



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

EDILAÍNE VIANA SOUSA

ANÁLISE DE IMAGENS NA AVALIAÇÃO DO PARASITISMO DE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) EM OVOS DE *Anagasta kuehniella* (ZELLER) (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE)

FORTALEZA, CEARÁ
2021

EDILAÍNE VIANA SOUSA

ANÁLISE DE IMAGENS NA AVALIAÇÃO DO PARASITISMO DE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) EM OVOS DE *Anagasta kuehniella* (ZELLER) (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE)

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como um dos requisitos parciais para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Patrik Luiz Pastori, *D. Sc.*

Coorientador: Ruan Carlos de Oliveira Mesquita, *D. Sc.*

FORTALEZA, CEARÁ
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S696a Sousa, Edilaíne Viana.
Análise de imagens na avaliação do parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) / Edilaíne Viana Sousa. – 2021.
42 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Patrik Luiz Pastori.
Coorientação: Prof. Dr. Ruan Carlos de Oliveira Mesquita.
1. Parasitismo. 2. Índice de Vegetação. 3. Controle de Qualidade. I. Título.

CDD 630

EDILAÍNE VIANA SOUSA

ANÁLISE DE IMAGENS NA AVALIAÇÃO DO PARASITISMO DE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) EM OVOS DE *Anagasta kuehniella* (ZELLER) (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE)

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como um dos requisitos parciais para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Aprovada em: 25/08/2021.

BANCA EXAMINADORA

Patrik Luiz Pastori, *D. Sc.* (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ruan Carlos de Oliveira Mesquita, *D. Sc.* (Coorientador)
IN Soluções Biológicas LTDA

Raylson de Sá Melo, *M. Sc.*
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Karolina Rafrana da Silva de Araújo, Eng^a. Agr^a.
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Elieuda Viana e Francisco
Vaunei pelo amor, apoio e confiança nessa etapa
da vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, por sempre estar comigo em todos os momentos e por ter me dado a melhor família.

Ao meus pais, Elieuda Viana e Francisco Vaunei, pelo, amor, apoio e incentivo para seguir meus sonhos. Em especial a minha mãe por ser exemplo de mãe, mulher, força e por me ensinar que a Educação é transformadora. Dedico a vocês.

Aos meus irmãos Valber Viana e Walter Viana pela amizade, conversas, apoio e amor incondicional.

À Universidade Federal do Ceará (UFC) por ter sido minha segunda casa durante a graduação e ter fornecido a estrutura necessária para a minha formação acadêmica.

Ao prof. Patrik por ter sido meu “pai científico”, me orientado com sabedoria e paciência para a realização desse trabalho; aconselhado, acolhido e ajudado durante o período do curso.

Ao Raylson Melo pela paciência, disponibilidade e ajuda no desenvolvimento do trabalho.

A banca avaliadora pelas valiosas contribuições.

Aos atuais e ex-integrantes Laboratório de Entomologia Aplicada (LEA), em especial a: Adson Ávila (técnico), Alricélia, Caio Victor, Camila Santos, Débora Pontes, Dalila Martins, Karolina Rafrana, Raimundo Henrique, Roberta Vieira, Thais Mota e Thais Paz (e Yasmin) pela amizade, alegrias, dificuldades e conhecimento compartilhados.

Aos amigos de graduação: Denyson Jesus, Felipe Lopes, Jádyla Oliveira, Júlia Queiroz, Leonardo Meneses e Thais Paz pelos momentos de descontração, celebração de conquistas e por não soltar a mão em tantos momentos de dificuldades durante o curso.

Às minhas amigas-irmãs Leidiana Lima e Vitória Marques pela amizade, apoio, risadas, conselhos e amor. A Vitória Marques por ter me dado o primeiro sobrinho, o Aaron.

Ao meu amigo Johnslay Melo pela longa amizade, conselhos, conversas aleatórias, alegrias, tristezas e sonhos compartilhados.

À IN Soluções Biológicas pela oportunidade de estágio, me mostrando possibilidades além do meio acadêmico e por ajudar na realização do experimento desse trabalho. Aos empresários da IN, Cristiane Ramos (Cris) e Ruan Carlos, pelo conhecimento compartilhado e apoio. Aos funcionários Abelardo Herculano, Gabriel Brasil e Lorena Paiva pelo companheirismo e recepção.

Aos professores do curso de Agronomia e de outros cursos que contribuíram para a

minha formação.

À Universidade Federal do Ceará (UFC), mais uma vez, e CNPq pelas bolsas que ajudaram no suporte financeiro.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho e na formação acadêmica.

“A tarefa é não tanto para ver o que ninguém viu ainda, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre o que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

RESUMO

Parasitoides de ovos *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) atuam no controle de diversos lepidópteros-praga e, *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é a espécie mais estudada e utilizada no mundo devido à facilidade de criação e a agressividade no controle de pragas. No entanto, para que este parasitoide seja efetivo, é necessário estabelecer uma criação massal, assim como avaliar parâmetros para o controle de qualidade. A avaliação do parasitismo é realizada pela contagem de ovos escuros, que são os ovos parasitados, usando lupas e/ou microscópios, não sendo viável para larga escala. A técnica de análise de imagens é utilizada em diversos setores da agricultura e se mostra como potencial a ser utilizado para avaliação da característica biológica porcentagem de parasitismo. Portanto, objetivou-se avaliar a técnica da análise de imagens para mensurar o parasitismo de *T. pretiosum* em cartelas contendo ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), determinando o Índice de Vegetação (IV) mais adequado para quantificar o parasitismo e verificar se a idade dos ovos e o tempo de exposição à luz UV afetam na detecção dos ovos parasitados, não parasitados e sujeiras. Ovos de *A. kuehniella* de 1, 2, 3, 4 e 5 dias foram expostos à luz UV por 30, 45, 60, 75 e 90 minutos. Após cada período de exposição, os ovos foram colados em cartelas de cartolina azul celeste e inseridos em tubos de vidro (8,5 x 2,5 cm) contendo fêmeas de *T. pretiosum* recém-emergidas. Após 24 horas, as fêmeas foram eliminadas e os tubos permaneceram em ambiente à $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de U.R. e fotofase de 12 h. Decorridos sete dias após o parasitismo, foram obtidas as imagens das cartelas para posterior avaliação. Foram avaliados o parasitismo e o IV mais adequado para mensurar o parasitismo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 25 tratamentos compostos por 20 repetições sendo cada repetição uma cartela. Os dados foram submetidos à análise de variância. Constatou-se que houve parasitismo acima de 58,5% de *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella* independentemente do tempo de exposição à luz UV e da idade dos ovos. A porcentagem de parasitismo foi reduzida com o aumento no tempo de exposição à luz UV. Também verificou-se que é possível mensurar o parasitismo de *T. pretiosum* usando análise de imagens, sendo o índice de brilho (BI) o índice mais adequado.

Palavras-chave: parasitismo; índice de vegetação; controle de qualidade.

ABSTRACT

Egg parasitoids *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) act to control several pest Lepidoptera and *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) is a more studied type and does not benefit the world due to breeding and aggressive pest control. However, for this parasitoid to be effective, it is necessary to establish a mass rearing, as well as evaluate parameters for quality control. The evaluation of parasitism is performed by counting dark eggs, which are parasitized eggs, using magnifying glasses and/or microscopes, not being feasible for large scale. The image analysis technique is used in several sectors of agriculture and shows itself as a potential to be used for the evaluation of the biological characteristic, percentage of parasitism. Therefore, the objective was to evaluate an image analysis technique to measure the parasitism of *T. pretiosum* in cards containing eggs of *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), determining the most adequate Vegetation Index (IV) to quantify the parasitism and check whether the age of the eggs and the time of exposure to UV light affect the detection of parasitized eggs, non-parasitized eggs and dirt. Eggs of *A. kuehniella* from 1, 2, 3, 4 and 5 days were exposed to UV light for 30, 45, 60, 75 and 90 minutes. After each exposure period, the eggs were glued onto sheets of sky blue cardboard and inserted into glass tubes (8.5 x 2.5 cm) containing freshly emerged *T. pretiosum*. After 24 hours, as they were discarded and the tubes remained in an environment at $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 10\%$ of U.R. and 12 h photophase. Seven days after the parasitism, they were adjusted as images of the cards for further evaluation. Parasitism and the most suitable IV to measure parasitism were taken. The experimental design was completely randomized, with 25 treatments composed of 20 repetitions, each repetition being a card. Data were prepared using analysis of variance. It was found that there was parasitism above 58.5% of *T. pretiosum* in *A. kuehniella* eggs regardless of the time of exposure to UV light and the age of the eggs. The percentage of parasitism was reduced with increasing time of exposure to UV light. It was also found that it is possible to measure the parasitism of *T. pretiosum* using image analysis, with the brightness index (BI) being the most suitable index.

Keywords: parasitism; vegetation index; quality control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Procedimento para a seleção da cartela de cartolina azul celeste contendo ovos de <i>Anagasta kuehniella</i> (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) parasitados por <i>Trichogramma pretiosum</i> Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para seleção de área contendo os ovos. 1A. Seleção da cartela a ser analisada. 1B. preparação para a remoção da identificação da cartela. 1C. Remoção da identificação.....26
Figura 2	Remoção do background. 2A. Cartela com fundo verde. 2B. Área referente ao fundo verde. 2C. Cartela sem o fundo verde (background).....26
Figura 3	Escolha do índice que melhor representa as partes de interesse.....27
Figura 4	Remoção das partes sem preenchimento da cartela para realizar a análise considerando apenas a área útil. 4A. Cartela ocupada por ovos e impurezas, sem considerar apenas a área útil. 4B. Remoção dos espaços vazios. 4C. Área útil da cartela.....27
Figura 5	Remoção dos ovos parasitados na cartela para realizar a quantificação. 5A. Cartela contendo ovos parasitados, ovos não parasitados e impurezas. 5B. Remoção dos ovos não parasitados e impurezas. 5C. Remoção dos ovos parasitados para fazer a quantificação do parasitismo.....27
Figura 6	Porcentagem de ovos escuros= pretos do hospedeiro <i>Anagasta kuehniella</i> (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) parasitados por <i>Trichogramma pretiosum</i> Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em diferentes tempos de exposição a luz UV e idades do hospedeiro.....29

