0	0
Março	42 (1-3) (0,11±0,46)	900 (1-15) (2,25±2,75)	96 (1-6) (0,24±0,76)	40 (1-6) (0,11±0,53)	0
Abril	10 (1-8) (0,03± 0,41)	644 (1-12) (1,61±2,37)	167 (1-8) (0,42±1,13)	214 (1-10) (0,53±1,3)	174 (1-8) (0,43±1,29)
Maio	0	260 (1-10) (0,65±1,51)	226 (1-10) (0,56±1,3)	137 (1-7) (0,34±0,98)	664 (1-10) (1,66±2,26)
Junho	0	1(0-1) (0,00±0,05)	6 (1-4) (0,01±0,22)	5 (1-2) (0,01±0,13)	967 (1-14) (2,42±2,53)
Total	275	2076	496	396	2729

**Tabela III.** Variação mensal do tamanho (mm) e peso dos frutos (g) de *Copaifera malmei* do Cerrado de Rondonópolis-MT. N= 400 frutos por mês.

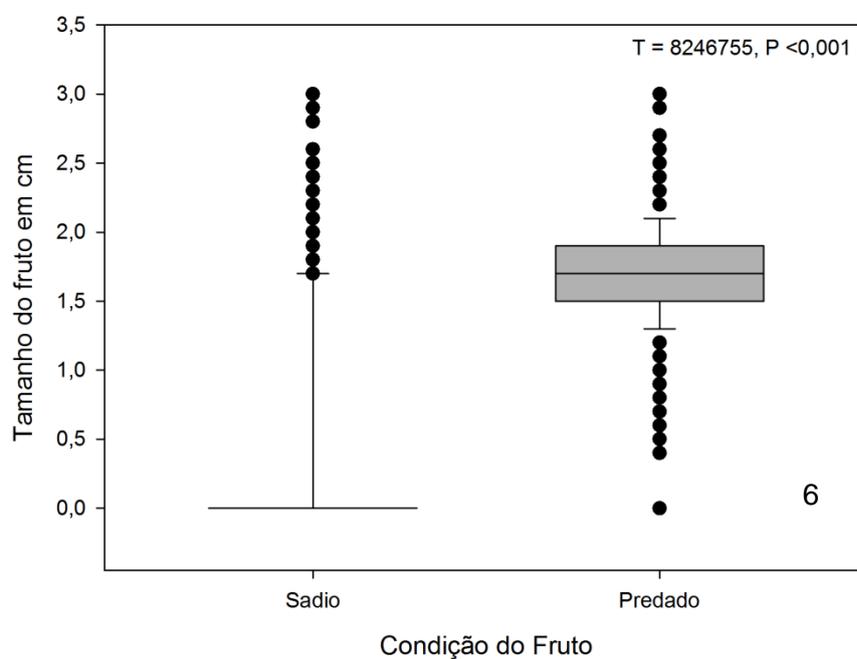
Meses	Tamanho Fruto				Peso do Fruto			
	Mínimo	Máximo	Média	DP	Mínimo	Máximo	Média	DP
julho.2018	0,6	3	1,72	0,66	0,34	4,38	1,3	0,81
agosto.2018	1	2,3	0,53	0,83	0,27	2,14	0,25	0,4
setembro.2018	2,6	2,6	0,18	0,54	0,58	1,36	0,09	0,27
outubro.2018	0	0	0	0	0	0	0	0
novembro.2018	0	0	0	0	0	0	0	0
dezembro.2018	0	0	0	0	0	0	0	0
janeiro.2019	0	0	0	0	0	0	0	0
fevereiro.2019	0,3	3	1,36	0,45	0,02	0,99	0,31	0,21
março.2019	0,9	2,5	1,71	0,29	0,07	1,61	0,59	0,31
abril.2019	1	2,5	1,76	0,27	0,2	2,17	0,75	0,32
maio.2019	0	2,6	1,63	0,46	0	2,65	0,88	0,42
junho.2019	0	2,3	1,32	0,7	0	3,34	0,77	0,57



**Figura 4.** Gráficos circulares da sazonalidade dos estágios de desenvolvimento de *Apion brevicorne* durante o período de frutificação de *Copaifera malmei*. (A) Ovo, (B) Larva, (C) Pupa, (D) Teneral, (E) Adulto.



