

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

AVALIAÇÃO DA FORMULAÇÃO SPLAT CIDA GRAFO BONA® SOBRE O  
COMPORTAMENTO E MORTALIDADE DE *Grapholita molesta*  
(LEPIDOPTERA, TORTRICIDAE)

Diogo Ricardo Goulart Pereira Rêgo  
Tecnólogo em Agropecuária/UERGS  
Me. em Fitotecnia/UFRGS

Tese apresentada como um dos requisitos  
à obtenção do Grau de Doutor em Fitotecnia  
Ênfase Entomologia

Porto Alegre (RS), Brasil  
Julho de 2014

### CIP - Catalogação na Publicação

Pereira-Rêgo, Diogo Ricardo Goulart  
AVALIAÇÃO DA FORMULAÇÃO SPLAT CIDA GRAFO BONA®  
SOBRE O COMPORTAMENTO E MORTALIDADE DE Grapholita  
molesta (LEPIDOPTERA, TORTRICIDAE) / Diogo Ricardo  
Goulart Pereira-Rêgo. -- 2014.  
72 f.

Orientadora: Luiza Rodrigues Redaelli.  
Coorientador: Marcos Botton.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2014.

1. Feromônio sexual. I. Redaelli, Luiza Rodrigues,  
orient. II. Botton, Marcos, coorient. III. Título.

*Ao meu pai Saul Nei de Quadros Pereira Rêgo, in memoriam, sabendo que seus olhos me acompanham:*

*dedico.*

*A minha mãe Cleunice Goulart Pereira Rêgo pela confiança sempre e acima de tudo. A minha companheira, amiga e, sobretudo meu amor Nubia Alfaro Freitas pela compreensão, apoio e auxílio:*

*ofereço.*

*"Só se nos detivermos a pensar nas pequenas coisas chegaremos a compreender as grandes."*

*José Saramago*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus irmãos pelo exemplo, amizade e auxílio. Ao meu cunhado e cunhadas pelos mesmos motivos.

À minha orientadora Luiza Rodrigues Redaelli, por tudo que fez por mim, pelo carinho, compreensão e amizade sincera. Ao meu coorientador Marcos Botton pelos mesmos motivos.

Ao professor Josué Sant'Ana pela dedicação e orientação na realização deste trabalho.

Ao professor Mauricio Bento, da ESALq, pela recepção, auxílio e disponibilidade.

A Tatiana Ruschel e Priscila Padilha pelo inestimável auxílio.

A todos os colegas do BIECOLAB pela troca de conhecimentos e feliz convivência.

Aos colegas do laboratório de entomologia Embrapa Uva e Vinho pelo amparo.

À todos aqueles que dividiram a “pousada” em Bento Gonçalves e ao pessoal da Casa Nova em Piracicaba.

A todos os professores do Departamento de Fitossanidade pelos ensinamentos.

Aos funcionários do Departamento de Fitossanidade e do PPG pelo suporte e auxílio.

À UFRGS, Faculdade de Agronomia, EMBRAPA Uva e Vinho, CAPES e ao CNPq pela estrutura, condições de trabalho e apoio financeiro.

Muito obrigado.

AVALIAÇÃO DA FORMULAÇÃO SPLAT CIDA GRAFO BONA® SOBRE O  
COMPORTAMENTO E MORTALIDADE DE *Grapholita molesta*  
(LEPIDOPTERA, TORTRICIDAE)<sup>1</sup>

Autor: Diogo Ricardo Goulart Pereira Rêgo  
Orientador: Luiza Rodrigues Redaelli  
Coorientador: Marcos Botton

## RESUMO

A mariposa-oriental, *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera, Tortricidae) é uma das principais pragas associadas às culturas da macieira e do pessegueiro na região sul do Brasil. Para o controle desta praga são utilizados, principalmente, inseticidas químicos. O emprego de feromônios sexuais para o monitoramento e controle de *G. molesta*, representa uma alternativa, entretanto existem lacunas de conhecimento que poderiam tornar a sua aplicação mais eficiente. Este trabalho teve como objetivos determinar o raio de ação do feromônio sexual ISCALure Grafolita® em armadilhas Delta, em pomares de pessegueiro e avaliar o produto Splat Cida Grafo Bona® (SCGB) em relação à mortalidade por contato, à percepção eletroantegráfica e à quimiotaxia (túnel de vento), em machos de *G. molesta*. Para determinar a distância de alcance do feromônio em armadilhas Delta, machos de *G. molesta* marcados foram liberados a diferentes distâncias das armadilhas e o percentual de captura observado. Nos experimentos que avaliaram a mortalidade, a percepção eletroantegráfica e a quimiotaxia, o produto SCGB foi utilizado fresco e exposto por 30, 60 e 90 dias a condições ambientais não controladas. A mortalidade de machos de *G. molesta* foi registrada colocando os indivíduos em contato com estes tratamentos. As respostas eletroantegráficas foram obtidas expondo antenas de machos aos mesmos tratamentos e ao inerte da pasta. A quimiotaxia foi observada em túnel de vento e além desses tratamentos, machos também foram expostos a fêmeas virgens. O feromônio sexual contido nas armadilhas para monitoramento de *G. molesta*, em pomares de pessegueiro, atraiu mais machos a distâncias de até 200 m tendo uma área de cobertura de 12,56 ha; a mortalidade de adultos em contato com o SCGB foi similar entre os indivíduos submetidos a pastas com até 60 dias de exposição; a percepção eletroantegráfica ao produto SCGB não variou entre os tratamentos e a quimiotaxia foi maior quando os machos de *G. molesta* foram expostos a fêmeas virgens e ao produto SCGB que permaneceu no ambiente por 90 dias.

---

<sup>1</sup> Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (62 p.). Julho, 2014.

EVALUATION OF SPLAT CIDA GRAFO BONA® FORMULATION ON  
BEHAVIOUR AND MORTALITY OF *Grapholita molesta* (LEPIDOPTERA,  
TORTRICIDAE)<sup>1</sup>

Author: Diogo Ricardo Goulart Pereira Rêgo

Adviser: Luiza Rodrigues Redaelli

Co-adviser: Marcos Botton

**ABSTRACT**

The oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera, Tortricidae) is a major pest of crops associated with apple and peach orchards in southern Brazil. In order to control this insect, it is used, mainly, chemical insecticides. Sex pheromones for monitoring and control of *G. molesta*, is an alternative, however there are gaps in knowledge that could make its application more efficient. This work aimed to determine the action range of the sex pheromone ISCALure Grafolita® in Delta traps in peach orchards and evaluate the Splat Cida Grafo Bona® (SCGB) in relation to mortality (contact), electroantennographic perception and chemotaxis (wind tunnel) to male *G. molesta*. Marked *G. molesta* males were released to different traps distances and the percentage of capture was observed. To evaluate the mortality, the electroantennographic perception and the chemotaxis, fresh and exposed SCGB for 30, 60 and 90 days, were used. Mortality of male *G. molesta* was recorded placing individuals in contact with these treatments. The electrophysiological responses were obtained from male antennae exposed to the same treatments and to the inert emulsion. In the wind tunnel bioassays males were also exposed to virgin females. The sex pheromone traps attracted more males at distances up to 200 m with a range area of 12.56 ha; the mortality of adults in contact with SCGB was similar among individuals submitted to the emulsion, with up to 60 days of exposure; the electroantennographic perception to the product SCGB did not vary among treatments. Chemotaxis was greater when males *G. molesta* were exposed to virgin females and SCGB product exposed to the environment for 90 days.

---

<sup>1</sup> Doctoral Thesis in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil (62 p.) July, 2014.

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 Cultura do pessegueiro .....	3
2.2 <i>Grapholita molesta</i> .....	4
2.2.1 Aspectos biológicos e morfológicos .....	4
2.2.2 Distribuição geográfica .....	6
2.2.3 Hospedeiros .....	7
2.2.4 Danos .....	7
2.2.5 Comportamento reprodutivo e comunicação química .....	8
2.2.6 Monitoramento e controle .....	10
2.2.6.1 Monitoramento .....	10
2.2.6.2 Controle químico .....	11
2.2.6.3 Controle comportamental .....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	18
3.1 Efeito de marcador biológico Luminous Powder BioQuip na percepção eletroantegráfica de machos de <i>Grapholita molesta</i> ao feromônio sexual .....	18
3.2 Eficiência da captura de machos de <i>Grapholita molesta</i> em armadilhas iscadas com feromônio sexual sintético em pomares de pessegueiro .....	21
3.3 Ação do SPLAT Cida Grafo Bona® em machos de <i>Grapholita molesta</i> em laboratório .....	25
3.3.1 Mortalidade através do contato .....	25
3.3.2 Teste eletroantegráfico .....	28
3.3.3 Teste de quimiotaxia .....	30

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1 Efeito de marcador biológico Luminous Powder BioQuip na percepção eletroantenográfica de machos de <i>Grapholita molesta</i> ao feromônio sexual .....	34
4.2 Eficiência da captura de machos de <i>Grapholita molesta</i> em armadilhas iscadas com feromônio sexual sintético em pomares de pessegueiro .....	36
4.3 Ação do SPLAT Cida Grafo Bona® em machos de <i>Grapholita molesta</i> em laboratório .....	40
4.3.1 Mortalidade através do contato .....	40
4.3.2 Teste eletroantenográfico.....	42
4.3.3 Teste de quimiotaxia .....	45
5 CONCLUSÕES .....	49
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	50
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52
8 APÊNDICES.....	62

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Médias das respostas eletrofisiológicas (mV $\pm$ EP) de machos de <i>Grapholita molesta</i> marcados e não marcados com pó fluorescente ao ar, hexano e o feromônio sexual sintético (n = 15).....	35
2. Número total e percentual de machos de <i>Grapholita molesta</i> capturados em armadilha Delta iscada com feromônio sexual sintético ISCALure Grafolita®, após 14 dias da liberação de machos em quatro distâncias, em pomares de pessegueiros nos municípios de Antônio Prado e Pinto Bandeira, RS, de janeiro a abril de 2012.....	37
3. Número total e percentual de machos de <i>Grapholita molesta</i> capturados em armadilha Delta iscada com feromônio sexual sintético ISCALure Grafolita®, após 14 dias da liberação de machos em dois pomares de pessegueiros, no município de Jaquirana RS, de janeiro a fevereiro de 2013.....	37
4. Número médio de insetos mortos ( $\pm$ DP) e mortalidade corrigida (Mc – fórmula de Abbott) (%) de machos de <i>Grapholita molesta</i> 30 min.; 1; 6 e 24 horas após contato com os tratamentos SPLAT Cida Grafo Bona® (SCGB) expostos ao ambiente em diferentes intervalos de tempo, 0, 30, 60 e 90 dias (25 $\pm$ 2 °C; 70 $\pm$ 10% UR), pasta veículo do produto (inerte) e mortalidade natural no período do experimento (testemunha).....	41
5. Percentual ( $\pm$ EP) de resposta de machos de <i>Grapholita molesta</i> em túnel de vento, quando submetidos ao produto SPLAT Cida Grafo Bona® (SCGB) expostos ao ambiente em diferentes intervalos de tempo (0, 30, 60 e 90 dias), inerte e fêmeas virgens.....	52

## RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

1. Processo de marcação de indivíduos de *Grapholita molesta*: 1) insetos no interior do pote; 2) pó marcador e pincel; 3) polvilhonamento do pó; 4) insetos marcados após o processo; 5) inseto marcado sob luz negra (efeito fluorescente)..... 19
2. Mapa parcial da Serra Gaúcha com a localização dos três pomares de pessegueiros indicados com os pontos amarelos, nos municípios de Pinto Bandeira (28°45'S, 51°54'O) e Antônio Prado (29°04'S, 51°24'O), RS (Google Earth, 2011)..... 22
3. Vista aérea do pomar de pessegueiro no município de Pinto Bandeira (29°09'S, 51°24'O), RS. O círculo azul indica a armadilha de feromônio e os pontos em amarelo, as quatro distâncias de liberação de *Grapholita molesta* (Google Earth, 2013)..... 23
4. Vista aérea dos pomares de pessegueiro (1 e 2) no município Jaquirana, RS (28°52'S 50°24'O). O círculo azul indica a armadilha de feromônio e os pontos amarelos, as três distâncias de liberação de *Grapholita molesta*, nos dois pomares, no ano de 2013 (Google Earth, 2013)..... 24
5. Sistema utilizado para exposição: (A) suporte plástico; (B) disco plástico; (C) porções de 1g SPLAT Cida Grafo Bona®..... 26
6. Seringas de 5 mL com produto SPLAT Cida Grafo Bona®, indicado pela flecha..... 27
7. Túnel de vento com iluminação vermelha..... 31
8. Túnel de vento: A) extremidade com gaiola de liberação de insetos; B) extremidade com gaiola da fonte de estímulo “bob”..... 32
9. Médias das respostas eletrofisiológicas (mV) de machos de *Grapholita molesta* (n = 50) ao produto Splat Cida Grafo Bona® (SCGB) expostos ao ambiente em diferentes intervalos de tempo, 0, 30, 60 e 90 dias, pasta veículo do produto (inerte)..... 43

## APÊNDICES

Página

1. Dados meteorológicos mensais (VV = velocidade média do vento; P= precipitação média; PA= pressão média atmosférica; T= temperatura média e UR = umidade média relativa do ar) das regiões onde se realizaram as avaliações (BG = Pinto Bandeira e Antonio Prado e BJ = Jaquirana - RS) nos períodos de janeiro a abril de 2012 e janeiro e fevereiro de 2013..... 62

## 1 INTRODUÇÃO

A mariposa-oriental, *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera, Tortricidae) é uma das principais pragas associadas às frutíferas de clima temperado com destaque para a macieira (*Malus domestica* Borkh) e o pessegueiro (*Prunus persica* L.) na região Sul do Brasil. Para o controle da espécie, os produtores utilizam, principalmente, inseticidas químicos, os quais apresentam sérias restrições devido à elevada toxicidade, risco de resíduos tóxicos nos frutos e contaminação ambiental. A utilização de feromônios sexuais sintéticos constitui-se em uma alternativa para o manejo da praga no Brasil permitindo minimizar ou eliminar o uso de agrotóxicos no manejo da espécie nestas culturas.

Ainda que tenha aumentado o uso de feromônios sexuais, para o monitoramento e controle comportamental de *G. molesta*, existem lacunas de conhecimento que poderiam tornar a sua aplicação mais eficiente e segura. Um dos fatores fundamentais no monitoramento desta espécie é a determinação do número de armadilhas por área, ao qual ao raio de ação da isca feromonal influencia diretamente. Sem esta informação, a densidade de armadilhas atualmente recomendada (2 armadilhas/ha) pode atrair indivíduos de áreas adjacentes ou mesmo não abranger a que se deseja monitorar, resultando em informações equivocadas quanto à densidade

populacional e nível de controle. A recomendação do número de armadilhas para o monitoramento da população de *G. molesta* por hectare é empírica, não havendo trabalhos de pesquisa que indiquem um número adequado por área. Por outro lado, também existem lacunas a respeito da forma como os produtos utilizados para a interrupção do acasalamento atuam, diminuindo a infestação nos pomares.

No Brasil, existem diferentes formulações comerciais contendo feromônio sexual para o manejo da *G. molesta*: Biolita<sup>®</sup> Cetro<sup>®</sup>, SPLAT Grafo<sup>®</sup>, SPLAT Grafo Bona<sup>®</sup> e SPLAT Cida Grafo Bona<sup>®</sup>. Este último também possui na formulação o inseticida cipermetrina, associando atrativo e inseticida, criando uma estratégia de controle denominada “atrai e mata”. Uma das principais restrições para o uso desta tecnologia, diz respeito à falta de informações sobre a atratividade, persistência e mortalidade dos adultos atraídos para a formulação contendo inseticidas.

Este trabalho teve como objetivos determinar o raio de ação das armadilhas Delta iscadas com feromônio sexual sintético ISCALure Grafolita<sup>®</sup> utilizado para o monitoramento de *G. molesta* em pomares de pessegueiro, e avaliar a formulação atrai e mata contendo o feromônio sexual e cipermetrina (SPLAT Cida Grafo Bona<sup>®</sup>) em relação à mortalidade por contato, à percepção eletroantegráfica e à quimiotaxia (atratividade) sob machos de *G. molesta*.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cultura do pessegueiro

O pessegueiro, *Prunus persica* (L.) Batsch (Rosaceae) é uma frutífera com centro de origem na China de onde foi introduzido na Europa através da Pérsia sendo cultivado em todo mundo, principalmente em regiões de clima temperado (EMBRAPA, 2005).

Aproximadamente 12 milhões de toneladas de pêssego são produzidas mundialmente, com crescimento ao redor de 20% a cada 10 anos, sendo a China o maior produtor, com cerca de 27% deste mercado. Na América Latina, o Chile é o principal produtor, com aproximadamente 285 mil toneladas de frutos colhidos. O Brasil produz anualmente 146 mil toneladas, destinadas basicamente ao mercado interno (SIDRA, 2013).

O maior produtor nacional é o Rio Grande do Sul que no período 2009-2011 registrou média de frutos colhidos de 134.278 toneladas/ano (60% da produção total do país), seguido de São Paulo com 34.534 toneladas/ano, Minas Gerais com 22.222 toneladas/ano, Paraná com 15.686 toneladas/ano e Santa Catarina com 13.203 toneladas/ano (SEPLAG, 2014).

No Rio Grande do Sul, a produção de pêssego está concentrada nas microrregiões de Pelotas e Caxias do Sul, deve-se mencionar ainda a região metropolitana de Porto Alegre, também importante produtora desta cultura (SEPLAG, 2014). Os municípios maiores produtores no período 2009-2011

são: Pelotas, com média de 23.000 toneladas/ano; Bento Gonçalves com 18.785 toneladas/ano; Canguçu com 18.666 toneladas/ano e Piratini com 10.227 toneladas/ano. Estes municípios, juntamente com outros nove com produção superior a 1.000 toneladas/ano, são responsáveis por 75,6% do total do Estado (SEPLAG, 2014).

A cultura do pessegueiro no Rio Grande do Sul representa uma alternativa de grande importância para a diversificação da matriz produtiva, absorção de mão de obra familiar, geração de renda, além de ser limitante do êxodo rural nas pequenas propriedades (IBGE, 2013).

## **2.2 *Grapholita molesta***

### **2.2.1 Aspectos biológicos e morfológicos**

*Grapholita molesta* é um microlepidóptero originário da China conhecido popularmente como mariposa-oriental ou broca-dos-ponteiros (Salles, 1991). Os ovos de *G. molesta* medem de 0,5 a 0,9 mm de diâmetro, são arredondados e de cor branco-acinzentada, depositados na face inferior das folhas novas, de brotações próximas às axilas, nos ramos novos e também nos frutos. O período de incubação tem duração de três a quatro dias (Gonzalez, 1989). A oviposição ocorre logo após a cópula e a cada evento podem ser depositados de 30 a 40 ovos (Nuñez & Paullier, 1995).

As lagartas passam por seis ínstaes, nos três primeiros possuem coloração branco-acinzentada e cabeça preta, nos últimos adquirem coloração rosada e medem de 12 a 14 mm (Gonzalez, 1989). A presença do pente anal, estrutura quitinosa no último segmento do abdômen, serve para diferenciação entre *G. molesta* e *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera,

Tortricidae) (Nuñez & Paullier, 1995). O período larval em condições laboratoriais tem duração de 10 a 30 dias. Logo após a eclosão, as lagartas penetram nos ponteiros ou nos frutos e iniciam a construção de galerias (Nuñez & Paullier, 1995). Uma única lagarta pode se alimentar em até sete ramos diferentes, na mesma planta de pessegueiro (Salles, 1991).

No final da fase larval, o inseto faz um orifício de saída nos ramos ou frutos e atinge o local onde passará a fase de pupa. Esta é protegida por um casulo de seda, mede de 5 a 7 mm e localiza-se, geralmente, sob fendas na casca no tronco, na região da base do pedúnculo dos frutos ou no solo. O período pupal dura de 7 a 14 dias no verão e de 17 a 51 dias no inverno (Nuñez & Paullier, 1995).

A diapausa em lagartas de *G. molesta* foi observada quando os primeiros ínstares foram submetidos às fotofases de 11 e 13 horas e temperaturas entre 21 a 26 °C (Sarai, 1970). Segundo Salles (1991), no RS esta praga entra em diapausa como lagarta de terceiro instar, no outono em função do encurtamento dos dias. Em laboratório, Sausen *et al.* (2011) constataram que ovos e larvas com menos de 12 horas de idade expostas às fotofases 10, 11, 12, 13 e 14 horas, entram em diapausa.

Os adultos medem cerca de 12 mm de envergadura por 7 mm de comprimento, tem coloração acinzentada e manchas escuras nas asas anteriores. As fêmeas vivem em laboratório entre 10 e 15 dias (Gonzalez, 1989). De acordo com Gonring *et al.* (1999), *G. molesta* tem grande potencial biótico, podendo aumentar sua população cerca de 45 vezes em 40 dias, o que corresponde ao período de geração dos frutos nas condições climáticas dos pomares de pessegueiro no sul do Brasil.

Segundo Afonso *et al.* (2008), em temperaturas mais elevadas, tais como as observadas na Depressão Central do RS, o número de gerações de *G. molesta* pode chegar a dez, ao passo que na microrregião de Caxias do Sul, onde a média de temperatura anual é menor, não passa de seis. Quatro a cinco destas são realizadas no período vegetativo do pessegueiro (Grellmann *et al.*, 1992). O desenvolvimento de *G. molesta* é totalmente paralisado abaixo de 9 °C, sendo esta considerada a temperatura basal para o desenvolvimento deste inseto (Grellmann *et al.*, 1992).