	Parasitismo (% \pm Erro Padrão) de <i>Trichogramma pretiosum</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de <i>Anagasta kuehniella</i> (Lepidoptera: Pyralidae) expostos em tempos diferentes em luz germicida.	30
Figura 7	Valores dos índices R= banda do Vermelho; G= banda do verde; B= banda do azul das imagens das cartelas de ovos de <i>A. kuehniella</i> parasitados por <i>T. pretiosum</i> submetidas em diferentes tempos de inviabilização a luz UV.....	30
Figura 8	Correlação de Pearson calculada para as variáveis ovos escuros= pretos (OP), ovos brancos (OB) - não parasitados, impurezas (FE), valores de Red, Green e Blue, Índice de Brilho (BI), Índice de Cor de Solo (SCI), Índice de Folha Verde (GLI), Índice de Matiz de Cores Primárias (HI), Índice de Diferença Normalizada Verde Vermelho (NGRD), Índice de Saturação de Inclinação Espectral (SI), Índice de Resistência Atmosférica Visível (VARI) e Índice de Pigmento Verde Azulado (BGI).....	31
Figura 9		

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Índices de vegetação testados para o parasitismo de <i>Trichogramma pretiosum</i> (Hymenoptera: Trichogrammatidae)28
----------	---

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BGI	Índice de Pigmento Verde Azulado
BI	Índice de Brilho
cm	Centímetro
FE	Impurezas
GLI	Índice de Folha Verde
HI	Índice de Matiz de Cores Primárias
IV	Índice de Vegetação
min	Minutos
MIP	Manejo Intregado de Pragas
NGRD	Índice da Diferença Normalizada Verde Vermelho
OB	Ovos Brancos
OP	Ovos Pretos
SCI	Índice de Cor de Solo
SI	Índice de Saturação de Inclinação Espectral
VARI	Índice de Resistência Atmosférica Visível

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1	<i>Trichogramma pretiosum</i> Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae).....	18
2.2	Produção massal e controle de qualidade do parasitoide.....	20
2.3	Processamento digital e análise de imagens.....	22
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1	Local de estudo.....	24
3.2	Criação do hospedeiro alternativo <i>A. kuehniella</i>	24
3.3	Criação do parasitoide <i>T. pretiosum</i>	25
3.4	Desenvolvimento experimental.....	25
4	RESULTADOS.....	29
5	DISCUSSÃO.....	33
6	CONCLUSÕES.....	35
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
	REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial e das áreas cultivadas incentivou a modernização da agricultura com o desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas e tecnologias aplicadas aos cultivos e sua proteção fitossanitária. A prática de monocultivo associada a utilização desenfreada de defensivos químicos para a supressão de insetos-praga tem sido desestimulada pois acarretou em dependência do controle químico e, no surgimento de resistência de pragas a esses produtos, convertendo ainda pragas secundárias em pragas-chave além dos riscos de intoxicação humana e ambiental (NAKAMURA, 2014).

A busca por métodos sustentáveis de produção vem sendo estimulada desde o surgimento do conceito de Manejo Integrado de Pragas (MIP). O MIP é um conjunto de técnicas, dentro de um programa unificado, que são utilizadas para manter os organismos indesejáveis na agricultura abaixo dos níveis de dano econômico. Dentro das técnicas utilizadas para o controle das pragas, tem-se o uso do controle biológico. O controle biológico de pragas é um fenômeno natural que regula plantas e animais por meio de inimigos naturais, que constituem os agentes de mortalidade biótica (GALLO *et al.*, 2002). Dentre os controladores de insetos se destacam os entomopatógenos, predadores e parasitoides.

Os entomopatógenos são micro-organismos utilizados de forma racional para a manutenção de pragas a níveis não prejudiciais (GALLO *et al.*, 2002). Os entomopatógenos devem ser utilizados em um conjunto de medidas para o controle de pragas, podendo-se utilizar das seguintes medidas: introdução inoculativa ou colonização, produto microbiano, iscas, conservação ou proteção, enzimas e metabólitos tóxicos, plantas transgênicas, fungos entomopatogênicos e entomopatógenos modificados geneticamente (GALLO *et al.*, 2002).

Os predadores são organismos de vida livre durante todo o ciclo de vida e que mata a presa. Dentre o grupo de predadores ocupam destaque as joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae), percevejos do gêneros *Orius* spp. (Hemiptera: Anthocoridae), *Podisus* spp. (Hemiptera: Pentatomidae) e *Nabis* spp. (Hemiptera: Reduviidae), além do lixeiro do gênero *Crysoperla* spp. (Neuroptera: Chrysopidae) (SUJII *et al.*, 2020).

Os parasitoides são os organismos que vivem como parasitas durante a fase de desenvolvimento larval, sendo os adultos de vida livre (SUJII *et al.*, 2020). Dentre o grupo de parasitoides, se destacam os do gênero *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) por serem generalistas, de fácil criação massal em laboratório e por controlar as pragas na fase de ovo, antes de causarem danos a cultura (COUTINHO *et al.*, 2021). *Trichogramma* spp. parasita ovos de diversas espécies de insetos, sendo muitas dessas espécies consideradas pragas agrícolas e/ou florestais, principalmente da Ordem Lepidoptera (QUERINO & ZUCCHI,

2012). No Brasil, a utilização desses agentes de controle biológico começou nas décadas de 1980-90 para a supressão de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro rasteiro na região de Petrolina-PE (HAJI *et al.*, 2002). Nas décadas seguintes os parasitoides também começaram a ser utilizados em pragas do abacateiro, do pinheiro, da macieira, da videira e, do arroz (BUENO, 2008). A espécie *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) teve êxito no controle de *Lasiothyris luminosa* (Razowski & Becker) (Lepidoptera: Tortricidae) em videiras (PARRA; COELHO, 2019; COSTA-LIMA *et al.*, 2021), assim como na supressão de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em soja e *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) no milho (PARRA; COELHO, 2019). Em *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho, verificou-se que a liberação de 100.000 adultos/hectare de *T. pretiosum* durante sete semanas consecutivas foi eficaz para o controle das lagartas (ARCARO FILHO, 2007).

Para que ocorra liberações inundativas de *Trichogramma* spp. é necessário criar as espécies massalmente. A criação massal envolve a produção de grande quantidade de indivíduos do parasitoide usando hospedeiros alternativos, no caso pode ser usada *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), devido ao baixo custo de produção, facilidade de criação em laboratório e alta capacidade de reprodução (SOUZA, 2010). As técnicas de produção massal dos parasitoides geralmente não são divulgadas por empresas que os produzem, assim o estabelecimento e manutenção da criação devem também considerar os custos de produção, incluindo materiais e taxas cobradas para o registro do parasitoide, para se programar no manejo de controle de pragas (SOUZA, 2010; LOPES *et al.*, 2018).

Uma das etapas do processo de criação dos parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma* spp., quando se utiliza ovos de *A. kuehniella*, é a inviabilização dos mesmos. Essa etapa é fundamental pois as lagartas dessa espécie apresentam hábito canibal (MAWELA *et al.*, 2010). Utiliza-se a técnica de irradiação ultravioleta para a esterilização dos ovos, sendo o tempo de exposição à luz UV importante para que promova a morte do embrião sem prejudicar a qualidade do ovo (STEIN & PARRA, 1987).

Muitos fatores podem interferir no sucesso de utilização de *Trichogramma* spp. para o controle de lepidópteros-praga. Dentre esses, destaca-se o conhecimento dos parâmetros biológicos do parasitoide quando associado a espécie e/ou linhagem e a idade do ovo do hospedeiro (POLTRONIERI *et al.*, 2008). O avanço no desenvolvimento embrionário reduz os nutrientes contidos no ovo, aumenta o endurecimento do córion e isso pode afetar a aceitação pelo parasitoide (PRATISSOLI & OLIVEIRA, 1999; PASTORI *et al.*, 2010).

A qualidade dos parasitoides *Trichogramma* spp. precisa ser avaliada

constantemente e para isso faz-se testes medindo aspectos das características biológicas como porcentagem de parasitismo (GONÇALVES, 2003). Uma das alternativas e a mais tradicionais é realizar a contagem de forma manual com auxílio de lupas e/ou microscópios. A metodologia consiste na visualização dos ovos do hospedeiro que se apresentam com coloração escura (ovos parasitados) e os de coloração clara que sabe-se serem ovos não parasitados. Essa atividade requer mão-de-obra especializada e acaba perdendo viabilidade quando o parasitoide é produzido em larga escala. Métodos para otimizar o processo de avaliação da qualidade dos parasitoides produzidos, como exemplo, o uso de softwares para fazer análises de imagens das cartelas parasitadas pode ser uma possibilidade.

A análise de imagens no sensoriamento remoto é utilizada para monitorar e avaliar condições da vegetação usando imagens de dados da superfície por meio da energia refletida/emitida (PEREIRA *et al.*, 2016). O objetivo da análise de imagens é extrair as informações mais importantes para fazer um estudo específico. As técnicas para se obter essas informações são diversas a depender de cada situação, mas a segmentação é muito utilizada para identificar e analisar uma região, permitindo a separação das imagens para sua caracterização (SOUSA, 2019).

A análise de imagens permite a aquisição e avaliação de informações sem que haja o contato físico entre o objeto analisado (BARRETO, 2019). Através das informações extraídas é possível formar base para a tomada de decisões para atender uma demanda, visando a redução dos custos e aumento na produtividade na agricultura (PEREIRA *et al.*, 2016).

Diante do que foi exposto e tendo a análise de imagens como uma técnica promissora para avaliações biológicas, objetivou-se testar uma nova forma de avaliação do parasitismo em ovos de *Trichogramma pretiosum*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

Trichogramma é o maior (em número de espécies) gênero da família Trichogrammatidae com 230 espécies descritas, sendo que 26 dessas são encontradas no Brasil (QUERINO & ZUCCHI, 2012). A espécie *Trichogramma pretiosum* é amplamente distribuída e utilizada no mundo e, sua eficácia foi comprovada no controle de *T. absoluta* e *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) em tomateiros em Petrolina-PE (HAJI *et al.*, 2002), *S. frugiperda* em milho em Marechal Cândido Rondon-PR (MARTINAZZO *et al.*, 2007), *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em repolho em Gravatá-PE (ZAGO *et al.*, 2010), *Bonagota salubricola* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) em macieiras em Fraiburgo-

SC (PASTORI *et al.*, 2008), além da ocorrência natural em ovos de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) em tomateiros na região da Serra da Ibiapaba- (OLIVEIRA *et al.*, 2020) e em ovos de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) em soja no município de Fazenda Rio Grande- PR (AVANCI *et al.*, 2005).

A utilização de *T. pretiosum* no controle biológico de pragas advém da facilidade de multiplicação e de sua capacidade de parasitismo em ovos de insetos principalmente da Ordem Lepidoptera (COUTINHO *et al.*, 2021). A criação massal desse parasitoide pode ser feita com hospedeiros alternativos em ovos de *Sitotroga cerealella* Oliver (Lepidoptera: Gelechiidae) (FLANDERS, 1930) ou *A. kuehniella* que também se mostrou eficiente em virtude do baixo custo de produção em larga escala e alta capacidade de reprodução do parasitoide (PARRA, 2002; LACERDA, 2020).