**Figura 5.** Box-plot do peso dos frutos de *Copaifera malmei* sadios e predados por *Apion brevicorne*



**Figuras 6.** Box-plot do tamanho dos frutos de *Copaifera malmei* sadios e predados por *Apion brevicorne*.

O número de ovos, larvas, pupas, teneral e adultos foi maior em frutos maiores (3 cm até 4,38 g). O número de larvas por fruto variou de 1 a 8, pupas de 1 a 8, teneral de 2 a 10 e adultos de 4 a 14 indivíduos por fruto. Durante o período de estudo foi encontrado diferentes estágios de desenvolvimento de *Apion brevicorne* em um mesmo fruto.

Em fevereiro de 2019 foi verificado o horário de maior atividade de adultos de *Apion brevicorne* durante o período noturno, com registro de atividade de alimentação no néctar das flores, de cópula e postura em frutos em estágio inicial de desenvolvimento dos frutos.

## 4 DISCUSSÃO

*Apion brevicorne* ocorreu durante todo o período de frutificação de *C. malmei* e apresentou sazonalidade em relação aos estágios de desenvolvimento. Insetos predadores de frutos e sementes podem apresentar sincronismo com o período de frutificação da planta hospedeira, que oferece maior disponibilidade de sítios de oviposição e alimento, principalmente na fase inicial, quando os frutos são macios e aparentemente fáceis para as larvas do primeiro instar perfurar o exocarpo e as sementes (Forget *et al.* 1999, Nakagawa *et al.* 2003, Rossi *et al.* 2011, Rodrigues 2013, Souza-Lopes *et al.* 2019). Assim como em estudos com *C. langsdorfi* Desf (Pedroni *et al.* 2002, Almeida *et al.* 2006), *C. malmei* apresentou quatro meses com ausência de frutos devido aos períodos de queda de folhas, rebrotamento, floração, e o início da frutificação restrito à estação seca.

Em *Copaifera malmei* a taxa de predação por *A. brevicorne* variou de 10% a 81% dependendo do estágio de frutificação da planta. Em outras espécies de *Copaifera* como *C. depilis* e *C. luetzelburgii* a taxa de predação foi de cerca de 50%, enquanto em *C. sabulicola* foi de 26,33% (Santos *et al.* 2015). A amplitude de perda de semente pela taxa de predação depende do grupo de insetos, variando de 1% a 30% em *Rhinochenus brevicollis* Chevrolat, 1871 (Curculionidae) (Fagundes *et al.* 2013) e de 4% a 90% em Bruchinae (Rodrigues *et al.* 2012). O dano ocasionado pela predação pode variar entre espécies de plantas (El Atta 1993, Fenner & Thompson 2005, Klips *et al.* 2005), no entanto, deve atingir  $\geq 80\%$  para regular as populações (Van Klinken 2005, Van Klinken & Flack 2008, Rodrigues *et al.* 2012). Isso acontece porque a predação de sementes contribui com processos de competição e/ou de densidade dependente que podem reduzir o recrutamento de novos indivíduos de planta (Lewis & Gripenberg 2008, Santos *et al.* 2015). Portanto, altos níveis de predação de sementes podem não representar efeitos sobre a população de plantas (Crawley 1992, Kolb *et al.* 2007, Souza-Lopes *et al.* 2019). Isso se deve à história evolutiva das populações interativas em ecossistemas relativamente estáveis. Ou seja, a seleção natural tende a levar a uma redução nos efeitos prejudiciais, ou à eliminação total da interação, sem levar a extinção de uma ou de ambas as populações. Consequentemente, os efeitos negativos da herbivoria geram um grave impacto

quando a interação é de origem recente, ou quando ocorreram no ecossistema mudanças de larga escala ou repentina (Odum 1983).

A taxa de predação de *A. brevicorne* foi significativamente maior em frutos de *C. malmei* com tamanho e peso maiores, corroborando a maior abundância de insetos em frutos com maior disponibilidade de recursos (Souza-Lopes et al. 2019). Este resultado contrasta com aqueles obtidos por Santos et al. (2015) para *C. depilis*, *C. luetzelburgii* e *C. sabulicola*, os quais mostraram não preferência dos insetos por sementes de frutos maiores ou menores. Vários estudos demonstraram que insetos predadores de frutos e sementes tendem a ovipositar em frutos maiores, uma vez que esses frutos oferecem mais recursos alimentares, permitindo aumento na aptidão de sobrevivência da prole (Mitchell 1975, Cope & Fox 2003, Ostergård et al. 2007, Morales-Silva et al. 2018; Sousa-Lopes et al. 2019).