O ciclo biológico de *G. molesta* pode durar de 23 a 58 dias. Em condições controladas de temperatura (26 °C), a duração média, em dias, das fases de ovo, lagarta, pupa e adulto são, respectivamente, de 3,1; 12,3; 7,7 e 14,8, enquanto o período de pré-oviposição é dois a três dias. (Salles & Marini, 1989; Grellmann *et al.*, 1992).

### **2.2.2 Distribuição geográfica**

Por ser um inseto cosmopolita, *G. molesta* está distribuído por praticamente todas as regiões produtoras de pêssigo do mundo e também de outras rosáceas (Rosenthal *et al.*, 1994). No continente americano sua entrada se deu pelos Estados Unidos da América em 1913 (Rice *et al.*, 1982). No Brasil, o seu primeiro relato ocorreu em 1929 no RS, alcançando logo após os estados do Sudeste do Brasil (Silva *et al.*, 1968).

### 2.2.3 Hospedeiros

Segundo Salles (2000), são hospedeiros da mariposa-oriental algumas frutíferas da família Rosaceae tais como o marmeleiro (*Cydonia oblonga* Mill), a macieira (*Malus domestica* Borkh), o damasqueiro (*Prunus armeniaca* L.), ameixeira (*Prunus domestica* L.), pessegueiro (*Prunus persica* L.) e pereira (*Pyrus communis* L.).

### 2.2.4 Danos

A mariposa-oriental é uma das principais pragas do pessegueiro, ocasionando perdas na produção, podem ir de 5% a 50% (Botton *et al.*, 2001; Salles, 2000; Monteiro & Hickel, 2004; Arioli, 2007). As larvas atacam o ponteiro dos ramos e os frutos, onde os danos são mais importantes (Nunes *et al.*, 2003).

Os frutos são atacados no período de crescimento, desde a fase de endurecimento do caroço até a maturação. A penetração das lagartas ocorre na cavidade peduncular formando uma galeria em direção ao centro (Salles, 2000). O dano pode ser provocado por lagartas oriundas das brotações ou por recém-eclodidas. No primeiro caso, observa-se um orifício de entrada bem evidente. No segundo, a penetração ocorre pelo pedúnculo, o que dificulta a observação. No interior do fruto, as lagartas, ao se alimentarem, formam galerias até o caroço, liberando excrementos para fora do fruto, tornando-os impróprios para a indústria ou mesmo o consumo *in natura* (Botton *et al.*, 2011).

As lesões nos frutos são porta de entrada para alguns patógenos, como o fungo *Monilinia fructicola* (Wint.) Honey, causadora da podridão-

parda, que aumenta as perdas durante o armazenamento de frutos destinados ao consumo *in natura* (Botton *et al.*, 2001).

Nos ramos, o dano é significativo em pomares jovens e viveiros com plantas em formação, pois a praga em sua fase larval tem preferência pelas brotações novas, ainda não lignificadas (Rosenthal *et al.*, 1994).

A intensidade dos danos depende de fatores como período de desenvolvimento da cultura, variedade e densidade populacional da praga (Carvalho, 1990).

### **2.2.5 Comportamento reprodutivo e comunicação química**

Os adultos de *G. molesta* têm hábito crepuscular, com atividades de acasalamento e postura entre 17 e 22 horas (Herter *et al.*, 1986). O período do dia que ocorre a maioria das cópulas é entre a metade da tarde e o início da escotofase (Baker & Cardé, 1979b).

O comportamento de voo é dependente da temperatura, sendo necessário, no mínimo, 16 °C para o seu início. No Rio Grande do Sul, esta atividade ocorre no período de setembro a abril (Grellmann *et al.*, 1992).

O comportamento de acasalamento e corte de *G. molesta* é desencadeado, principalmente, com a liberação do feromônio sexual pelas fêmeas (Roelofs *et al.*, 1969). O feromônio sexual feminino de *G. molesta* foi caracterizado por Roelofs *et al.* (1969), sendo que seus três principais componentes são o *Z*- e *E*-8-acetato de dodecenila e *E*-8 dodecenol, porém outros compostos químicos também compõe o blend feromonal liberados pelas fêmeas desta espécie (Roelofs *et al.*, 1969).

O status de cópula e a condição nutricional de machos de lepidópteros podem determinar não só a intensidade das respostas ao feromônio, como o repertório comportamental frente a este estímulo (Eiras & Mafrá-Neto, 2001). De acordo com Altafini *et al.* (2010), a idade, o status de cópula e a condição alimentar não interferem na percepção eletroantegráfica de machos de *G. molesta* ao feromônio sexual. No entanto, conforme os autores, seu comportamento quimiotático (processo de locomoção em direção a um gradiente químico) em relação ao feromônio, diminui com o avanço da idade.

Os machos de *G. molesta* ao perceberem o feromônio das fêmeas podem desencadear um repertório comportamental que inclui vibrações contínuas das asas, curvatura do abdome, curtos saltos ou voos e exibição de tufo de pelos presentes no final do abdome (Dustan, 1964; Baker & Cardé, 1979a). Este último pode exercer atração química e visual de fêmeas a curtas distâncias (Dustan, 1964; Baker & Cardé, 1979a). O estímulo químico é devido à liberação prolongada de substâncias no tufo de pelos, pelos machos, identificadas como um mistura de trans- cinamato de etila e 1-2 jasmonato de metila (Nishida *et al.*, 1982).

Os acasalamentos, em geral, ocorrem nas primeiras 24 horas após a emergência, sendo as fêmeas virgens as preferidas pelos machos. Nas primeiras 48 horas, a cópula ocorre, em média, uma vez por dia (Dustan, 1964). A partir do terceiro dia de idade, machos de *G. molesta* copulam um maior número de fêmeas, mantendo-se férteis até o décimo segundo dia (Morais *et al.*, 2012). Segundo os autores, a duração da primeira cópula do macho é menor do que as realizadas até o quarto acasalamento

consecutivo, em intervalos de 24 horas sem, entretanto, alterar a capacidade de fertilização.

A periodicidade do chamamento das fêmeas de *G. molesta* é determinada por fatores endógenos, podendo também ser influenciada pelo fotoperíodo e pela variação da temperatura, sendo que em torno de 31 °C podem gerar um retardo ou até mesmo supressão no início do chamamento (Baker & Cardé, 1979b).

## **2.2.6 Monitoramento e controle**

### **2.2.6.1 Monitoramento**

O monitoramento de artrópodes é uma etapa fundamental do manejo integrado, tendo a finalidade de estimar a densidade populacional de uma praga e a sua distribuição em um determinado local (Bento, 2000). Esta estimativa fornece subsídios para tomada de decisão para aplicação de uma medida de controle, ao contrário da aplicação de inseticidas pré-definida por calendário. O monitoramento, segundo Salles (1991), fornece dados importantes que permitem estimar e quantificar a população da praga na área de cultivo, tornando possível escolher o momento correto para que se inicie o controle.

O conhecimento da flutuação populacional de *G. molesta* na região onde se encontra a unidade de produção é essencial para a escolha da estratégia correta e da tomada de decisões coerentes que envolvem a forma e o momento adequado de implantar um programa eficiente (Botton *et al.*, 2011).

A utilização de armadilhas com feromônio sexual, associada à amostragem visual de frutos e ponteiros, é a técnica mais eficiente para estimar a população e o percentual de danos causados por *G. molesta* (Botton *et al.*, 2001). Neste tipo de monitoramento além da inspeção de frutos e ponteiros, são utilizadas armadilhas tipo delta com base adesiva e septo de borracha contendo feromônio sexual sintético da fêmea. Em pomares pequenos de pessegueiro, de até três ha, como é o caso da maioria dos cultivos do Rio Grande do Sul, são recomendadas no mínimo duas armadilhas por pomar. Nos maiores, a recomendação é de uma armadilha a cada três a cinco hectares. As mesmas devem ser colocadas a 1,7 m de altura (Botton *et al.*, 2011) e o septo deve ser substituído em, no máximo, 60 dias (Arioli *et al.* 2006).

As armadilhas devem ser instaladas no início do ciclo vegetativo, em função da preferência de *G. molesta* pelas brotações e tecidos novos e tenros dos ponteiros (Botton *et al.*, 2001). O nível de controle preconizado para a cultura do pêssigo é de vinte machos/armadilha/semana (Salles, 1984). No entanto, Nunes *et al.* (2003), em trabalho realizado em Eldorado do Sul, indicaram 30 machos/armadilha/semana.

#### **2.2.6.2 Controle químico**

Na região Sul do Brasil, o método de controle mais usual para *G. molesta* ainda é o químico. O manejo desta praga nos pomares de pessegueiro obedece a um calendário anual de pulverizações, as quais são iniciadas em setembro, durante a floração, e finalizam na época de colheita, somando geralmente, seis pulverizações anuais (Monteiro *et al.*, 2008). O

horário de aplicação é a partir das 17 horas, porém, assim como o monitoramento, esses aspectos são pouco observados no manejo empregado pelo produtor (Poltronieri *et al.*, 2008).

Os inseticidas fosforados e piretroides, que apresentam amplo espectro de ação, ainda são os mais empregados (Botton *et al.*, 2011). Apenas sete ingredientes ativos estão registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento para o controle químico deste inseto, são eles: clorantraniliprole (antranilamida), deltametrina (piretroide), fosmete (organofosforado), malationa (organofosforado), lufenurom (benzoiluréia), novalurom (benzoiluréia) e etofenproxi (éter difenílico) (AGROFIT, 2014).

Os organofosforados são classificados como neurotóxicos, pois atuam na transmissão sináptica inibindo a ação da enzima acetilcolinesterase. A inibição desta enzima acaba por ocasionar um acúmulo de acetilcolina na sinapse levando à hiperexcitação do sistema nervoso. Os piretroides atuam na transmissão axônica e no sistema nervoso central e periférico dos insetos (Andrei, 1999).

Alguns trabalhos demonstram que o uso repetitivo do mesmo produto ativo no controle de *G. molesta* pode levar ao surgimento de indivíduos resistentes (Botton *et al.*, 2001). Essa resistência reflete-se diretamente no custo e lucratividade da atividade, pois mais aplicações se fazem necessárias, além disso, há o risco de contaminação ambiental e intoxicação, devido à alta toxicidade residual dos produtos e o elevado prazo de carência (Poltronieri *et al.*, 2008).

Os piretroides são análogos sintéticos das piretrinas, substâncias inseticidas obtidas a partir das flores de uma espécie de

crisântemo (*Chrysanthemum cinerariaefolium*). Nos insetos os piretroides afetam a transmissão dos impulsos nervosos principalmente através de sua ação sobre os canais de sódio (Guedes *et al.*, 2008).