Trichogramma spp. tem desenvolvimento holometábolo, isto é, passa pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto. O ciclo de vida tem duração variável, sendo fortemente influenciado pela temperatura e pela espécie hospedeira. *T. pretiosum* tem o ciclo de ovo-adulto de cerca de 10 dias à 25°C (CÔNSOLI & PARRA, 1999) e longevidade, na fase adulta, de cerca de 10 dias (ALMEIDA, 1996). O parasitismo, propriamente dito, se inicia com a oviposição do ovo do parasitoide no ovo do hospedeiro-alvo. As larvas do parasitoide emergem internamente nos ovos do hospedeiro e se alimentam da massa vitelina e do embrião até atingir a fase de pupa (CARDOSO, 2016). Uma característica do sucesso do parasitismo é o escurecimento do ovo do hospedeiro à medida que o desenvolvimento do parasitoide avança. Tal fato ocorre devido ao acúmulo de sais de urato, localizados na região do abdômen da larva e da pupa do parasitoide (CÔNSOLI *et al.*, 1999).

A reprodução de espécies de *Trichogramma* spp. pode ser arrenótoca ou telítoca. Por arrenotoquia é mais comum e, os ovos fertilizados, darão origem às fêmeas diploides e ovos não fertilizados, aos machos haploides. A telitoquia, partenogênese completa, é menos comum produzindo apenas fêmeas diploides oriundas tanto de ovos fertilizados quanto não fertilizados. O uso de populações telítocas, no controle biológico aplicado, apresenta vantagens como: rápido crescimento da população, redução dos custos de produção, rápido estabelecimento no campo e capacidade de se reproduzir com eficiência em baixa densidade do hospedeiro em relação às populações arrenótocas (STOUTHAMER, 1993).

O número de ovos produzidos pelas fêmeas de *Trichogramma* spp. depende de fatores como a espécie do hospedeiro, qualidade nutricional e o tamanho do ovo hospedeiro (CARDOSO, 2016; MEIRA *et al.*, 2017). Geralmente, ovos de tamanho muito reduzido são rejeitados pelas fêmeas parasitoides uma vez que este influencia na qualidade biológica da

progênie do parasitoide (CARDOSO, 2016). Ovos de *P. xylostella* não mostraram bons resultados em relação ao parasitismo por *T. cacoeciae* (WÜHRER & HASSAN, 1993) enquanto ovos de *A. kuehniella*, *S. frugiperda* e *P. xylostella* apresentaram bons resultados no parasitismo por *T. pretiosum* (VOLPE *et al.*, 2006).

A avaliação dos parâmetros biológicos como parasitismo, emergência e razão sexual pode funcionar como controle de qualidade de laboratório e indica um possível sucesso em liberações em campo (MARQUES, *et al.*, 2010). Busca-se ter criações que possibilitem a reprodução de parasitoides com altas taxas de parasitismo, emergência e razão sexual. Fatores como temperatura, umidade, idade da fêmea e hospedeiro influenciam na razão sexual do parasitoide (MOLINA *et al.*, 2005). A qualidade do hospedeiro é o fator mais importante, pois há o reconhecimento da qualidade do ovo, antes da oviposição, e também competição de qualidade de nutrientes no interior do hospedeiro (VINSON, 1997).

Portanto, o conhecimento da bioecologia do inseto, assim como fatores que afetam os parâmetros biológicos são essenciais para determinar o êxito ou não de liberações de parasitoides.

2.2 Produção massal e controle de qualidade do parasitoide

Na implantação de efetivos programas de controle biológico, existe a necessidade de produzir os inimigos naturais em grande escala para que, na liberação, ocorra rápida supressão da população das pragas. A criação massal de *Trichogramma* spp. é realizada em universidades e instituições de pesquisa possibilitando os estudos básicos e aplicados sobre controle biológico e também em biofábricas que comercializam esse agente biológico para supressão de pragas (VACARI & DE BORTOLI, 2010).

O sucesso das criações massais de *Trichogramma* spp. para o controle de insetos-praga depende do conhecimento das características biológicas do parasitoide sobre os hospedeiros, tais como: capacidade e viabilidade do parasitismo, duração do ciclo de desenvolvimento do hospedeiro, necessidade e tempo de inviabilização de ovos do hospedeiro, idade do hospedeiro, do inimigo natural, razão sexual e longevidade dos parasitoides (MAGALHÃES *et al.*, 2015). Fatores como umidade relativa do ar, luz, e principalmente, temperatura influenciam diretamente nas características biológicas dos parasitoides (PEREIRA *et al.*, 2004) sendo que, o aumento, até certo ponto, reduz o ciclo de *T. pretiosum*, porém à 35°C não foi observado desenvolvimento (COUTINHO *et al.*, 2021).

Os parasitoides do gênero *Trichogramma* spp. podem ser criados e multiplicados em hospedeiros alternativos (DIAS-PINI *et al.*, 2010). Em alguns hospedeiros, como *A.*

kuehniella, torna-se necessário a etapa de inviabilização dos ovos (CÔNSOLI *et al.*, 2000), porém para a realização desse processo é necessária cautela ao se escolher a técnica para que o hospedeiro não perca a qualidade para os parasitoides (STEIN & PARRA, 1987). Irradiação ultravioleta (UV) tem sido o método mais recomendado para tratar os ovos do hospedeiro que serão utilizados na criação de parasitoide de ovos *Trichogramma* spp. (MAWELA *et al.*, 2010). A radiação ultravioleta que possui maior poder germicida é a UV-C com comprimento de ondas de 220 a 270nm e consegue inibir a reprodução de micro-organismos penetrando pelas paredes celulares de modo a causar um desarranjo molecular do material genético (HIROSE, 2005).

O tempo de exposição à luz UV para inviabilizar os ovos do hospedeiro pode interferir na qualidade do ovo hospedeiro e assim influenciar na escolha e no parasitismo por fêmeas parasitoides. O tempo de exposição à luz UV para eliminar o embrião pode variar de acordo com a espécie do hospedeiro. Não foi observado surgimento de larvas das espécies *H. armigera*, *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Crambidae) e *Cadra cautela* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) após os ovos serem irradiados por 13 minutos (MAWELA *et al.*, 2010). A viabilidade dos ovos de *A. kuehniella* tem redução significativa à medida que o tempo de exposição aumenta, de modo que aos 45 minutos atinge a inviabilização total (STEIN & PARRA, 1987). Além do tempo de exposição, é importante considerar também o período de vida útil da lâmpada germicida, uma vez que o tempo de contato do organismo com a luz UV e a potência da luz influencia na eficiência do controle dos organismos vivos (ROSA, 2015).

A idade dos ovos é outro fator que determina o desempenho do parasitoide de ovos, uma vez que o avanço da idade dos ovos altera o valor nutricional e aumenta a espessura do córion, reduzindo a taxa de parasitismo (PRATISSOLI *et al.*, 2007; KO *et al.*, 2014). A idade embrionária influencia no parasitismo, assim como a espécie do parasitoide e do hospedeiro (FARID *et al.*, 2001; ZAHID *et al.*, 2007). O parasitismo de *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Mocis latipes* (Guenée) (Lepidoptera: Erebididae) foi superior em ovos de até 48h, em relação aos ovos de maior idade (ZUIM *et al.*, 2013). No entanto, a idade dos ovos de *M. latipes* não influenciou o parasitismo por *T. pretiosum*, mas a idade do parasitoide sim sendo o parasitismo significativamente mais alto em parasitoides com idade de até 48h (STINGUEL *et al.*, 2013). O número médio de ovos de *H. armigera* parasitados por *T. pretiosum* foi maior em ovos de até 36h de idade, em relação a 48-60h (ZUIM *et al.*, 2017).

A avaliação das características biológicas, como porcentagem de parasitismo, faz parte do controle de qualidade das biofábricas de produção massal (COSTA *et al.*, 2016). Essas avaliações visam garantir a eficiência dos parasitoides produzidos no controle de insetos-praga

quando liberados no campo (GONÇALVES, 2003). Na maioria das vezes, a avaliação do parasitismo (contagem dos ovos escuros) é feita manualmente com o auxílio de lupas ou microscópios o que tem se tornado inviável quando se trata de produção massal, uma vez que demanda mão-de-obra especializada durante muito tempo. Portanto, o desenvolvimento de uma ferramenta que possibilite a automatização dessa avaliação é fundamental para facilitar e viabilizar o processo em escala de produção massal.

A automação na agricultura permite que processos operacionais de produção agrícola sejam monitorados, controlados e executados por meio de máquinas para a melhoria do trabalho e redução das perdas (LOPES, 2015). A avaliação de imagens via software já é uma realidade em alguns setores da agricultura, como na área de sementes. No Brasil, a técnica de análise de imagens usando raio X começou sendo utilizada na avaliação de injúrias mecânicas em sementes de milho (CICERO *et al.*, 1998) e posteriormente em sementes de soja (OBANDO-FLOR *et al.*, 2004; PINTO *et al.*, 2009), de feijão (FORTI *et al.*, 2008) e de milho-doce (GOMES JUNIOR & CICERO, 2012). A técnica tem apresentado bons resultados na área de sementes por ser segura, rápida, simples e especialmente por não se tratar de um método destrutivo. Tem sido bastante utilizada para análise de sementes florestais que têm menor disponibilidade que sementes de plantas cultivadas (LIMA, 2019).

Na área da Entomologia Agrícola, o uso de análise de imagens é mais recente e pode ser visto no monitoramento de pragas. Algumas técnicas já foram desenvolvidas para monitorar *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet) (Lepidoptera: Lyonetiidae) no café (SOUTO, 2019), *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae) em pinus (PONZONI, 1996) e *S. frugiperda* em milho (SENA JÚNIOR *et al.*, 2001). A análise de imagens também já foi utilizada na área da Entomologia Médico-Veterinária para realização da contagem de ovos de *Aedes aegypti* (Linnaeus) (Diptera: Culicidae) em armadilhas de oviposição (COSTA, 2017). No controle biológico, a análise de imagens foi utilizada para determinar o crescimento do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Esses exemplos destacam a vasta aplicabilidade da análise de imagens via o uso de softwares e, se configura como uma alternativa viável para ser usada na quantificação de ovos hospedeiros escuros (indicativo do parasitismo por *Trichogramma* spp.).

2.3 Processamento digital e análise de imagens

A visão computacional busca emular a visão humana que consegue captar, processar e interpretar grande volume de dados (LOPES *et al.*, 2013). O processamento e a análise de imagens têm sido utilizados em diversas áreas desde medicina, sensoriamento

remoto, segurança, entre outros. Assim como nestes setores, a agricultura também demanda tecnologias e o uso de visão computacional pode melhorar operacionalização de algum processo-chave (RIBEIRO, 2016).