O número máximo de ovos, larvas, pupas, teneral e adultos de *A. brevicorne* em frutos de *C. malmei* foram superiores àqueles registrados em outros estudos (Lewinsohn 1980, Santos et al. 2015). As larvas de *A. brevicorne* consomem o endosperma, e o embrião da semente é amplamente danificado dependendo do grau de infestação e estágio de desenvolvimento do fruto. Isso foi observado para representantes de Bruchinae predadores de sementes de Fabaceae (Ribeiro-Costa & Almeida 2012). Tanto sementes de frutos predados quanto de frutos saudáveis podem sofrer danos (Tomaz et al. 2007). Isso ocorre porque as plantas podem perceber os sinais de ataque durante a oviposição e/ou alimentação e, como resposta, as plantas podem diminuir a alocação de recursos em partes danificadas e não danificadas (Doss et al. 2000, Menezes et al. 2010, Wu & Baldwin 2010). Além disso, danos físicos são causados pelos predadores de frutos e semente como, por exemplo, através de mudanças de umidade e entrada de fungos nos frutos, que afetam negativamente o desenvolvimento das sementes. Assim, é possível que sementes saudáveis de frutos infestados tenham menor alocação de recursos e, conseqüentemente, pior taxa de germinação do que sementes saudáveis de frutos não infestados (Sousa-Lopes et al. 2019).

Durante o período de estudo foi encontrado diferentes estágios de desenvolvimento de *Apion brevicorne* em um mesmo fruto, o que indica sobreposição de oviposição ou de geração. Em regiões de clima tropical as

gerações seguem uma após a outra, desde que haja disponibilidade de alimento, separadas temporalmente por cerca de 50 a 70 dias em períodos mais quentes. Além disso, todos os estágios são capazes de entrar em diapausa. As gerações podem se sobrepor na mesma planta e os adultos são encontrados durante a maior parte do ano (Alonso-Zarazaga & Wanat 2014).

Os insetos foram coletados no interior dos frutos e não foram observados orifícios de emergência em frutos atacados por *Apion brevicorne*, provavelmente os insetos esperam a abertura dos frutos para se dispersarem. Quando não ocorre essa abertura e o recurso alimentar fica escasso, os insetos podem morrer dentro do fruto seco. Resultados semelhantes foram obtidos no trabalho de (Santos et al. 2015), onde relata que poucos orifícios de emergência foram observados em frutos atacados por *Apion* sp. passados 99 dias da coleta, a maioria dos insetos deste gênero foi coletado no interior dos frutos. Esta observação pode indicar que provavelmente o ciclo de vida dos insetos seja longo no interior dos frutos e que esses insetos dependem da abertura dos frutos para dispersarem.

## 5 CONCLUSÃO

*Apion brevicorne* é o primeiro Apionini da Região Neotropical descrito como oligófago e associado a diferentes espécies de *Copaifera*, que ocorre durante todo o período de frutificação de *C. malmei*, apresentando sazonalidade em relação aos estágios de desenvolvimento pós-embrionário.

Em *Copaifera* a taxa de predação por *A. brevicorne* dependendo do estágio de frutificação da planta e da espécie de *Copaifera*. Os danos da taxa de predação deste inseto não são suficientes para regular a população de plantas em área de Cerrado. Entretanto, novos estudos devem ser desenvolvidos para confirmar esta hipótese, por exemplo, correlacionando a taxa de predação com a germinação das sementes e sobrevivência das plântulas de *C. malmei* em área de Cerrado.

A taxa de predação de *A. brevicorne* foi significativamente maior em frutos de *C. malmei* com tamanho e peso maiores, corroborando que insetos predadores de frutos e sementes tendem a ovipositar em frutos maiores, que oferecem mais recursos alimentares, permitindo aumento na aptidão de sobrevivência da prole.

As larvas de *A. brevicorne* consomem o endosperma, e o embrião da semente é amplamente danificado dependendo do grau de infestação e estágio de desenvolvimento do fruto.

*Apion brevicorne* pode apresentar mais de uma geração por ano e diapausa no interior dos frutos, e os adultos dependem da abertura dos frutos para dispersar. Quando não ocorre essa abertura e o recurso alimentar fica escasso, os insetos podem morrer dentro do fruto seco.