Este processo se manifesta, ou como uma série de impulsos de curta duração ou com um impulso prolongado, e são causados pela descarga repetitiva dos sinais nervosos ou estímulo-dependentes, devido à despolarização do nervo. De um modo geral, a exposição a esses compostos provoca descordenação, convulsões, paralisia e morte (Guedes *et al.*, 2008).

### **2.2.6.3 Controle comportamental**

Este método consiste, no caso de *G. molesta*, na liberação no pomar de altas doses de feromônio sexual sintético da fêmea promovendo a desorientação dos machos, na busca de parceiras para o acasalamento, diminuindo, conseqüentemente, o número de cópulas e a população da praga nas gerações seguintes (Cardé & Minks, 1995). As principais vantagens deste método de controle são a redução do uso de inseticidas químicos e da quantidade de resíduos nos frutos, a conservação das populações de inimigos naturais, resultando num ambiente de trabalho mais seguro para o produtor (Thompson *et al.*, 2001).

A interrupção do acasalamento ocorre por meio de alguns mecanismos que podem atuar separadamente ou associados de forma sequencial ou simultânea, sendo essas interações responsáveis pela amplitude de seus efeitos (Cardé, 1990; Cardé & Minks, 1995).

Os mecanismos, conforme Cardé & Minks (1995) são: diminuição da resposta pela adaptação dos receptores químicos das antenas ou habitualidade no sistema nervoso central (o estímulo é percebido, mas não é processado pelo SNC); competição entre trilhas artificiais e naturais (os machos seguindo falsas trilhas em direção à fonte artificial deixam de encontrar as fêmeas); camuflagem das trilhas naturais devido à alta saturação de feromônio artificial no ambiente (a alta concentração mascara as trilhas naturais).

Segundo Arioli *et al.* (2013), a eficiência desta forma de controle depende de alguns fatores tais como: formato e dimensão da área (a eficiência da técnica geralmente tem melhores resultados em pomares maiores que 10 ha, que tenham formato quadrado ou circular); população do inseto-praga (quando a população está em alta densidade, aumenta a probabilidade de acasalamento, uma vez que a distância entre os parceiros diminui, facilitando o encontro entre os sexos); dose de feromônio (os emissores devem ser regulados para liberar o feromônio sexual em taxas constantes e adequadas durante todo o seu período de atividade); momento de aplicação (deve ser preventiva, visando impedir o acasalamento dos insetos) e modo de aplicação dos liberadores (os acessórios liberadores de feromônio sexual sintético devem ser distribuídos de maneira uniforme pelo pomar).

Os produtos comercializados à base de feromônio sintético de *G. molesta* podem apresentar-se na forma de *sache*, *dispenser*, ampola, microencapsulado, e *puffers* cujas formulações variam de acordo com o tempo de liberação, forma e custo de aplicação (Molinari *et al.*, 2000). Como

liberadores de longa duração (uma aplicação anual) estão os saches, *dispensers* e ampolas, os quais são pendurados nas plantas de forma manual demandando, entretanto, grande mão de obra para a aplicação. As formulações microencapsuladas são pulverizadas, o que facilita o manejo, porém, sua duração é curta exigindo mais de uma aplicação a cada temporada (Arioli *et al.*, 2013).

No Brasil, o primeiro produto à base de feromônio sintético registrado para controle de *G. molesta* foi o Biolita<sup>®</sup>, formulado em sache, o qual abriu novas perspectivas para o manejo das populações desta praga na cultura da macieira (Botton *et al.*, 2011). No mercado nacional são utilizados para a interrupção do acasalamento, entre outros produtos, emissores à base de ceras e óleos sob forma de pasta, denominados “SPLAT<sup>®</sup>” (Specialized Pheromone and Lure Application Technology) (ISCA, 2013).

Respostas positivas com o uso da “interrupção de acasalamento” como método de controle para *G. molesta*, em pomares de pessegueiro, foram evidenciadas por Murrell & Lo (1998) na Nova Zelândia. Trimble *et al.* (2001) em Ontário, Canadá, constataram que após o terceiro ano consecutivo de uso exclusivo de feromônio em pomares de macieira, não houve aumento de danos nos frutos. Il'ichev *et al.* (2003) nesta mesma região, em pomares de pessegueiro, verificaram com este mesmo método, redução em torno de 70% nos danos. Na Coréia do Sul, em pomares de pereira, Yang *et al.* (2003) obtiveram redução significativa dos danos de *G. molesta* em frutos, principalmente a partir do terceiro ano de uso da tecnologia, sendo que nas áreas com feromônio estes foram de 2,3% e, nas sem, de 17,2%. A eficiência desta ferramenta no controle de *G. molesta*

também foi constatada, em pomares de macieira, na Carolina do Norte, EUA (Kovanci *et al.* 2005ab) e em pessegueiro, na Nova Zelândia (Lo & Cole, 2007).

Na cultura do pessegueiro, em função das características de cultivo o emprego da interrupção de acasalamento é utilizada de forma significativa em pomares localizados no estado de São Paulo com áreas maiores que a normalmente utilizadas no sul do Brasil. Na microrregião de Caxias do Sul-RS, seu uso é ainda em caráter experimental (Härter *et al.*, 2010; Arioli *et al.*, 2013)

Em Vacaria, RS, Arioli (2007), obteve índices significativos de interrupção de acasalamento (IIA descrito por Molinari *et al.*, 2000). Neste trabalho, pomares de macieira foram tratados com os produtos SPLAT Grafo<sup>®</sup> e SPLAT Cida Grafo Bona<sup>®</sup>. O percentual de IIA obtido com o SPLAT Grafo<sup>®</sup> foi 77,6%, já no pomar tratado com SPLAT Cida Grafo Bona<sup>®</sup> o índice foi maior chegando a 84,7%. Na mesma cultura, porém em Fraiburgo, SC, Monteiro *et al.* (2008) registraram, utilizando o mesmo método, danos inferiores a 0,5% em frutos e redução de 77% no uso de inseticidas. Härter *et al.* (2010), em Pelotas, RS, empregando o feromônio SPLAT<sup>®</sup> Grafo<sup>®</sup> associado a iscas tóxicas em pessegueiros obtiveram uma diminuição de 62 a 85% de danos em ponteiros, e de 98 a 99% nos frutos, em comparação à testemunha sem controle.

O método atrai mata ocorre através da atração dos machos para fonte emissora que ao tocá-la acaba sofrendo a ação do inseticida contido na formulação do produto, causando sequelas que impedem que o macho encontre as fêmeas ou levando-o a morte (Bento, 2000; Arioli *et al.*, 2013).

Esse método ainda é pouco utilizado no Brasil, e questões tais como sua real atratividade e durabilidade ainda não apresentaram eficácia satisfatória (Arioli *et al.*, 2013).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Efeito de marcador biológico Luminous Powder BioQuip na percepção eletroantegráfica de machos de *Grapholita molesta* ao feromônio sexual

O experimento foi realizado no Laboratório de Biologia Ecologia e Controle Biológico de Insetos (BIOECOLAB) na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre RS, durante os meses de novembro e dezembro de 2011. Para a realização do experimento foram utilizados machos virgens de *G. molesta*, com três a cinco dias de idade, provenientes de criação mantida em laboratório ( $25 \pm 2$  °C;  $60 \pm 5\%$  UR; fotofase de 16h).

Dois grupos de insetos recém-emergidos foram colocados, utilizando um aspirador elétrico, em potes plásticos de 500 mL, sendo um deles marcado com pó marcador fluorescente Luminous Powder BioQuip<sup>®</sup> de cor vermelho e outro não.

A marcação foi realizada polvilhando o pó diretamente sobre os adultos de *G. molesta* utilizando uma peneira fina colocada sobre o pote plástico. Esta peneira foi confeccionada a partir de uma placa de Petri plástica, onde o fundo foi retirado e um tecido fino tipo “voile” colado no seu

lugar (Figura 1). O pó foi depositado sobre a peneira e espalhado com o auxílio de um pincel de cerdas macias (Figura 1).

A percepção eletroantenográfica de insetos marcados e não marcados, foi avaliada com base na técnica de Trimble & Marshall (2007). Os insetos foram imobilizados por resfriamento (30 s a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e a seguir, sob estereomicroscópio (aumento de 400 X), uma das antenas foi seccionada na altura do pedicelo e posicionada em um eletrodo bifurcado de prata. As extremidades basal e apical da antena ficavam aderidas ao eletrodo registrador e ao neutro, respectivamente, sendo estas imersas em gel condutor (Spectra<sup>®</sup> 360 Electrode Gel, Parker Labs).

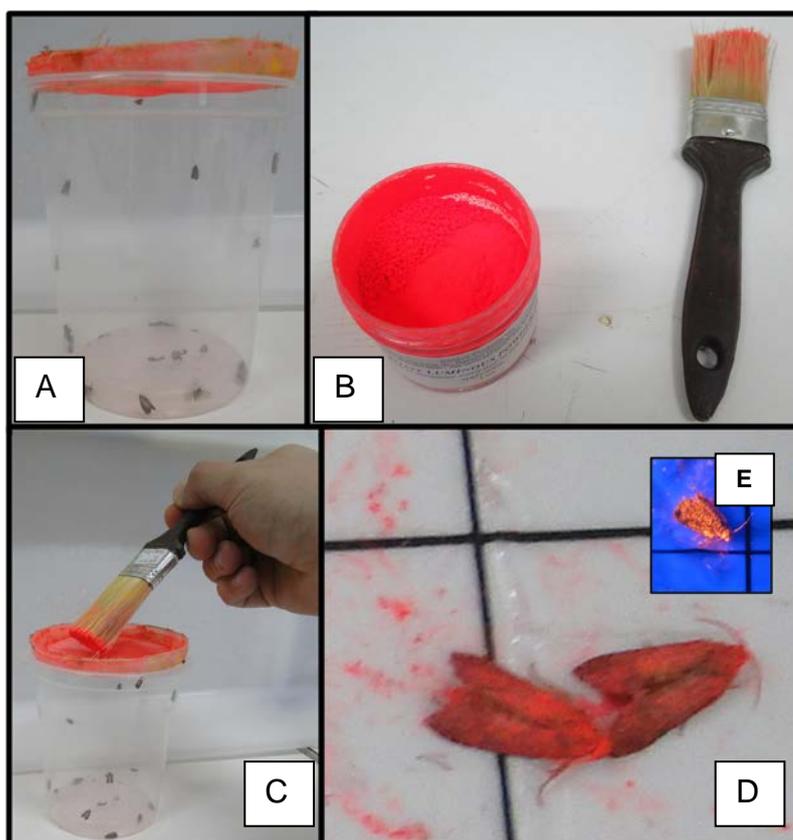


FIGURA 1. Processo de marcação de indivíduos de *Grapholita molesta*: A) insetos no interior do pote; B) pó marcador e pincel; C) polvilhonamento do pó; D) insetos marcados após o processo; E) inseto marcado sob luz negra (efeito fluorescente).