O processamento digital de imagens é dividido em etapas, sendo: Aquisição, Pré-Processamento, Segmentação, Representação e Descrição e, Reconhecimento e Interpretação (PEDRINI & SCHWARTZ, 2008). O processo de aquisição envolve a obtenção da imagem, por meio de câmeras fotográficas, *scanners*, satélites, entre outros. O pré-processamento é a etapa na qual ocorre a reparação de imperfeições da imagem, que podem ser corrigidas por meio de técnicas como diminuição do brilho, alteração de contraste, entre outros. A segmentação ocorre para extrair e identificar na imagem as áreas de interesse. Na representação e descrição, as áreas de interesse são submetidas aos descritores que procuram por características específicas. O reconhecimento e a interpretação compõem a fase final do processamento de imagens e, é nessa etapa que são atribuídos identificadores, sendo possível assim atribuir significado ao conjunto de objetos identificados (GONZALÉZ & WOODS, 2011).

Tecnicamente, uma imagem pode ser definida por uma função bidimensional, $f(x, y)$, onde x e y representam as coordenadas de um plano e o f se refere ao valor da intensidade ou nível de cinza correspondente ao ponto (GONZALÉZ & WOODS, 2011). A imagem digital é composta por um número finito de elementos, chamados de *pixel*, que têm localização e valor específicos. Cada localização de *pixel* na imagem contém um valor numérico que representa o nível de sinal naquele ponto. Em uma imagem monocromática, cada *pixel* tem uma escala de cinza variando do preto (0) ao branco (255) (GONÇALVES, 2015). Na imagem colorida, o valor de cada pixel é substituído por um vetor com 3 valores representando as intensidades das cores primárias conhecido como padrão RGB (Red-vermelho, Green-verde e Blue-azul) (IGNACIO, 2013). O modelo de cor RGB é baseado no padrão da visão humana, representado em um sistema cartesiano em que o eixo R tem os valores de vermelho, o G tem valor de verde e B para os valores de azul (MATTOS, 2017).

Utilizando os valores de RGB, é possível calcular índices utilizados principalmente na área de sensoriamento remoto, visando a quantificação e o monitoramento de condições e distribuição das áreas de vegetação (LIU, 2006). Os índices de vegetação (IV) ou índices RGB são expressões algébricas que envolvem a faixa de reflectância do vermelho e do infravermelho próximo que têm como objetivo de avaliar os recursos naturais e a cobertura vegetal (ROSENDO, 2005). Existem diversos índices de vegetação, tais como NDWI (*Normalized Difference Water Index*), RVI (*Ratio Vegetation Index*), NDVI (*Normalized Difference*

Vegetation Index), *RATIO* (*Ratio Vegetation Index*), *BGI* (*Blue Green Pigment Index*), *BI* (*Brightness Index*) e *TVI* (*Transformed Vegetation Index*) que são utilizados para fazer a análise de imagens.

Os índices de vegetação já foram utilizados para diversos fins na agricultura. O índice *BGI* se mostrou eficiente para fazer a contagem do número total de sementes de soja, enquanto *BI* apresentou melhor resultado para fazer a contagem do número de sementes esverdeadas (ANTUNES NETO *et al.*, 2020). Do mesmo modo, foi possível calcular *NDVI* utilizando sensor óptico comercial para determinar a intensidade de infestação de nematoide de algodoeiro sob diferentes doses de nitrogênio (MOTOMIYA *et al.*, 2007).

A análise de imagens é realizada por meio de softwares estatísticos para examinar e interpretar os resultados, porém alguns têm elevado custo, dificultando a aquisição e posterior utilização (BARBOSA, 2019). O software *RStudio* apresenta-se como alternativa, uma vez que é gratuito e, possui código aberto, ou seja, qualquer usuário pode modificar ou implementar novos procedimentos (MATTOS, 2017). Apresenta ainda a vantagem de funcionar em diversos sistemas operacionais, e possuir pacotes e bibliotecas escritos e desenvolvidos por pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento. Dentro do software *RStudio* há pacotes que inclui um conjunto de ferramentas integradas que apresentam uma variedade de instrumentos para plotar, visualizar, depurar e gerenciar o espaço de trabalho (BARBOSA, 2019).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de estudo

O estudo foi realizado nas instalações da IN Soluções Biológicas LTDA, estabelecida em Fortaleza-CE.

3.2 Criação do hospedeiro alternativo *A. kuehniella*

O hospedeiro alternativo, *A. kuehniella* foi criado utilizando a metodologia de criação proposta por Parra (1987) e adaptada para as condições da empresa. Cerca de 0,3g de ovos da mariposa foram distribuídos aleatoriamente em bandeja plástica (30 x 22 x 10 cm) contendo 1 kg de dieta a base de farinha de trigo integral (97%) e levedura de cerveja (3%). Fitas de papelão corrugado foram colocadas no interior da bandeja plástica e serviram de abrigo para as pupas. Diariamente os adultos foram coletados utilizando um aspirador de pó adaptado e acondicionados em tubos de PVC (15 de diâmetro x 25 cm de altura) com as extremidades fechadas com tecido do tipo *voil*. Uma placa de plástico (18,5 x 3,0 cm) foi inserida na base dos

tubos para deposição dos ovos. Diariamente foi realizada a coleta de ovos, sendo uma parte utilizada para manutenção da criação e outra para multiplicação de *T. pretiosum*. Todo material foi acondicionado em laboratório sob condições controladas ($25 \pm 3^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 12 h).

3.3 Criação do parasitoide *T. pretiosum*

Para criação e multiplicação de *T. pretiosum* foram utilizadas cartelas de cartolina azul celeste (6,0 x 2,5 cm), contendo ovos do hospedeiro alternativo *A. kuehniella*. Para a fixação dos ovos, utilizou-se fita dupla face nas cartelas. Os ovos foram inviabilizados pela exposição à lâmpada germicida pelo período de 45 minutos. As cartelas foram acondicionadas em potes de vidro (13,5 x 8,65 cm) contendo parasitoides. Na parede interna dos potes foi pincelada gotículas de mel puro que serviu para alimentação dos parasitoides adultos. Após o período de 24 horas, as cartelas foram transferidas para novos potes de vidro, permanecendo até a emergência da geração seguinte dos parasitoides.

3.4 Desenvolvimento experimental

Ovos de *A. kuehniella* com 1, 2, 3, 4 e, 5 dias de desenvolvimento embrionário foram expostos a radiação da luz UV por 30, 45, 60, 75 e 90 minutos utilizando lâmpadas germicidas de 30W à 30 cm de distância da lâmpada. Após cada período de exposição, grupos de aproximadamente 4.000 ovos foram colados com o auxílio de fita dupla face em cartelas de cartolina azul celeste e inseridos em tubos de vidro (8,5 x 2,5 cm) contendo fêmeas de *T. pretiosum* recém-emergidas (0-24h). Os parasitoides foram alimentados com uma gotícula de mel, permanecendo em contato com os ovos em ambiente controlado ($25 \pm 3^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de U.R. e fotofase de 12 h) por 24 horas. Após esse período de exposição, as fêmeas foram eliminadas e, sete dias após o isolamento, foram obtidas as imagens das cartelas contendo os ovos.

As imagens foram capturadas por um escâner, modelo HP Scanjet 2004, digitalizadas em 1200 DPI. As cartelas contendo os ovos foram dispostas em cima do vidro do equipamento e, após totalmente preenchido, foi colocado um papel de coloração verde cobrindo as cartelas, de maneira que houvesse alto contraste com a coloração dos ovos.

Para a realização da análise, foi utilizado o software RStudio, com o auxílio do pacote FIELDImageR. A primeira etapa foi selecionar as cartelas de forma individual, na qual foi feita uma segunda seleção apenas da parte de interesse, retirando a identificação da amostra (Figura 1). Após esse procedimento foi retirado algum vestígio do background para que esse não interferisse no resultado (Figura 2). Após esse procedimento, foram extraídos os índices de cor de cada cartela (Tabela 1) (Figura 3). Depois de realizada essa etapa, o índice SI foi utilizado para desconsiderar os espaços vazios das cartelas, visto que esse fator é diferente para cada uma e depende do processo de colagem dos ovos (Figura 4). Com isso, considerando-se apenas a área útil de cada cartela, foi possível quantificar a área ocupada por ovos parasitados e não parasitados (Figura 5).

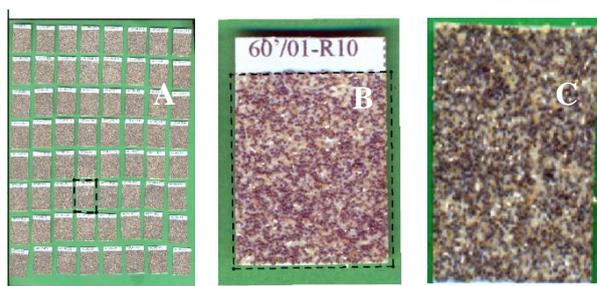


Figura 1 - Procedimento para a seleção da cartela de cartolina azul celeste contendo ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) parasitados por *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para seleção de área contendo os ovos. 1A. Seleção da cartela a ser analisada. 1B. preparação para a remoção da identificação da cartela. 1C. Remoção da identificação. Elaborado pela autora.

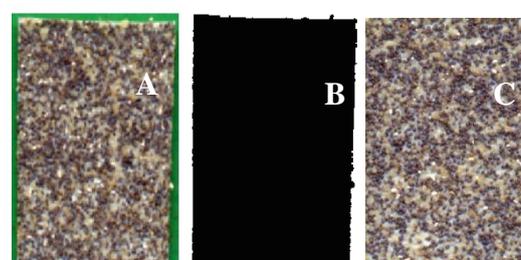


Figura 2 - Remoção do background. 2A. Cartela com fundo verde. 2B. Área referente ao fundo verde. 2C. Cartela sem o fundo verde (background). Elaborado pela autora.

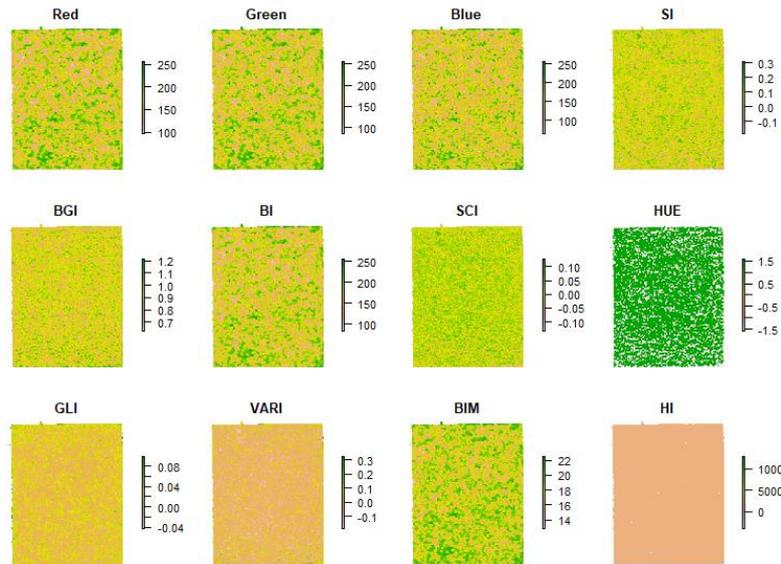


Figura 3 - Escolha do índice que melhor representa as partes de interesse. Elaborado pela autora.