## 6 REFERÊNCIAS

- Anderson, R. S. & Kissinger, D. G. 2002. Family 129. Brentidae Billberg 1820. *In*: Arnett, R. H., Thomas, M., Skelley, P. E. & Frank, J. H. (Eds.) **American Beetles, Vol - 2**. CRC Press, Boca Raton, Florida, 711-719.
- Andrade Júnior, M. A. & Ferraz, I. D. K. 2000. Eventos fenológicos de copaíba (*Copaifera officinalis* L. Caesalpiniaceae) em Mata de Galeria do Rio Branco, Boa Vista/Roraima. Brasil: uma primeira aproximação. **Acta Amazonica**, 30: 523-533.
- Almeida, C. I. M., Leite, G. L. D., Rocha, S. L., Machado, M. M. L. & Maldonado, W. C. H. 2006. Fenologia e artrópodes de *Copaifera langsdorffii* Desf. no cerrado. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 8 (2): 64-70.
- Alonso-Zarazaga, M. & Wanat. M. 2014. Apioninae Schoenherr, 1823. *In*: Leschen, R.A. B & Beutel, R.G. (Eds.), **Handbook of Zoology. Arthropoda: Insecta: Coleoptera, beetles. Vol. 3. Morphology and systematics (Phytophaga)**, de Gruyter, Berlin, 395-415 pp.
- Bouchard, P., Bousquet, Y., Davies, A. E., Alonso-Zarazaga, M. A., Lawrence, J. F., Lyal, C. H., Newton, A. F., Reid, C. A., Schmitt, M., Smith, A. B. 2011. Family-group names in Coleoptera (Insecta). **Zookeys**, 88: 1-972.
- Bieski, I. G. C., Santos, F. R., Oliveira, R. M., Espinosa, M. M., Macedo, M., Albuquerque, U. P. & Martins, D. T. O. 2012. Etnofarmacologia de plantas medicinais da região do Pantanal (Mato Grosso, Brasil). **Medicina Complementar e Alternativa Baseada em Evidências**, p. 36.
- Cope, J. M. & Fox, C. W. 2003. Oviposition decisions in the seed beetle, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae): effects of seed size on superparasitism. **J Stored Prod Res**, 39: 355–365.
- Costa, J. A. S. *Copaifera* *In*: **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB28113>>. Acesso em: 20 Jan. 2020.
- Crawley, M. J. 1992. Seed predators and plant population dynamics. *In*: Fenner, M. (Eds), **Seeds, the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford (UK): CABI International; p. 157–191.

- Doss, R. P., Oliver, J. E., Proebsting, W. M., Potter, S. W., Kuy, S., Clement, S. L., Williamson, R. T., Carney, J. R., De-Vilbiss, E. D. 2000. Bruchins: insect-derived plant regulators that stimulate neoplasm formation. **Pnas**, 97: 6218–6223.
- Dwyer, J.D.1951. As espécies da América Central, das Índias Ocidentais e da América do Sul de *Copaifera* (Caesalpiniaceae) **Brittonia**, 7 , pp. 143 – 172.
- El Atta, H.A. 1993. The effect of *Caryedon serratus* Olivier (Col., Bruchidae) on viability and germination of seeds of *Acacia nilotica* (L. Willd. ex Del.) in the Sudan. **Forest Ecol Manag.**
- Fagundes, M., Maia, M. L. B., Queiroz, A. C. M., Fernandes, G. W. & Costa, F. 2013. Seed Predation of *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae: Caesalpinioideae) by *Rhinochenus brevicollis* Chevrolat (Coleoptera: Curculionidae) in a Brazilian Cerrado Fragment. **Ecologia Austral**, 23: 2180221.
- Fenner, M. & Thompson, K. 2005. **Ecology of seeds**. Cambridge: Cambridge University Press.
- Forget, P. M., Kitajima, K., Foster, R. B.1999. Pre- and post- dispersal seed predation in *Tachigali versicolor* (Caesalpiniaceae): effects of timing of fruiting and variation among trees. **Journal of Tropical Ecology**, 15: 61- 81.
- FRANCISCO, M. R; VO LUNARDI, P. R., GUIMARÃES & M GALETTI. 2008. Factors affecting seed predtion of *Eriotheca gracilipes* (Bombacaceae) by parakeets in a cerrado fragment. **Acta Oecologica**, 33: 240-245.
- Harper, J.L.1977. **Population biology of plants**. New York: Academic Press.
- Janzen, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **American Naturalist**, 104: 501–528.
- Klips, R. A., Sweeney, P. M., Bauman, E. K. K., Snow, A .A. 2005. Temporal and geographic variation in predispersal seed predation on *Hibiscus moscheutos* L. (Malvaceae) in Ohio and Maryland, USA. **American Midland Naturalist**, 154: 286–295.
- Kolb, A., Ehrlen, J., Eriksson, O. 2007. Ecological and evolutionary consequences of spatial and temporal variation in pre-dispersal seed predation. **Perspectives Plant Ecology Systematics**, 9: 79–100.