As antenas foram expostas a 10.000 ppm do feromônio sexual sintético de *G. molesta* (Z- e E-8-acetato de dodecenila, E-8 dodecenol), na proporção de 1:1 manipulado no laboratório, ao solvente hexano (98,5% de pureza) e ao ar. Uma alíquota de 0,5 µL de cada substância ou mistura, foi aplicada sobre recortes de papel filtro (1,5 X 2,5 cm), dobrado em forma de gaita. Cinco minutos eram dados para a evaporação do solvente e, após este período, o papel de filtro impregnado foi colocado na extremidade posterior de uma pipeta Pasteur. A extremidade anterior da pipeta era colocada dentro de um orifício na parede de um tubo de metal (1 cm de diâmetro X 18 cm de comprimento), orientado em direção à antena, a uma distância aproximada de 1 cm.

As antenas foram submetidas a pulsos de ar, gerados por um controlador de fluxo (CS-02, Syntech®), em um volume de 2,5 mL/ 0,5 s. Foi estipulado um tempo de um minuto entre sucessivos estímulos. Os papéis filtro contendo as substâncias eram renovados a cada cinco antenas testadas.

Os tratamentos foram expostos às antenas na seguinte ordem: ar, hexano, feromônio e ar. Durante os bioensaios as antenas eram umedificadas por uma corrente de ar direcionada que passava por um balão de Erlenmeyer (50 mL) contendo água destilada (borbulhador). A resposta analógica do sinal, em milivolts, foi capturada, amplificada e processada com um controlador de aquisição de dados (IDAC-4, Syntech®) e, posteriormente, registrada através de software (EAG2000, Syntech®).

Foram realizadas 15 repetições para cada tratamento, sendo os dados submetidos à análise de variância com 95% de confiabilidade, utilizando o software Bioestat<sup>®</sup> 5.0 (Ayres *et al.*, 2012)..

### **3.2 Eficiência da captura de machos de *Grapholita molesta* em relação a distância de liberação de armadilhas iscadas com feromônio sexual sintético em pomares de pessegueiro**

Os experimentos foram conduzidos nos meses de janeiro a abril de 2012 e de janeiro a fevereiro de 2013, em pomares comerciais de pessegueiro localizados no Rio Grande do Sul.

Em 2012, foram utilizadas duas áreas no município de Pinto Bandeira com 3,2 (Pomar 1 - 29°09'S 51°24'O) e 2,5 ha (Pomar 2 - 29°04'S 51°27'O) respectivamente, e uma terceira em Antônio Prado, com 1,7 ha (Pomar 3 - 28°53'S 51°23'O) (Figura 2). A distância entre os pomares utilizados em 2012 eram: entre o 1 e o 2, 9,7 km; entre o 1 e o 3, 25, 8km e entre o 2 e o 3 20 km. Os pomares foram implantados em 2002 com espaçamento de três metros entre árvores e entre linhas e eram da cultivar Chimarrita.

Em 2013 foram utilizados dois pomares com oito anos de idade, localizados no município de Jaquirana (28°52'S50°24'O), das cultivares Chimarrita (6,5 ha) e Eragil (4,5 ha). A distância entre estes pomares era de 85 metros. Todos os pomares eram conduzidos com manejo convencional, sem aplicação de inseticidas durante a condução do experimento.

Na extremidade norte de cada pomar foi instalada uma armadilha Delta iscada com septos impregnados com feromônio sexual sintético ISCALure Grafolita<sup>®</sup>, (acetato de *E*-8-dodecenila 1,32 g/kg, acetato de *Z*-8-

dodecenila 0,07 g/kg, Z-8-dodecenol 0,01 g/kg) posicionada na copa da planta, a 1,7 m do solo (ISCA, 2013), no sentido noroeste, vento predominante das regiões durante o período dos experimentos (BDMEP – INMET, 2014).

A metodologia de liberação em varias distancias utilizando apenas uma armadilha foi definida desta forma para que se obtivesse a maior distancia possível em cada pomar, haja visto que o tamanho dos pomares encontrados na região eram muito pequenos, não ultrapassando 3 há.

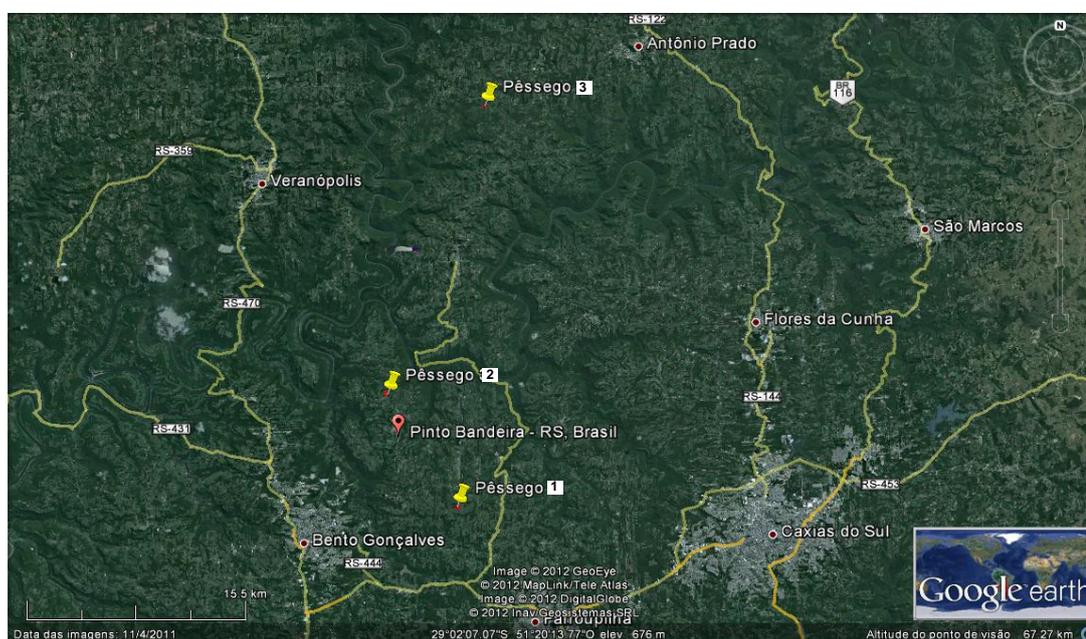


FIGURA 2. Mapa parcial da Serra Gaúcha com a localização dos três pomares de pessegueiros indicados com os pontos amarelos, nos municípios de Pinto Bandeira (28°45'S 51°54'O) e Antônio Prado (29°04'S 51°24'O), RS (Google Earth, 2011).

Para as liberações foram utilizados machos virgens de *G. molesta*, com três a cinco dias de idade, provenientes de criação mantida em laboratório ( $25 \pm 2$  °C;  $60 \pm 5\%$ UR; fotofase de 16h). Os insetos eram mantidos em potes plásticos transparentes de 500 mL, com alimento

(solução de água e mel a 5%) desde a emergência e transportados para o campo em caixas térmicas.

Conjuntos de 150 indivíduos, sem danos aparentes, foram separados e cada grupo marcado com uma cor diferente de acordo com a metodologia descrita no item 3.1. Cada cor correspondia a uma distância de liberação tomada a partir da armadilha de feromônio.

Os insetos marcados foram acondicionados em caixas Gerbox sem tampa, as quais foram colocadas sobre a base de uma armadilha Delta sem piso adesivo. Estas armadilhas foram instaladas nas copas das árvores nos pontos de liberação, a uma altura de 1,7 m solo.

Na safra 2012 foram feitas três liberações, com 150 insetos por distância, em cada um dos pomares. As distâncias de liberação nesta safra foram: 50, 100, 150 e 200 metros a partir da armadilha (Figura 3).

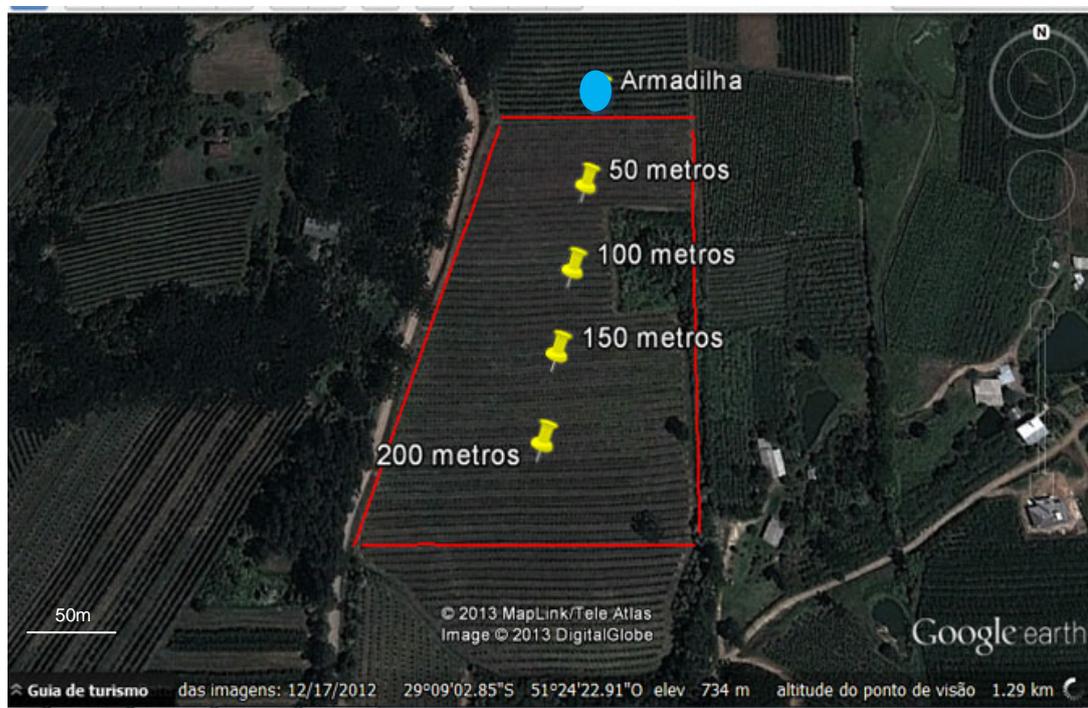


FIGURA 3. Vista aérea do pomar de pessegueiro no município de Pinto Bandeira (29°09'S, 51°24'O), RS. O círculo azul indica a armadilha de feromônio e os pontos em amarelo, as quatro

distâncias de liberação de *Grapholita molesta* (Google Earth, 2013).

Na safra de 2013 foram feitas apenas duas liberações e as distâncias foram de 50, 200 e 300 metros, tomadas a partir da armadilha de feromônio (Figura 4).



FIGURA 4. Vista aérea dos pomares de pessegueiro (1 e 2) no município Jaquirana, RS (28°52'S 50°24'O). O círculo azul indica a armadilha de feromônio e os pontos amarelos, as três distâncias de liberação de *Grapholita molesta*, nos dois pomares, no ano de 2013 (Google Earth, 2013).