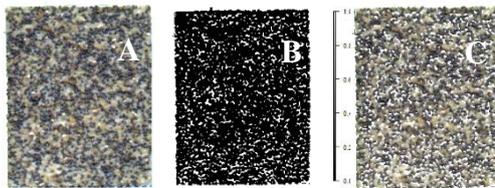


Figura 4 - Remoção das partes sem preenchimento da cartela para realizar a análise considerando apenas a área útil. 4A. Cartela ocupada por ovos e impurezas, sem considerar apenas a área útil. 4B. Remoção dos espaços vazios. 4C. Área útil da cartela. Elaborado pela autora.



Figura 5 - Remoção dos ovos parasitados na cartela para realizar a quantificação. 5A. Cartela contendo ovos parasitados, ovos não parasitados e impurezas. 5B. Remoção dos ovos não parasitados e impurezas. 5C. Remoção dos ovos parasitados para fazer a quantificação do parasitismo. Elaborado pela autora.

Tabela 1 - Índices de Vegetação (IV) testados visando detectar o parasitismo de ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) por *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

IV	Abreviatura	Equação*	Referência
Índice de Brilho	BI	$\sqrt{(R^2+G^2+B^2)} / 3$	RICHARDSON & WIEGAND (1977)
Índice de Cor de Solo	SCI	$(R-G) / (R+G)$	MATHIEU <i>et al.</i> (1998)
Índice de Folha Verde	GLI	$(2*G-R-B) / (2*G+R+B)$	LOUHAICHI <i>et al.</i> (2001)
Índice de Matiz de Cores Primárias	HI	$(2*R-G-B) / (G-B)$	ESCADAFAL <i>et al.</i> (1994)
Índice de Diferença Normalizada Verde Vermelho	NGRD	$(G-R) / (G+R)$	TUCKER (1979)
Índice de Saturação de Inclinação Espectral	SI	$(R-B) / (R+B)$	ZARCO-TEJADA <i>et al.</i> (2005)
Índice de Resistência Atmosférica Visível	VARI	$(G-R) / (G+R-B)$	MERZLYAK <i>et al.</i> (1999)
Índice de Pigmento Verde Azulado	BGI	B/G	ROUSE <i>et al.</i> (1974)

*IV= índice de vegetação; R= banda do Vermelho; G= banda do verde; B= banda do azul.
Elaborado pela autora.

O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em esquema fatorial 5 x 5 + 2 (tempo de exposição a luz UV x idade dos ovos), resultando em 25 tratamentos com 20 repetições cada, sendo cada repetição formada por uma cartela. As testemunhas consistiram em cartelas contendo ovos 100% parasitados e cartelas contendo ovos 100% não parasitados. Os dados foram submetidos a análise de variância. A correlação de Pearson foi calculada com os dados obtidos em todas as avaliações para todos os tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico R 2.4.0 (CORE TEAM, 2018).

4 RESULTADOS

Observou-se a presença de ovos escuros= pretos de *A. kuehniella*, indicativo do parasitismo por *T. pretiosum*, independentemente da idade do desenvolvimento embrionário do hospedeiro e do tempo de exposição a luz UV (Figura 6). Ovos com 2 dias de desenvolvimento embrionário expostos 30 min apresentaram resultados superiores, atingindo parasitismo de 80,1% (Figura 6).

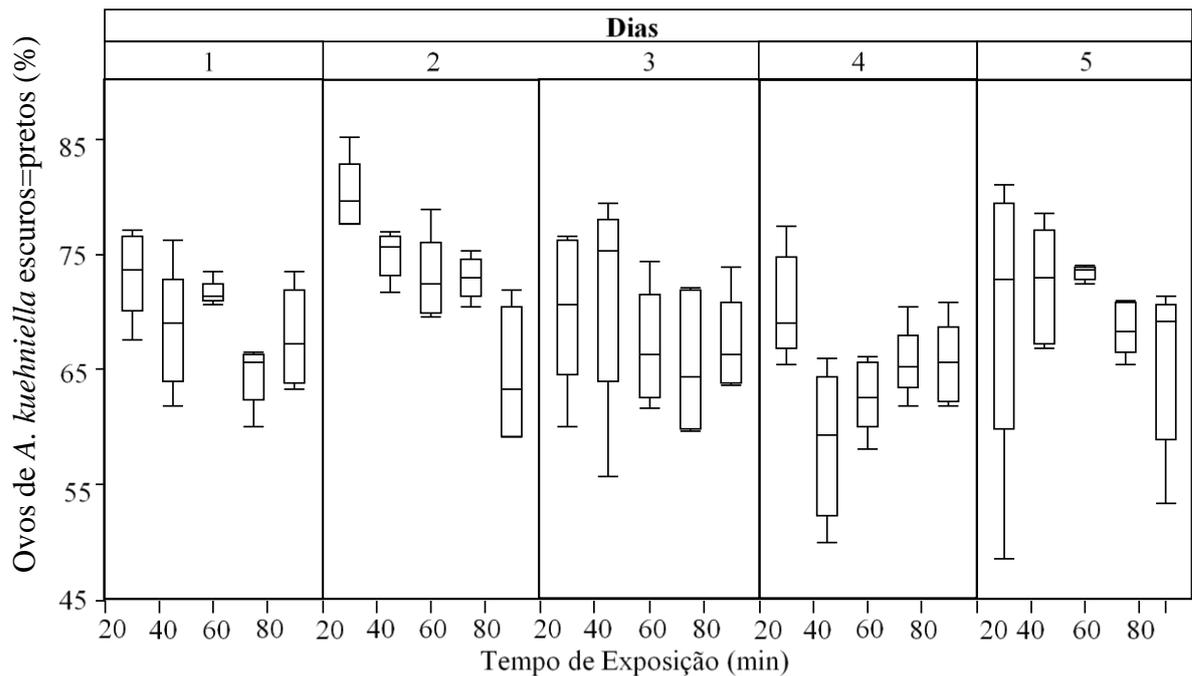


Figura 6 - Porcentagem de ovos escuros= pretos do hospedeiro *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) parasitados por *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em diferentes tempos de exposição a luz UV e idades do hospedeiro. Elaborado pela autora.

O parasitismo por *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella*, desconsiderando a idade do hospedeiro e, expondo os ovos hospedeiros à luz UV por 30 minutos apresentou melhores resultados quando expostos por 30 min, atingindo 72,9% (Figura 7). À medida que o tempo de inviabilização dos ovos aumentou, o percentual de parasitismo reduziu linearmente (Figura 7).

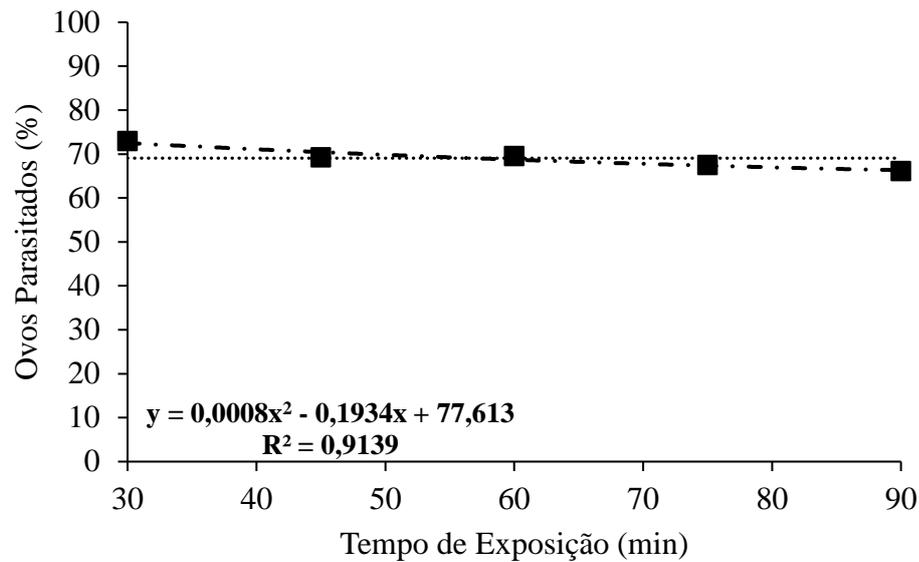


Figura 7 - Parasitismo (% \pm Erro Padrão) de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) expostos por diferentes tempos à luz germicida. Elaborado pela autora.

A redução do percentual de parasitismo, com o aumento do tempo de exposição a luz UV, nos ovos de *A. kuehniella* provocou aumento nos valores de R= banda do Vermelho; G= banda do verde; B= banda do azul das imagens das cartelas parasitadas (Figura 8).

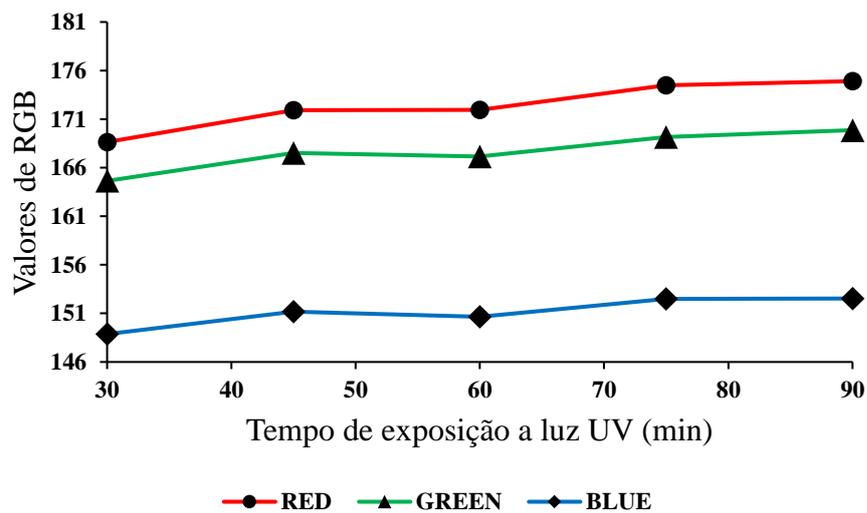


Figura 8 - Valores dos índices R= banda do Vermelho; G= banda do verde; B= banda do azul das imagens das cartelas de ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) parasitados por *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) submetidas em diferentes tempos de inviabilização a luz UV. Elaborado pela autora.