- Kuschel, G. 1995. A Phylogenetic subfamilies. Mem classification of Curculionoidea to families and. **Entomological Society Washington**, 14: 5-33.
- Lewinsohn, T. M. **Predação de sementes em Hymenaea (Leguminosae: Caesalpiniaidae) – Aspectos ecológicos e evolutivos**. 1980. 193 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Lewis, O.T. & Gripenberg, S. 2008. Insect seed predators and environmental change. **Journal of Applied Ecology**, 45: 1593–1599.
- Lima, E. C., Paiva, R., Nogueira, R. C., Soares, F. P., Emrich, E. B. & Silva, A. A. N. 2008. Callus induction in leaf segments of *Croton urucurana* Baill. **Ciência e Agrotecnologia**, 32, (1): 17-22.
- Maia, V. C. 2012. Coleopterous galls from the Neotropical region. **Papéis Avulsos de Zoologia**, 52, (15): 175-184.
- Martins-da-silva, R. C. V., Pereira, J. F., Lima, H. C. 2008. O gênero *Copaifera* (Leguminosae-Caesalpinioideae) na Amazônia Brasileira. **Rodriguésia**, 59, (3): 455-476.
- Menezes, L. C. C. R., Klein, J., Kestring, J., Rossin, M. N. 2010. Bottom-up and top-down effects in a pre-dispersal seed predation system: are non-predated seeds damaged? **Basic and Applied Ecology**, 11: 126–134.
- Mitchell, R. 1975. The evolution of oviposition tactics in the vean weevil, *Calosobruchus maculatus* (F). **Ecology**, 56: 696–702.
- Morales-Silva, T., Monteiro, A., Faria, L. D. B. 2018. Multitrophic web of insects associated with *Piptadenia gonoacantha* (Mart.). Macbr. (Fabaceae) and their relationship with resource traits. **Arthropod Plant Interac**, 12: 553–565.
- Nakagawa, M., Itioka, T., Momose, K., Yumoto, T., Komai, F., Morimoto, K., Jordal, B. H., Kato, M., Kaliang, H., Hamid, A. A., Inoue, T., & Nakashizuka T. 2003. Resource use of insect seed predators during general flowering and seeding events in a Bornean dipterocarp rain forest. **Bulletin of Entomological Research**, 93: 455-466.
- Odum, P.E. 1998. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan S.A, vii +434 p.
- Oliveira-Filho, A.T., Van Den Berg, E., Martins, J.C., Valente, A. S. M., Pifano, D. S., Santos, R. M., Machado, E. L. M. & Silva, C. P. C. 2008. Espécies de ocorrência exclusiva do Domínio Atlântico, do Cerrado e da caatinga. *In*

- Oliveira-Filho, A. T. & Scolforo, J. R. S. (Eds.), **Inventário Florestal de Minas Gerais**. Editora UFLA, Lavras, p. 174.
- Ostergård, H., Hambäck, P. A., Ehrlén, J. 2007. Pre-dispersal seed predation: the role of fruit abortion and selective oviposition. **Ecology**, 88: 2959–2965.
- Pedronil, F., Sanches, M., & Santos, F. A. M. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. - Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, p.183-94, 2002.
- Raghu, S., C. Wiltshire, & K. Dhileepan. 2005. Intensity of pre-dispersal seed predation in the invasive legume *Leucaena leucocephala* is limited by the duration of pod retention. **Austral Ecology**, 30: 310–318.
- Ramírez, N. & Traveset, A. 2010. Predispersal seed-predation by insects in the Venezuelan Central Plain: Overall patterns and traits that influence its biology and taxonomic groups. **Perspective in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, 12: 193-209.
- Ribeiro-Costa, C. S. & Almeida, L. M. 2012. Seed-Chewing Beetles (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchinae). In: Panizzi, A. R & Parra, J. R. P. (Eds). **Insect bioecology and nutrition for integrated pest management**, 1st (Ed). Vol. 1. Boca Raton: CRC Press; p. 325–352.
- RIBEIRO, N.D., Rodrigues, J. A., Filho, A. C., Poersch, N. P. L., Trentin, M. & Da Rosa, S. S. 2007. Efeito de períodos de semeadura e das condições de armazenamento sobre a qualidade de grãos de feijão para o cozimento. *Bragantia*, **Revista de Ciências Agrônômicas**, v.66, (1), p.157- 163.
- Rodrigues, L. M. S., Viana, J. H., Ribeiro-Costa, C.S., Rossi, M. N. 2012. The extent of seed predation by bruchine beetles (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) in a heterogeneous landscape in southeastern Brazil. **Coleopt Bull**, 66, (3): 271–279
- Rodrigues, L. M. S. **Insetos predadores de sementes e suas relações com a qualidade e a morfologia de frutos e sementes**. 2013. 110 f. Tese (Doutorado em Botânica, Morfologia e Diversidade Vegetal) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho Instituto De Biociências De Botucatu-SP.