As armadilhas foram revisadas 24, 72 horas, sete e 14 dias após as liberações. Em cada revisão, os pisos adesivos foram substituídos por um novo e os retirados, protegidos com filme PVC. Em laboratório, sob lâmpada UV, os pisos adesivos foram examinados registrando-se o número de machos marcados.

O número total de insetos capturados em 14 dias foi correlacionado com as distâncias de liberação pelo coeficiente de correlação de Pearson.

Os percentuais de captura foram comparados pelo teste de Qui-quadrado. O nível de significância em todas as análises foi de 5%, e o programa estatístico utilizado Bioestat<sup>®</sup> 5.0 (Ayres *et al.*, 2012). O raio de ação foi calculado pela fórmula da área de uma circunferência:  $\pi \times r^2$ , onde  $r$  é a distância de alcance da armadilha.

### **3.3 Ação do SPLAT Cida Grafo Bona<sup>®</sup> em machos de *Grapholita molesta* em laboratório**

#### **3.3.1 Mortalidade através do contato**

Os testes foram realizados em setembro de 2012 no BIOECOLAB. Os indivíduos utilizados eram virgens, com três a cinco dias de idade, oriundos de criação mantida em laboratório ( $25 \pm 2$  °C;  $60 \pm 5\%$  UR; fotofase de 16h).

Neste bioensaio foram avaliados a mortalidade de machos de *G. molesta* que tiveram contato com dois tratamentos diferentes: o produto comercial SPLAT Cida Grafo Bona<sup>®</sup> (SCGB) (ISCA Tecnologias) que possui a seguinte formulação: 22 g/kg de *E*-8-acetato dodecenila; *Z*-8-acetato dodecenila; *Z*-8-dodecenol (2,2% m/m); 2 g/kg de *E,Z*-3-5-acetato de dodecadienila (0,2% m/m); 50 g/kg de cipermetrina (5% m/m) e 926 g/kg de inerte (92,6% m/m). Além disso, foram avaliados o inerte do produto sem feromônio ou piretroide. Também foi registrada a mortalidade natural, mantendo um grupo de indivíduos sem manuseio ou exposição ao tratamento.

A mortalidade foi registrada após o contato com o SCGB não exposto ao ambiente (dia 0), e com 30 (13,3 °C; 77,9% UR), 60 (19,1 °C; 74,8% UR) e 90 dias (18,2 °C; 75,3% UR) de exposição ao ambiente, assim como, com

a substância inerte. Os tratamentos foram expostos de modo escalonado, para que a avaliação fosse feita em uma única ocasião. Os dados médios de temperatura e umidade relativa foram obtidos da Estação Meteorológica do 8º Distrito de Porto Alegre (BDMEP-INMET, 2014).

As pastas expostas (1g de SCGB ou do inerte), pesadas em balança de precisão, foram colocadas em discos plásticos de 3,5 cm de diâmetro (Figura 5), acondicionadas em bandejas plásticas, mantidas em caixa telada (1 x 0,5 x 0,5 m), na área externa do Departamento de Fitossanidade, protegida por um toldo, de julho a setembro de 2012.

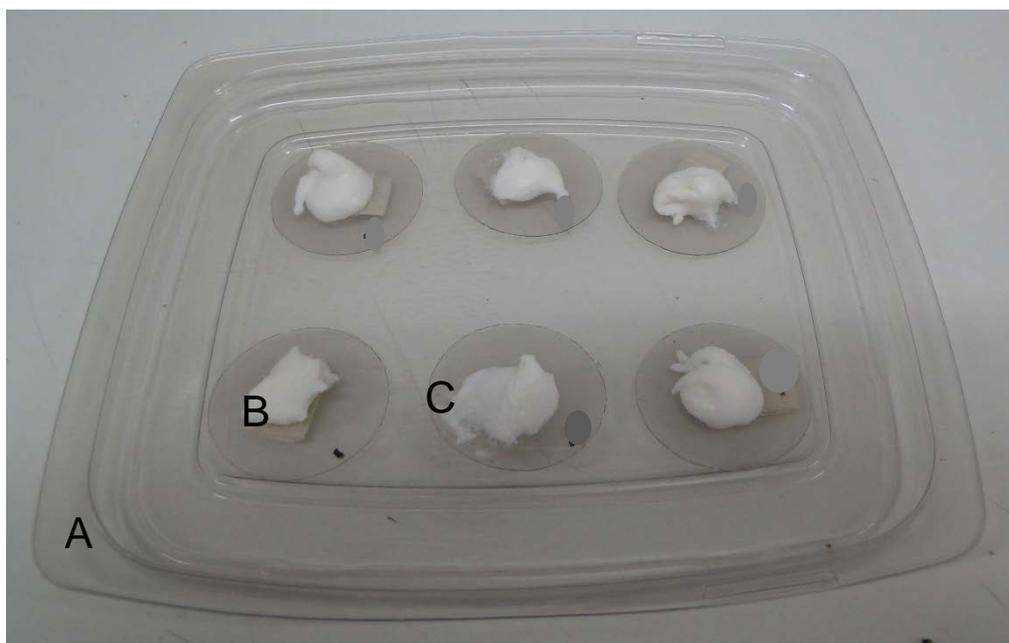


FIGURA 5. Sistema utilizado para exposição: (A) suporte plástico; (B) disco plástico; (C) porções de 1 g SPLAT Cida Grafo Bona<sup>®</sup>.

Para o contato dos insetos com as pastas, foram utilizadas seringas vazias (5 mL), cuja agulha e o bico foram retirados formando uma espécie de tubo. Estas foram coladas em posição vertical, sobre as pastas (Figura 6) de forma que o produto tapasse seu fundo. O contato com o SCGB ou com

os inertes foi induzido com auxílio do êmbolo da seringa no qual foi colada uma esponja macia. Cada inseto era introduzido na seringa e comprimido com o êmbolo até que os tarsos entrassem em contato com o produto por cinco segundos. Quando este não ocorreu, o indivíduo foi descartado e substituído.

Os machos foram retirados das seringas com um aspirador manual e transferidos, individualmente, para potes plásticos (500 mL), alimentados com solução de mel a 5% e mantidos a  $25 \pm 2$  °C;  $60 \pm 5$  % UR; fotofase de 16 horas. O número de insetos mortos foi avaliado após 30 minutos, 1, 6 e 24 horas, após a retirada dos mesmos do sistema.

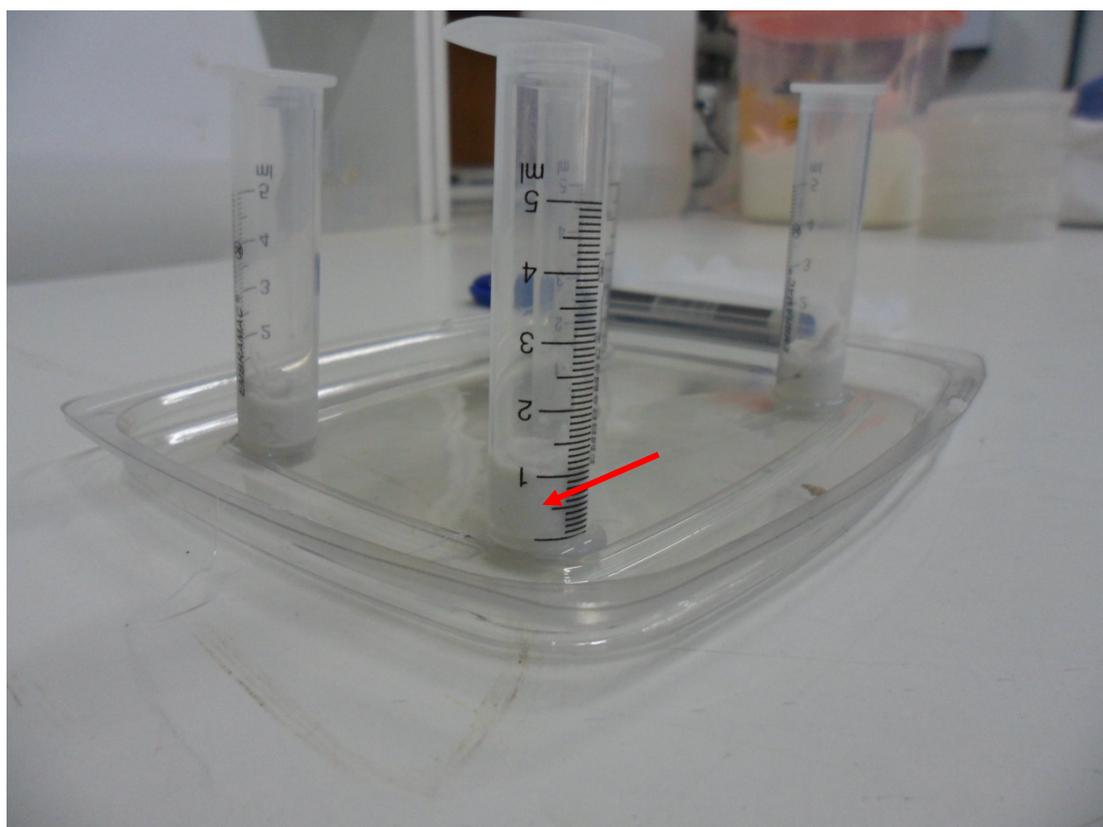


FIGURA 6. Seringas de 5 mL com produto SPLAT Cida Grafo Bona<sup>®</sup>, indicado pela flecha.

Foram utilizados seis indivíduos/tratamento totalizando cinco repetições. O número médio e total de insetos mortos foi corrigido pela fórmula de Abbott (1925), analisados por Kruskal-Wallis e comparados por Dunn ( $\alpha = 0,05$ ), utilizando o software Bioestat® 5.0 (Ayres *et al.*, 2012).

### **3.3.2 Teste eletroantenográfico**

O experimento foi realizado no Laboratório de Etologia e Ecologia Química de Insetos ( $25 \pm 2$  °C;  $60 \pm 5\%$  UR), Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, durante o mês de fevereiro de 2014. Foram utilizados machos virgens, com três a cinco dias de idade, oriundos de criação mantida em laboratório ( $25 \pm 2$  °C;  $60 \pm 5\%$  UR; fotofase de 16 h). A metodologia empregada no bioensaio de eletroantenografia teve como base a técnica sugerida por Trimble & Marshall (2007).

Os insetos foram imobilizados por resfriamento (30 s a  $-20$  °C) e a seguir, sob estereomicroscópio (aumento de 400 X), uma das antenas foi seccionada na altura do pedicelo e posicionada em um eletrodo bifurcado de prata. As extremidades basal e apical da antena ficavam aderidas ao eletrodo registrador e ao neutro, respectivamente, sendo estas imersas em gel condutor.