Os coeficientes de correlação linear de Pearson calculados apresentaram forte correlação negativa entre as variáveis: Ovos escuros= pretos (OP) - parasitados e ovos brancos (OB) - não parasitados, ovos escuros= pretos (OP) - parasitados e impurezas (FE) visto que todos os coeficientes se encontram na faixa de -0,9 (região azul) (Figura 9). A forte correlação negativa entre as variáveis indica que à medida que a área ocupada por ovos escuros= pretos aumenta, inevitavelmente as áreas ocupadas por ovos brancos (OB) - não parasitados e, impurezas (FE) reduzem.

As variáveis ovos brancos (OB) - não parasitados e impurezas apresentaram forte correlação positiva, com coeficientes na faixa de 0,9 (região vermelha) (Figura 9). A forte correlação positiva entre as variáveis indica que o aumento na área ocupada por ovos não parasitados implica no aumento da área ocupada por impurezas.

O coeficiente de correlação de Pearson calculado apresentou baixa relação entre a variável Índice de Saturação de Inclinação Espectral (SI) e área ocupada por ovos escuros (OP), índice de Matiz de Cores Primárias (HI) e OP, encontrando na faixa de -0,3 (região azul) (Figura 9). O Índice de Cor de Solo (SCI) apresentou baixa correlação com a variável OP, encontrando-se na faixa de -0,2 (região azul) (Figura 9). Índice de Folha Verde (GLI) apresentou baixa correlação com a variável OP, encontrando-se na faixa de -0,1 (região azul) (Figura 9). Índice de Pigmento Verde Azulado (BGI), Diferença Normalizada Verde Vermelho (NGRD) e Índice de Resistência Atmosférica Visível (VARI) apresentaram baixa relação com OP, encontrando na faixa de 0,2 (região vermelha) (Figura 9). O resultado indica que não há uma relação evidente entre esses índices de vegetação e ovos escuros= pretos.

O Índice de Brilho (BI) apresentou alta correlação negativa com a variável ovos escuros= pretos, encontrando-se na faixa de -0,9 (região azul) enquanto os valores de R, G e B também apresentaram alta correlação negativa, na faixa de -0,9 (Figura 9). A forte correlação negativa indica que o aumento da área ocupada por ovos escuros resulta na diminuição no valor de BI e nos valores de RGB.

Figura 9 - Correlação de Pearson calculada para as variáveis ovos escuros= pretos (OP), ovos brancos (OB) - não parasitados, impurezas (FE), valores de Red, Green e Blue, Índice de Brilho (BI), Índice de Cor de Solo (SCI), Índice de Folha Verde (GLI), Índice de Matiz de Cores Primárias (HI), Índice de Diferença Normalizada Verde Vermelho (NGRD), Índice de Saturação de Inclinação Espectral (SI), Índice de Resistência Atmosférica Visível (VARI) e Índice de Pigmento Verde Azulado (BGI)

	RED	GREEN	BLUE	BI	SCI	GLI	HI	NGRD	SI	VARI	BGI
OP	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,2	-0,1	-0,3	0,2	-0,3	0,2	0,2
OB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,3	0,2	0,4	-0,3	0,4	-0,3	-0,4
FE	0,8	0,8	0,9	0,8	0,1	0	0,1	0	0,1	0	-0,1

Elaborado pela autora.

5 DISCUSSÃO

As espécies do gênero *Trichogramma* spp. possuem mecanismos para a localização, reconhecimento e escolha do hospedeiro a ser parasitado. As fêmeas iniciam o forrageamento e ao identificar o hospedeiro, realizam um caminhar na superfície do ovo, tocando-o com as antenas (BESERRA & PARRA, 2003). Além do reconhecimento do hospedeiro, outras condições externas e também internas do ovo são avaliadas. Essas condições determinam a aceitação ou não do hospedeiro, de acordo com a qualidade nutricional, volume, espessura e dureza do córion e, a idade do ovo (BESERRA & PARRA, 2003; SOUZA, 2020). Nesse estudo foi observado uma relação inversa entre a quantidade de ovos escuros= pretos e a presença de ovos brancos e impurezas nas cartelas. Quanto mais ovos escuros=pretos indicando parasitismo, menor quantidade de ovos brancos e impurezas foram contabilizados. Resultado semelhante foi registrado quando ovos de *S. frugiperda* com alta densidade de escamas foi exposto ao parasitismo por *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (BESERRA & PARRA, 2003). Observou-se que as escamas interferiram na aceitação dos ovos pelas fêmeas parasitoides, afetando o comportamento da espécie em relação ao tempo gasto no deslocamento da fêmea após o término da oviposição e ao tempo em que a fêmea permaneceu parasitando.

O parasitismo também pode ser influenciado negativamente pelos mecanismos de defesa do hospedeiro, podendo-se tratar o hospedeiro com luz UV para evitar o não-parasitismo (CÔNSOLI *et al.*, 2000). A irradiação ultravioleta de ovos de hospedeiros canibais é comum para provocar a morte do embrião, mas o tempo de exposição pode influenciar o parasitismo (MAWELA *et al.*, 2010). A redução na porcentagem de parasitismo de *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella* em relação ao aumento no tempo de inviabilização em luz UV demonstra a existência de um tempo ideal para a esterilização dos ovos, apresentando resultados superiores de parasitismo em ovos expostos por 1 hora em relação aos tempos de 2 e 3 horas (SOUZA, 2019). A redução de parasitismo também foi observada em ovos de *T. absoluta* parasitados por *T. pretiosum* em que a exposição à luz UV por 10 minutos inviabilizou 100% dos ovos e o aumento no tempo de inviabilização acarretou redução na porcentagem de parasitismo (CUERVO, 2016). O conhecimento sobre a influência do tempo de inviabilização dos ovos e a porcentagem de parasitismo permite um maior planejamento para a produção dos parasitoides para que sejam liberados em campo ou comercializados.

Foi possível verificar a presença de ovos parasitados (escuros) em todos os tratamentos, indicando o parasitismo de *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella*. Os fatores idade dos ovos e tempo de inviabilização em luz UV não influenciaram na detecção de ovos escuros

nas cartelas para a realização da análise de imagens. Portanto, para quantificação do parasitismo usando imagens das cartelas é necessário que exista um adequado processamento da imagem e, através da segmentação, a decomposição em áreas de interesse (áreas ocupadas por ovos escuros). A segmentação de imagens é afetada pelo ambiente de captura e, ambiente com contraste destacado facilita a interpretação, enquanto a presença de sombras ou movimentos pode confundir a região a ser segmentada (MATTOS, 2017).

A análise de imagens é uma ferramenta importante usada no sensoriamento remoto que permite a identificação de vegetação, assim como desmatamentos, queimadas e áreas sob o risco de desertificação, favorecendo assim o acompanhamento do uso do solo e os possíveis impactos ambientais causados pela ação antrópica (PEREIRA *et al.*, 2016). Essa ferramenta favorece o levantamento das condições de determinada área sem a necessidade da presença física humana e assim o monitoramento e a análise ambiental de áreas extensas e inóspitas pode ser feita à distância obtendo-se leituras das informações emitidas pela radiação refletida pelos alvos da superfície terrestre (CABRAL *et al.*, 2006). Nesse contexto, os Índices de Vegetação (IV) funcionam como indicadores, podendo ser utilizados para calcular parâmetros biofísicos (VENIZIANI JUNIOR, 2003). No estudo, o Índice de Brilho (BI) apresentou alta correlação com a área ocupada por ovos parasitados, podendo ser considerado como o índice a ser utilizado para quantificar o percentual de parasitismo de *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella* colados em cartelas de cartolina azul celeste. Esse mesmo índice também pode ser utilizado para estimar antocianina em alface (CLEMENTE, 2021). Esse contraste demonstra as diversas possibilidades de aplicação dos índices. A escolha de um IV como indicador é baseada na resposta da análise do comportamento espectral da imagem (BARRETO, 2019). A similaridade espectral dentro de um IV pode dificultar a separação entre as áreas que indicam ovos parasitados=pretos e áreas brancas com ovos não parasitados. Essa dificuldade foi observada na caracterização e individualização da cobertura de *Rhizophora mangle* L. e *Avicennia germinans* (L.) dentro das florestas de manguezal, visto que as duas espécies tinham similaridade espectral, dificultando a separação por meio de procedimentos automáticos baseados em características espectrais (DINIZ, 2011).

A redução do parasitismo em função de maior tempo de exposição a luz UV implica na maior presença de ovos brancos e até mesmo na leitura de material biológico considerado impureza, isso favorece maior variação nas cores captadas pelo equipamento, uma vez que os ovos de *A. kuehniella* parasitados por *T. pretiosum* geralmente adquirem coloração totalmente preta, mas ovos não parasitados e impurezas podem ter outras cores mais claras. Portanto o aumento nos valores de R= banda do Vermelho; G= banda do verde e; B= banda do azul devem-

se à essa redução do parasitismo que interfere no contraste de cores causados pela diminuição de ovos escuros= pretos. Além disso, maiores áreas de coloração clara (ovos brancos e impurezas) permite o aumento nos valores de R= banda do Vermelho; G= banda do verde pois quanto maior valor da soma destes, mais clara a imagem. A soma dos valores máximos de RGB resulta na cor branca, enquanto a soma dos valores mínimos de RGB resulta na cor preta (GONÇALVES, 2003).

6 CONCLUSÕES

A análise de imagens é uma metodologia eficaz para a mensuração do percentual de parasitismo por *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella*.

O Índice de Brilho (BI) foi o índice de vegetação que melhor se ajustou para a quantificação da área ocupada por ovos parasitados. Os valores de R= banda do Vermelho; G= banda do verde e; B= banda do azul também se adequaram isoladamente.

A idade dos ovos e o tempo de exposição à luz UV não tiveram influência na detecção de ovos parasitados, ovos não parasitados e impurezas (sujeiras).

A porcentagem de parasitismo reduziu com o aumento do tempo de exposição a luz UV.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesse estudo são importantes pois podem ser utilizados no desenvolvimento de uma ferramenta que facilite o processo de controle de qualidade de *T. pretiosum* em criações massais utilizando ovos de *A. kuehniella*, visto que a avaliação tradicional usando microscópios e mão-de-obra é dispendiosa.

A automação agrícola por meio de suas ferramentas amplia e melhora a capacidade do trabalho humano. Dentro dessa perspectiva, a análise de imagens se mostra uma técnica viável para avaliação do controle de qualidade, detectando o parasitismo por *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella*. Além disso, o conhecimento de características sobre o parasitismo do agente permite aumentar o planejamento para a utilização do parasitoide de acordo com a sua potencialidade.