- Rossi, M., Rodrigues, L. M. S., Ishino, M. N., Kestring, D. 2011. Oviposition pattern and within-season spatial and temporal variation of pre-dispersal seed predation in a population of *Mimosa bimucronata* trees. **Arthropod Plant Interact**, 5: 209–217.
- Santos, I. M. Costa, J. A.S., Costa, C. B. N. & Calado, D. 2015. Predação de sementes por insetos em três espécies simpátricas de *Copaifera* L.(Fabaceae). **Biotemas**, 28: 87-95.
- Schupp, E. W. 1992. Annual variation in seedfall, post dispersal predation, and recruitment of a Neotropical tree. **Ecology**, 71(2): 504-515.
- Sette, D. M. **O clima urbano de Rondonópolis – MT**. São Paulo, 1996. Dissertação (Mestrado em Geografia Física, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas), Universidade de São Paulo.
- Silva, R. R. 2010. Leguminosas do município de Poconé, Pantanal de Poconé, Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**, 10, pp. 313 – 319.
- Souza-Lopes, B., Silva, N. A., Costa, C. S. R. & Claro, K. D. 2019. Temporal distribution, seed damage and notes on the natural history of *Acanthoscelides quadridentatus* and *Acanthoscelides winderi* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) on their host plant, *Mimosa setosa* Var. *paludosa* (Fabaceae: Mimosoideae), in the Brazilian Cerrado. **JOURNAL OF NATURAL HISTORY**, 53: 611–623.
- Stachurska-Sawakoń, A., Barabasz-Krasny, B., Klasa, A., Palaczyk, A. 2018. Reduced plant fitness by pre-dispersal seed predation in the threatened plant species *Cirsium decussatum*. **Seed Science Research**, 28: 123–130.
- Trindade, R., Silva, J. K., Setzer, W. N. 2018. *Copaifera* of the Neotropics: A Review of the Phytochemistry and Pharmacology. **International Journal of Molecular Sciences**, 19:1-33.
- Tomaz, C. A., Kestring, D., Rossi, M. N. 2007. Effects of the seed predator *Acanthoscelides schrankiae* on viability of its host plant *Mimosa bimucronata*. **Biological Research**, 40: 281–290.
- Van Klinken, R. D. 2005. Total annual seed loss on a perennial legume through predation by insects: the importance of within-season seed and seed feeder dynamics. **Austral Ecology**, 30: 414–425.

- Van Klinken, R. D., Flack, L. K. 2008. What limits predation rates by the specialist seed-feeder *Penthobruchus germaini* on an invasive shrub? **Journal of Applied Ecology**, 45: 1600–1611.
- Veiga-Junior, V. Pinto, A. C. 2002. O gênero *Copaifera* L. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 273-28.
- Winter, S., Friedman, A. L., Astrin, J. J., Gottsberger, B., Letsch, H. 2017. Timing and host plant associations in the evolution of the weevil tribe Apionini (Apioninae, Brentidae, Curculionoidea, Coleoptera) indicate an ancient co-diversification pattern of beetles and flowering plants. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 107, 179-190.
- Wu, J., Baldwin, I. T. 2010. New insights into plant responses to the attack from insect herbivores. **Annual Review of Genetics**, 44: 1–24.
- Zhang, J. F. A., Drummond, M., Liebman, A. Hartke. 1997. Insect predation of seeds and plant population dynamics. University of Maine. **MAFES Technical Bulletin**, 163. 32p.