As antenas foram expostas aos seguintes tratamentos: a) SCGB fresco (0 dias), b) SCGB exposto por 30 dias ( $22,4$  °C;  $71,2\%$  UR), c) 60 dias ( $24,9$  °C;  $71\%$  UR), d) 90 dias ( $26,7$  °C;  $71,3\%$  UR) e e) inerte da formulação SCGB. Os dados médios de temperatura e umidade relativa foram obtidos da Estação Meteorológica do 8º Distrito de Porto Alegre (BDMEP-INMET, 2014). A exposição dos tratamentos às condições ambientais se deu conforme descrito no item 3.3.1, durante os meses de novembro e dezembro

de 2013 e janeiro de 2014. A quantidade do produto submetida às antenas foi de 0,003 g, conforme metodologia utilizada por Evenden *et al.* (2005). Os tratamentos foram pesados em balança de precisão e depositados em recortes de papel filtro (1,5 X 2,5 cm).

Os recortes com a pasta foram inseridos individualmente na parte posterior de uma pipeta Pasteur. A extremidade anterior desta foi colocada dentro de um orifício na parede de um tubo de metal (1 cm de diâmetro X 18 cm de comprimento), orientado em direção à antena, a uma distância aproximada de 1 cm. As antenas foram submetidas a pulsos de ar, gerados por um controlador de fluxo (CS-02, Syntech®), com volume de 2,5 mL/ 0,5 s. Foi estipulado um tempo de um minuto entre sucessivos estímulos. Os papéis filtro contendo as substâncias foram renovados a cada cinco antenas testadas.

Os tratamentos foram expostos a cada antena na seguinte ordem: ar, inerte, pasta 90 dias, 60, 30, fresca (0 dias) e ar novamente. Durante os bioensaios as antenas foram umidificadas por uma corrente de ar direcionada que passava por um balão de Erlenmeyer (50 mL) contendo água destilada (borbulhador). O tempo de intervalo entre um estímulo e outro era de 1 minuto. A resposta analógica do sinal, em milivolts, foi capturada, amplificada e processada com um controlador de aquisição de dados (IDAC-4, Syntech®) e, posteriormente, registrada através de software (EAG2000, Syntech®).

Foram realizadas 50 repetições para cada tratamento, sendo os dados submetidos à análise de variância com 95% de confiabilidade, utilizando o software Bioestat® 5.0 (Ayres *et al.*, 2012).

### 3.3.3 Bioensaio em túnel de vento

O bioensaio foi desenvolvido no Laboratório de Ecologia Química e Comportamento de Insetos na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba, SP. Os indivíduos utilizados eram oriundos de criação mantida em laboratório ( $25 \pm 2$  °C;  $60 \pm 5\%$  UR; fotofase de 16 h).

A quimiotaxia de machos foi avaliada segundo metodologia proposta por Evenden *et al.* (2005) em túnel de vento (1,8 m de comprimento X 0,6 m de largura X 0,6 m de altura). A velocidade do fluxo de ar empregada foi de 4,8 cm/s e o túnel foi iluminado com lâmpadas tipo LED (*Light Emitter Diode*), com comprimento de onda de luz vermelha ( $630 \pm 20$  nm) (Figura 7).

O experimento foi realizado em sala climatizada ( $25 \pm 2$  °C;  $60 \pm 5\%$  UR). Os tratamentos avaliados foram: a) fêmeas virgens com dois dias de idade (colocadas no túnel em pares); b) inerte da formulação SCGB; c) SCGB não exposto (dia 0); d) SCGB exposto por 30 dias ( $14,6$  °C;  $84,8\%$  UR); e) 60 dias ( $13,7$  °C;  $80,8\%$  UR) e f) 90 dias ( $13,8$  °C;  $82,8\%$  UR) (BDMEP-INMET, 2014). A exposição das pastas às condições ambientais se deu conforme descrito no item 3.3.1, durante os meses de junho a agosto de 2013.

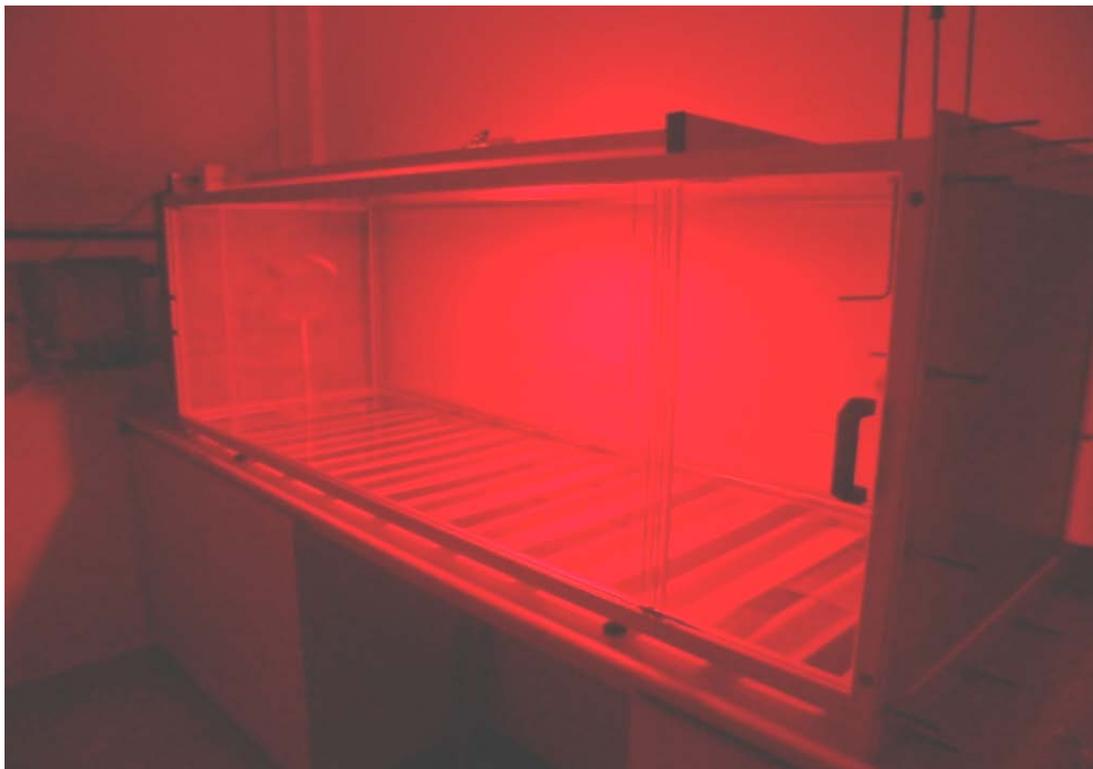


FIGURA 7. Túnel de vento com iluminação vermelha.

Foram testados machos virgens com três a cinco dias de idade, no período compreendido entre duas horas antes da escotofase e três após. Os insetos foram liberados simultaneamente no túnel, em grupos de três e observados por até 10 minutos.

Antes do início dos testes, todos os insetos foram aclimatados na sala do túnel por 30 minutos. Cada grupo de três machos foi colocado em uma gaiola numa das extremidades do túnel (Figura 8A), onde permaneciam por 2 minutos, sendo após liberados.

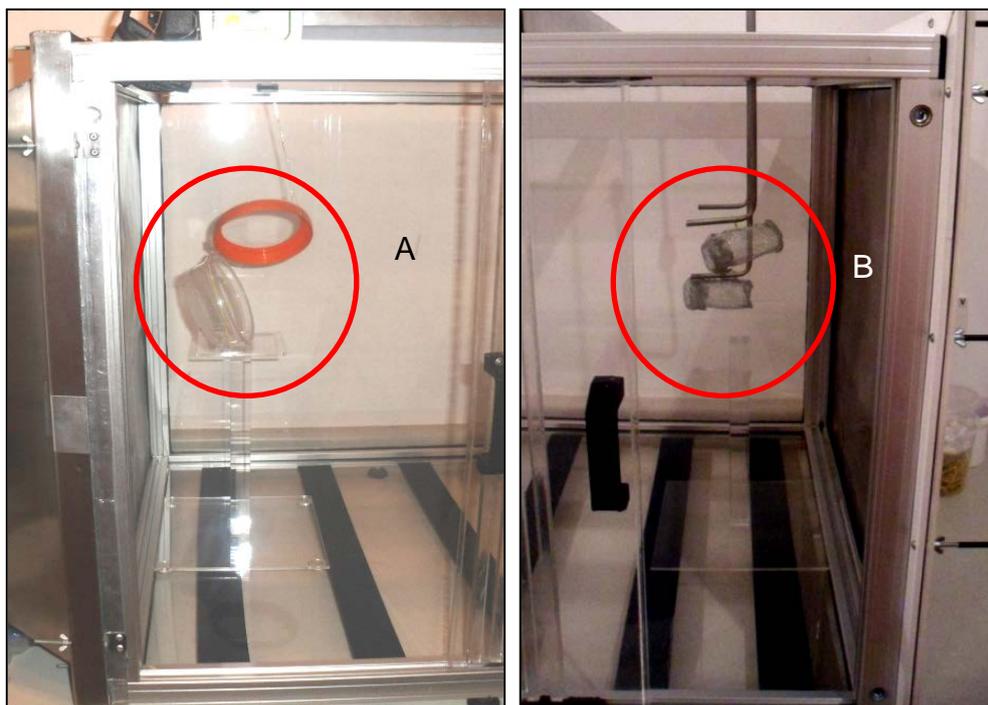


FIGURA 8. Túnel de vento: A) extremidade com gaiola de liberação de insetos; B) extremidade com gaiola da fonte de estímulo “bob”.

Os tratamentos foram colocados em recipientes confeccionados com um pote plástico cilíndrico (3 cm X Ø 1,5 cm), transparente, perfurado, com a abertura recoberta com filó, denominado “bob” (Figura 8B). No tratamento “a” foram utilizadas duas fêmeas, uma em cada “bob”. A cada três repetições as pastas ou as fêmeas eram substituídas. Entre os tratamentos, o túnel permaneceu vazio e com o fluxo de ar ligado, por 10 minutos.

As respostas comportamentais dos machos foram categorizadas segundo Evenden *et al.* (2005) e registradas da seguinte forma:

a) percepção inicial: elevação das antenas, saltos curtos, batimento de asas, voos curtos em torno da plataforma de liberação ou até o meio do túnel;

b) voo em zigue-zague: voo de um lado para o outro, ultrapassando o meio do túnel;

c) Aproximação e/ou toque: aproximação a, pelo menos, 15 cm do alvo com ou sem toque.