A análise de imagens para mensurar o parasitismo não está limitada apenas a espécie *T. pretiosum*. A avaliação do parasitismo de insetos como *Trichogramma galloi* e *Telenomus podisi* que também têm como característica o escurecimento do ovo do hospedeiro à medida que avança o desenvolvimento do parasitoide provavelmente também pode ser realizada por análise de imagens, demonstrando que a técnica pode ser aplicada para facilitar o processo de controle de qualidade dos agentes de controle biológico.

Há muitas informações sobre a técnica da análise de imagens uma vez que é utilizada em diversos setores da agricultura, mas na entomologia agrícola a literatura é reduzida. Esse fato foi um desafio na escrita do trabalho.

No trabalho foi avaliado se a idade dos ovos e tempo de exposição à luz UV influenciava a mensuração do parasitismo através da análise de imagens. No entanto não foram avaliados outros parâmetros biológicos, que também são indicadores de controle biológico de pragas. Na literatura há poucas informações sobre avaliação o fator idade dos ovos x tempo de exposição à luz UV em relacionados a outros parâmetros biológicos, além do parasitismo. O conhecimento dos parâmetros biológicos da relação desse fator pode ampliar e adequar o planejamento para a produção, multiplicação e liberação do parasitoide.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. P. **Biotecnologia de produção massal de *Trichogramma* spp. através do hospedeiro alternativo *Sitotroga cerealella***. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1996. 36 p. (Circular Técnica, 19)
- ANTUNES NETO, A.; MATIAS, F. I.; PASSOS, A. M. A. dos; ROCHA, N. M. **Determinação de sementes de soja esverdeadas por meio de análise de imagens**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2020.
- ARCARO FILHO, M. **Efeito da quantidade liberada de *Trichogramma pretiosum* no controle de *Spodoptera frugiperda* em milho safrinha**. 19 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Centro Universitário Moura Lacerda, Ribeirão Preto, 2007.
- AVANCI, M. R. F.; FOERSTER, L. A.; CAÑETE, C. L. Natural parasitism in eggs of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera, Noctuidae) by *Trichogramma* spp. (Hymenoptera, Trichogrammatidae) in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, p. 148-151, 2005.
- BARBOSA, R. B. G. **Utilização do software “R” na avaliação da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Rio Sucuru**. 38 p. Monografia (Graduação em Engenharia de Biosistemas) - Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2019.
- BARRETO, A, C. **Modelagem da salinidade do solo com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto**. 84 p. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal do Semi-Árido, Mossoró, 2019.
- BESERRA, E. B.; PARRA, J. R. P. Comportamento de parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) em posturas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47, p. 205-209, 2003.
- BUENO, R. C. O. F. **Bases biológicas para utilização de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para controle de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) e *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) em soja**. 119 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- CABRAL, N. F. F.; PACHECO, A. P.; BORGES, U. N. Uma contribuição do sensoriamento remoto para detecção de áreas degradadas na caatinga brasileira. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 26, p. 46-68, 2006.
- CARDOSO, W. G. **Desempenho biológico de indivíduos solitários e gregários de *Trichogramma pretiosum* riley, 1879 (Hym.: Trichogrammatidae) em diferentes densidades do hospedeiro *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1866) (Lep.: Pyralidae)**. 47 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Entomologia Agrícola) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016.
- CICERO, S. M.; HEIJDEN, G. W. A. M.; BURG, W. J. van der; BINO, R. J. Evaluation of mechanical damages in seeds of maize (*Zea mays* L.) by X-ray and digital imaging. **Seed**

Science and Technology, v. 26, p. 603-612, 1998.

CLEMENTE, A. A. **Teores de antocianinas, carotenoides e clorofilas em germoplasma de alface roxa e verde a partir de imagens obtidas com aeronave remotamente pilotada**. 71p. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Informações Geoespaciais) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2021.

CÔNSOLI, F. L.; PARRA, J. R. P.; VINSON, S. B. Estimating parasitoid immature mortality by comparing oviposition and pupal development of *Trichogramma galloi* Zucchi and *T. pretiosum* Riley on natural and factitious hosts. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, p. 381-387, 2000.

CÔNSOLI, F. L.; ROSSI, M. M.; PARRA, J. R. P. Developmental time and characteristics of the immature stages of *Trichogramma galloi* and *T. pretiosum* (Hymenoptera, Trichogrammatidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 43, p. 271-275, 1999.

COSTA, E. D. **Desenvolvimento de aplicação computacional para detecção e contagem de ovos do *Aedes Aegypti* utilizando processamento digital de imagens e lógica Fuzzy**. 54 p. Monografia (Graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2017.

COSTA, S. M. S.; CRUZ, I.; AMANCIO, M. B.; REDOAN, A. C. M.; ALBUQUERQUE, D. F. de A. Relação entre cartelas parasitadas por *Trichogramma pretiosum* e cartelas ofertadas para parasitismo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31, 2016, Bento Gonçalves. **Anais...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016.

COSTA-LIMA, T. C.; ARAÚJO, A. T. P.; TORRIS, A. F. Biology and population dynamics of the american vine moth and the potential biocontrol with *Trichogramma pretiosum*. **Neotropical Entomology**, v. 50, p. 470-475, 2021.

COUTINHO, C. R.; SOUZA, S. A.; PONTES, A. D. S.; GODOY, M. S.; PEREIRA, F. F.; PASTORI, P. L. Thermal requirements of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) lines in *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) eggs. **Revista Colombiana de Entomologia**, v. 47, p. 1-6, 2021.

CUERVO, J. G. B. ***Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae): adequação de uma dieta artificial e avaliação do seu controle biológico com *Trichogramma pretiosum* Riley em tomateiro**. 87 p. Tese (Doutorado em Ciências/Entomologia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2016.

DIAS-PINI, N. S.; PARRA, J. R. P.; DIAS, C. T. S. Tabela de vida de fertilidade de três espécies neotropicais de Trichogrammatidae em ovos de hospedeiros alternativos como critério de seleção hospedeira. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, p. 120-124, 2010.

DINIZ, C. G. **Uso de imagens de alta resolução, características espectrais e classificação orientada ao objeto no mapeamento de vegetação de manguezal**. 66 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

ENRICI, J. P. **Fito diagnose digital: detecção de doenças de plantas via imagens digitais**. 74 p. Monografia (Graduação em Sistemas de Computação) - Universidade Federal

Fluminense, Niterói, 2018.

ESCADAFAL, R.; BELGHITH, A.; BEM, M. H. Indices spectraux pour la télédétection de la dégradation des milieux naturels en Tunisie aride. In: ACTES DU SIXIÈME SYMPOSIUM INTERNATIONAL, 6, Val d'Isère, **Anais...** Val d'Isère, SPRS - ESA, 1994, p. 253-259.

FARID, A.; TILAL, S.; KHAN, A. U.; ALAMZEB, K.; KARIMULLAH, S. U. Host age effect on oviposition preference and developmen of *Trichogramma chilonis* (Ishii). **Pakistan Journal of Biological Science**, v. 4, p. 121-122, 2001.

FLANDERS, S. E. Mass production of egg parasites of the genus *Trichogramma*. **Hilgardia**, v. 4, p. 465-501, 1930.

FORTI, V. A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Análise de imagens na avaliação de danos mecânicos e causados por percevejos em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 121-130, 2008.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 920 p. 2002.

GOMES JUNIOR, F. G.; CICERO, S. M. X-Ray analysis to assess mechanical damage in sweet corn seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 78-85, 2012.

GONÇALVES, J. R.; HOLTZ, A. M.; PRATISSOLI, D.; GUEDES, R. N. C. Avaliação da qualidade de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera:Trichogrammatidae) em ovos de *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, p.485-489, 2003.

GONÇALVES, M. I. S. **Aplicações de imagens digitais e análise multivariada para classificação e determinação de parâmetros de qualidade em plumas de algodão**. 110 p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

GONZALÉZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento Digital de Imagens**. 3. ed. São Paulo: Pearson Education, 640 p. 2011.

HAJI, F. N. P. *Trichogramma pretiosum* para controle de pragas no tomateiro industrial. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, S. M.; FERREIRA, B. S. C.; BENTO, J. M. S. **Controle biológico no Brasil, Parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, p. 477-494, 2002.

HIROSE, E. **Estudos de simbiontes associados a *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae)**. 139 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

IGNACIO, J. S. **Processamento e análise digital de imagens em estudos da cinética de recristalização de ligas Al-Mg-X**. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

KO, K.; LIU, Y.; HOU, M.; BABENDREIR, D.; ZHANG, F.; SONG, K. Evaluation for

potential *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) strains for control of the striped stem borer (Lepidoptera: Crambidae) in the greater mekong subregion. **Journal of Economic Entomology**, v. 104, p. 955-963, 2014.

LACERDA, L. B. **Técnica para liberação do predador *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Anisolabididae)**. 43 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2020.

LIMA, K. A. P. **Análise de imagens de sementes e plântulas de carnaúba para avaliação de vigor**. 32 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. 2. ed. UNIDERP, 2006.

LOPES, D. S.; SILVA, F. H.; BONFIM, M. F. **Desenvolvimento do algoritmo para processamento de imagens digitais para diagnóstico de melanoma**. 102 p. Monografia (Graduação em Engenharia da Computação) - Centro Universitário Católica Salesiano Auxilium, Araçatuba, 2013.

LOPES, R. M. **Análise de áreas agrícolas por meio de imagens aéreas**. 67 p. Monografia (Graduação em Sistemas de Informação) - Faculdade Meridional, Passo Fundo, 2015.

LOPES, S. R.; PAIXÃO, M. A. S.; CRUZ, I. Viabilidade econômica de biofábrica de *Trichogramma pretiosum* para uso contra pragas agrícolas da ordem Lepidoptera. **Revista IPecege**, v. 4, p. 44-50, 2018.

LOUHAICHI, M.; BORMAN, M. M.; JOHNSON, D. E. Spatially located platform and aerial photography for documentation of grazing impacts on wheat. **Geocarto International**, v. 16, p. 65-70, 2001.

MAGALHÃES, G. O.; GOULART, R. M.; VACARI, A. M.; BORTOLI, S. A. Parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em diferentes hospedeiros e cores de cartelas. **Arquivo do Instituto Biológico**, v. 79, p. 55-60, 2012.

MARQUES, M. de A.; QUINTELA, E. D.; OLIVEIRA, M. F.; CAMARGO, A. C.; LEMES, A. C. O. Eficácia de *Trichogramma pretiosum* sobre ovos da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28, 2010, Goiânia, **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, p. 375-382, 2010.

MARTINAZZO, T.; PIETROWSKI, V.; CORDEIRO, E.; ECKSTEIN, B.; GRISA, S. Liberação de *Trichogramma pretiosum* para controle biológico de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, p. 1657-1660, 2007.

MATHIEU, R.; POUGET, M.; CERVELLE, B.; ESCADAFAL, R. Relationships between satellite-based radiometric indices simulated using laboratory reflectance data and typical soil color of an arid environment. **Journal Remote Sensing of Environment**, v. 66, p. 17-28, 1998.

MATTOS, A. P. **Determinação da severidade de doenças de plantas por meio de imagens digitais**. 63 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2017.

MAWELA, K.V.; KFIR, R.; KRÜGER, K. Host suitability of UV-irradiated eggs of three Lepidoptera species for rearing *Trichogrammatoidea lutea* Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 134, p.737-744, 2010.

MEIRA, A. L.; STRUM, G. M.; ZINGER, F. D.; MARGDAN, L.; PRATISSOLI, D. Características biológicas de parasitoides de ovos criados em diferentes hospedeiros. **Agrarian**, v. 10, p. 10-17, 2017.

MOLINA, R. M. S.; FRONZA, V.; PARRA, J. R. P. Seleção de *Trichogramma* spp., para o controle de *Ecdytolopha aurantiana*, com base na biologia e exigências térmicas. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, p. 152-158, 2005.

MOTOMIYA, A. V. de A.; BALLAMINUT, C. E.; MOLIN, J. P.; CHIAVEGATO, E. J.; ECHEVARRIA, P. B.; COLACO, A. F. Determinação da intensidade de infestação de nematóide em algodoeiro sob diferentes doses de nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 6, 2007, Uberlândia, **Anais...** Uberlândia: Congresso Brasileiro de Algodão, 2007.

NAKAMURA, C. S. **Uso de defensivos agrícolas biológicos: uma análise técnica e de Mercado**. 36 p. Monografia (Graduação em Engenharia Bioquímica) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.

OBANDO-FLOR, E.P.; CICERO, S.M.; FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, p. 68-76, 2004.

OLIVEIRA, E. H. S.; JESUS, G. R.; DUARTE, L. M.; GRAJALES, L. M. Crescimento radial do fungo *Metarhizium anisopliae* através de análise de imagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 7, 2017, São Carlos, **Anais...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2017, p. 2704-2709.

OLIVEIRA, R. C. M.; PASTORI, P. L.; COUTINHO, C. R.; JUVENAL, S. O.; AGUIAR, C. V. S. Natural parasitism of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) eggs on tomato (Solanales: Solanaceae) in the Northeast region, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 80, p. 474-475, 2020.

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. Controle biológico: Uma visão inter e multidisciplinar. **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, p. 125-142, 2002.

PARRA, J. R. P.; LOPES, J. R. S.; SERRA, H. J. P.; SALES JÚNIOR, O. Metodologia de criação de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) para produção massal de *Trichogramma* spp. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 18, p. 403-415, 1989.

PARRA, J. R. P.; COELHO, A. Applied Biological Control in Brazil: from laboratory assays to field application. **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 2, p. 1-6, 2019.

PASTORI, P. L.; MONTEIRO, B. L.; BOTTON, M.; SOUZA, A.; POLTRONIERI, A. S.; SCHUBER, J. M. Parasitismo de ovos da lagarta-enroladeira-da-maçã em função do número

de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) liberado. **Scientia Agraria**, v. 09, p. 497-504, 2008.

PASTORI, P. L.; MONTEIRO, L. B.; BOTTON, M.; PRATISSOLI, D. Efeito da idade do parasitóide e do hospedeiro na reprodução de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Bonagota salubricola* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae). **Arquivos do Instituto Biológico (online)**, v. 77, p. 349-353, 2010.

PEDRINI, H.; SCHWARTZ, W. R. **Análise de imagens digitais: Princípios, Algoritmos e Aplicações**. São Paulo: Thomson Learning, 508 p., 2008.

PEREIRA, F. F.; BARROS, R.; PRATISSOLI, D.; PARRA, J. R. P. Biologia e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley e *T. exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) criados em ovos de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 231-236, 2004.

PEREIRA, L. S.; SILVA, D. O.; PAMBOUKIAN, S. V. D. Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura de Precisão no Cultivo de Bambu. **Mackenzie de Engenharia e Computação**, v. 16, p. 8-33, 2016.

PINTO, T. L. F.; CICERO, S. M.; FRANÇA-NETO, J. B.; FORTI, V. A. An assessment of mechanical and stink bug damage in soybean seed using X-ray analysis test. **Seed Science and Technology**, v. 37, p. 110-120, 2009.

POLANCZYK, R. A.; PRATISSOLI, D.; HOLTZ, A. M.; PEREIRA, C. L. T.; FURTADO, I. S. A. Efeito da idade de *Trichogramma exiguum* e do desenvolvimento embrionário da traça das crucíferas sobre as características biológicas do parasitoide. **Acta Scientiarum**, v. 29, p. 161-166, 2007.

POLTRONIERI, A. S.; SILVA, E. D. B. da; ARAUJO, E. S.; SCHUBER, J. M.; PASTORI, P. L. Características biológicas de duas linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos da mariposa-oriental com diferentes idades. **Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas**, v. 34, p. 349-356, 2008.

PONZONI, F.J. Dados TM/Landsat na identificação do ataque da “vespa-da-madeira” em plantios de *Pinus* sp. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador, INPE, 1996, p. 557-566.

PRATISSOLI, D.; OLIVEIRA, H. N. Influência da idade dos ovos de *Helicoverpa zea* (Boddie) no parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 891-896, 1999.

QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. Guia de identificação de *Trichogramma* para o Brasil. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2012.

R Core Team, R: **A language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing Vienna, Áustria. 2017.

RIBEIRO, S. S. **Métodos computacionais aplicados a agricultura: Phyton & Weka**. Guarapuava: Perse, 2016.

RICHARDSON, A. J.; WIEGAND, C. L. Distinguishing vegetation from soil background information. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 43, p. 1541-1552, 1977.

ROSA, T. B. C. **Estudo da eficiência das lâmpadas UV para tratamento de água contaminada por bactérias termotolerantes**. Frutal-MG: Prospectiva, 127 p. 2015.

ROSENDO, J. S. **Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis**. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005.

SENA JÚNIOR, D. G.; PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C. Algoritmo para classificação de plantas de milho atacadas pela lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*, Smith) em imagens digitais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, p. 502-509, 2001.

SIZER, C. E.; BALASUBRAMANIAM. V. M. New intervention processes for minimally processed juices. **Food Technology**, v. 53, p. 64-67, 1999.

SOUSA, V. G. **Estudo de características urbanas por meio da análise de imagens por sensoriamento remoto**. Uberlândia: UFU, 2019, 13 p. (Relatório)

SOUTO, L. A. **Ocorrência de *Leucoptera coffeella* e detecção da presença de minas comparando amostragem convencional e amostragem por fotogrametria terrestre**. 27 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2019.

SOUZA, S. A. **Inviabilização de ovos de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) com radiação UV visando estudos com *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae)**. 30 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

SOUZA, T. W. Custos de uma biofábrica de *Trichogramma pretiosum* Riley para o controle da lagarta-do-cartucho no milho. **EntomoBrasilis**, v. 3, p. 49-54, 2010.

STEIN, C. P.; PARRA, J. R. P. Uso da radiação ultravioleta para inviabilizar ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) visando estudos com *Trichogramma* spp. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 16, p. 229-233, 1987.

STINGUEL, P.; CARVALHO, J. R.; PRATISSOLI, D.; ZUIM, V.; MARDGAN, L. Efeito da idade dos ovos de *Mocis latipes* (Lepidoptera, Noctuidae) sobre o parasitismo de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) com diferentes idades. **Nucleus**, v. 10, p. 265-274, 2013.

STOUTHAMER, R. The use sexual of versus asexual wasps in biological control. **Entomophaga**, v. 38, p. 3-6, 1993.

SUJII, E. R.; PIRES, C. S. S.; VENZON, M.; FERNANDES, O. A. Controle de artrópodes-praga com insetos predadores. In: FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M.C. **Controle**

biológico de pragas da agricultura. Brasília: EMBRAPA, 2020, p. 113-140.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Journal of Remote Sensing Environment**, v. 8, p. 127-150, 1979.

VACARI, A. M.; DE BORTOLI, S. A. Situação atual e perspectivas da comercialização de agentes de controle biológico no Brasil. In: BUSOLI, A. C.; ANDRADE, D. J.; JANINI, J. C.; BARBOSA, C. L.; FRAGA, D. F.; SANTOS, L. C.; RAMOS, T. O.; PAES, V. E. (Eds.). **Tópicos em Entomologia Agrícola III**. Jaboticabal: Gráfica e Editora Multipress, p. 91-102, 2010.

VENIZIANI JUNIOR, J. C. T. **Utilização de índices de vegetação para estimativa da proteção do solo pela cobertura vegetal: uma contribuição para o uso da equação universal das perdas de solo.** 121 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003.

VINSON, S. B. Comportamento da seleção hospedeira de parasitoide de ovos, com ênfase na família Trichogrammatidae. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, p. 67-120, 1997.

VOLPE, H.X.L.; DE BORTOLI, S. A.; THULER, R. T.; VIANA, C. L. T. P.; GOULART, R. M. Avaliação de características biológicas de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) criado em três hospedeiros. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 73, p. 311-315, 2006.

WÜHRER, B.G. & HASSAN, S.A. Selection of effective species/ strains of *Trichogramma* (Hym.; Trichogrammatidae) to control the diamondback moth *Plutella xylostella* L. (Lep., Plutellidae). **Journal of Applied Entomology**, v.116, p.80-89, 1993.

ZAGO, H. B.; BARROS, R.; TORRES, J. B.; PRATISSOLI, D. Distribuição de ovos de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) e o parasitismo por *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 241-247, 2010.

ZAHID, M.; FARID, A.; SATTAR, A.; KHAN, I. Effects of parasitoid and host egg age on parasitismo by *Trichogramma chilonis* (Ishii). **Surunarce Journal of Science and Technology**, v. 14, p. 381-384, 2007.

ZARCO-TEJADA, P.J.; RUEDA, C.A.; USTIN, S.L. Water content estimation in vegetation with MODIS reflectance data and model inversion methods. **Remote Sensing of Environment**, v. 85, p. 109 -124, 2003.

ZUIM, V.; PAES, J. P. P.; CARVALHO, J. R.; STINGUEL, P.; PRATISSOLI, D. Parasitismo de *Trichogramma exiguum*: Influência do desenvolvimento embrionário dos ovos e da idade do parasitoide. **Revista Verde**, v. 8, p. 211-217, 2013.

ZUIM, V.; RODRIGUES, H. S.; PRATISSOLI, D.; TORRES, J. B.; FRAGOSO, D. F. M.; BUENO, R. C. O. F. Influência da idade e densidade de ovos de *Helicoverpa armigera* no parasitismo de *Trichogramma pretiosum*. **Acta Scientiarum**, v. 39, p. 513-520, 2017.