Os percentuais de resposta de cada categoria em cada tratamento foram comparados, pelo teste G, com nível de significância de 1%. Todas as análises foram feitas com o auxílio do programa Bioestat<sup>®</sup> 5.0 (Ayres *et al.*, 2012).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Efeito de marcador biológico Luminous Powder BioQuip na percepção eletroantegráfica de machos de *Grapholita molesta* ao feromônio sexual

As respostas eletrofisiológicas de machos de *G. molesta* ao feromônio sexual sintético não diferiram entre indivíduos marcados e não marcados ( $F=1,95$ ;  $gl = 14$ ;  $P = 0,17$ ). No entanto, o ar ( $F = 7,60$ ;  $gl = 14$ ;  $P < 0,05$ ) e o controle hexano ( $F = 14,33$ ;  $gl = 14$ ;  $P < 0,05$ ) desencadearam maiores respostas em antenas de machos não marcados (Tabela 1). Os resultados indicam que a marcação não interferiu na percepção dos estímulos químicos.

As respostas das antenas ao ar e hexano, tanto nas marcadas ( $F = 0,68$ ;  $gl = 14$ ;  $P = 0,58$ ) quanto nas não marcadas ( $F = 0,95$ ;  $gl = 14$ ;  $P = 0,66$ ) foi semelhante, evidenciando que as respostas observadas estão associadas preponderantemente ao estímulo mecânico (Tabela 1).

TABELA 1. Médias das respostas eletrofisiológicas (mV  $\pm$  EP) de machos de *Grapholita molesta* marcados e não marcados com pó fluorescente ao ar, hexano e o feromônio sexual sintético (n = 15).

Tratamento	Estímulos		
	Feromônio	Hexano	Ar
Não marcados	39,37 $\pm$ 6,30 Aa*	9,82 $\pm$ 0,95 Ba	8,28 $\pm$ 1,33 Ba
Marcados	29,62 $\pm$ 3,53 Aa	5,20 $\pm$ 40,8 Bb	4,35 $\pm$ 0,65 Bb

\*Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey com 95% confiabilidade.

A menor percepção aos estímulos mecânicos nas antenas dos indivíduos marcados pode ser explicada pela forma na qual o pó se deposita ao longo da antena. As sensilas mecanosensoriais, em geral, ocorrem na base da antena e em menor número ao longo do flagelo (Han *et al.*, 2005). De acordo com estes autores, na base destas sensilas, principalmente nas tricóideas, existe uma membrana cuticular flexível, a qual garante a mobilidade desta frente a um estímulo. Por isso, a presença do pó em torno destas estruturas pode ter interferido na mobilidade e, conseqüentemente, reduzido as respostas.

Por outro lado, a semelhança das respostas entre antenas marcadas e não marcadas ao feromônio sexual, pode estar relacionada a alguns fatores. As sensilas quimiorreceptoras, em antenas de lepidópteros, estão localizadas no flagelo (Razowski & Wojtusiak, 2004) e, portanto menos sujeitas à deposição do pó. A obstrução dos poros das sensilas pelos marcadores biológicos poderia ser outro fator responsável por uma redução significativa nas respostas eletrofisiológicas, no entanto isto não foi observado. Este fato se deve, provavelmente, aos numerosos poros

presentes ao longo das paredes das sensilas quimiorreceptoras (Stengl *et al.*, 1992) e a grande sensibilidade destas a estímulos feromonais coespecíficos, mesmo em pequenas quantidades. Segundo Stengl *et al.* (1992), concentrações baixas de feromônio sexual já bastariam para desencadear as respostas fisiológicas e comportamentais em mariposas do sexo masculino. Afora isto, a granulometria do pó não é suficientemente pequena para obstruir os poros das sensilas.

Os resultados obtidos neste experimento indicam que a metodologia de marcação utilizada não interfere nas respostas eletroantegráficas.

#### **4.2 Eficiência da captura de machos de *G. molesta* em relação a distancia de liberação de armadilhas iscadas com feromônio sexual sintético em pomares de pessegueiros**

No primeiro ano de avaliação (2012), não foi constatada correlação significativa entre o número de insetos capturados e as distâncias de liberação ( $r = 0,5464$ ;  $gl = 1$ ;  $P = 0,4536$ ) (Tabela 2). O percentual médio de indivíduos capturados nos três pomares e nas três liberações foi de 2,01%.

No segundo ano (2013) foi observada associação entre as distâncias de liberação e número de insetos ( $r = 0,9873$ ;  $gl = 1$ ;  $P < 0,05$ ). Os percentuais de insetos capturados a 50 e 200 m foram semelhantes ( $\chi^2 = 1,66$ ;  $gl = 1$ ;  $P = 0,282$ ) e superiores ao verificado a 300 m (50 m -  $\chi^2 = 11,40$ ;  $gl = 1$ ;  $P < 0,05$ ) e (200 m -  $\chi^2 = 5,48$ ;  $gl = 1$ ;  $P < 0,05$ ) (Tabela 3). Nos dois pomares e nas duas liberações, o percentual médio de indivíduos capturados foi de 1,27%.

TABELA 2. Número total e percentual de machos de *Grapholita molesta* capturados em armadilha Delta iscada com feromônio sexual sintético ISCALure Grafolita®, após 14 dias da liberação de machos em quatro distâncias, em pomares de pessegueiros nos municípios de Antônio Prado e Pinto Bandeira, RS, de janeiro a abril de 2012.

Machos capturados	Distância (m) de liberação (N = 1350)			
	50	100	150	200
Número	54	15	12	28
Percentagem	4,00*	1,11	0,89	2,07

\*percentuais de capturas não diferem pelo teste Qui-quadrado com 95% de confiabilidade.

TABELA 3. Número total e percentual de machos de *Grapholita molesta* capturados em armadilha Delta iscada com feromônio sexual sintético ISCALure Grafolita®, após 14 dias da liberação de machos em dois pomares de pessegueiros, no município de Jaquirana RS, de janeiro a fevereiro de 2013.

Machos capturados	Distância (m) de liberação (N=600)		
	50	200	300
Número	14	8	1
Percentual	2,33 a	1,33 a	0,17 b

\*valores seguidos de letras diferentes na linha diferem pelo teste Qui-quadrado com 95% de confiabilidade.

A determinação das distâncias de liberação no segundo ano foi balizada pelos resultados obtidos no primeiro, ou seja, buscou-se em 2013 trabalhar com a menor e a maior distância de captura do experimento de 2012 (50 e 200 metros respectivamente), além de ampliar em mais 100 metros o outro ponto de liberação. Assim como em 2013, o percentual de insetos capturados liberados a 300 metros foi inferior do que os liberados a

50 e 200 metros (Tabela 3). Os resultados indicam que a distância linear de alcance da armadilha iscada com feromônio sexual de *G. molesta* é de aproximadamente 200 m, e que seu raio de ação cobre uma área de 12,56 ha.

O deslocamento de *G. molesta* em direção a fonte olfativa pode estar associado a fatores bióticos endógenos, assim como a presença da planta hospedeira. Em *G. molesta*, Altafini *et al.* (2010) constataram que machos de um a cinco dias de idade são mais atraídos pelo feromônio do que os de 10 a 15 dias. Entretanto, o status de cópula não influenciou na resposta quimiotática.

Os indivíduos utilizados no experimento eram machos virgens que tinham idade entre três a cinco dias e estavam na mesma condição fisiológica, o que favoreceu o deslocamento. No entanto, os indivíduos liberados até 200 metros, por estarem expostos a uma maior concentração de odor presente na pluma feromonal, possivelmente desencadearam uma resposta motora maior que a dos machos liberados a 300 metros.

A distância de voo que um inseto pode percorrer também esta relacionada à capacidade de deslocamento da espécie. Hughes & Dorn (2002) constataram em bioensaios laboratoriais (26 °C; 70% UR) que 88,5% dos machos virgens de *G. molesta* tiveram desempenho de voo horizontal acima de 1.000 metros, enquanto que apenas 9% dos indivíduos foram classificados como de voo moderado, entre (100 e 1.000 m). Em pomares de pessegueiro e macieira, Ellis & Hull (2013) verificaram que 90 a 95% dos machos de *G. molesta* foram capturados a menos de 400 m do ponto de liberação, sendo a maioria entre 50 e 100, independente da cultura.

De acordo com Sziraki (1979), a baixa mobilidade de *G. molesta* no campo está associada ao fato desta espécie apresentar dificuldade de deslocamento em ambientes sem corredores com plantas hospedeiras ou com barreiras físicas. Tendo em vista que *G. molesta* é um migrante clássico (Johnson, 1969), o deslocamento de 200 metros provavelmente seguiu um padrão de voos curtos e intercalados dentro dos pomares.

As diferenças nos percentuais de capturas entre os dois anos podem estar relacionadas também a fatores abióticos. As médias de temperatura, umidade relativa e pluviosidade no período de realização do trabalho (média dos quatro meses) no ano de 2012 foram de 21,3 °C, 74,2% e 101,8 mm, enquanto que em 2013 (média dos dois meses) foram de 19,6 °C, 80,4% e 164,1 mm, respectivamente (Apêndice 1). A temperatura mais baixa e os maiores valores de umidade relativa e pluviosidade, podem ter influenciado tanto a sobrevivência quanto a atividade de voo dos insetos no campo, resultando no menor percentual de captura em 2013.

A média de velocidade do vento para o período de 2013 foi maior (3,7 m/s) do que a de 2012 (2,1 m/s) (Apêndice 1) o que pode ter diminuído o percentual médio total de captura em 2013. Desta forma, a intensidade dos ventos também pode ter sido um fator importante nas diferenças de captura observadas entre os dois anos. Segundo Cardé & Minks (1995), a turbulência na corrente de ar pode influenciar o desempenho de voo e a percepção de machos à pluma de feromônio. Conforme os autores, a corrente de ar no albedo do pomar e a altura onde se encontram as fêmeas, são importantes na atratividade dos machos.

A direção do vento também pode ter refletido no percentual de captura do segundo ano. Os registros meteorológicos (BDMEP-INMET, 2014) apontaram que a orientação predominante do vento nos meses em que foi realizado o experimento foi noroeste. Assim, o posicionamento da armadilha no pomar 2 (Figura 4) ficou perpendicular à corrente de ar, o que pode ter interferido na difusão da pluma de feromônio em direção aos pontos de liberação.

Com base nos resultados, a atratividade da armadilha iscada com feromônio alcançou uma distância linear de 200 m, apontando um raio de ação de até 12,5 ha. Tendo em vista que nas regiões onde os experimentos foram realizados os pomares de pessegueiro dificilmente ultrapassam dois hectares (Protas & Mandail, 2003), uma única armadilha seria suficiente para realizar satisfatoriamente o monitoramento de *G. molesta*.

### **4.3 Ação do SPLAT Cida Grafo Bona<sup>®</sup> em machos de *Grapholita molesta* em laboratório**

#### **4.3.1 Mortalidade através do contato**

O percentual de mortalidade de machos de *G. molesta*, 24 horas após o contato com os tratamentos, foi maior nos submetidos à pasta fresca (dia zero) em comparação à exposta por 90 dias ( $H = 7,50$ ;  $gl = 1$ ;  $P = 0,006$ ), e semelhante ao observado quando o SCGB permaneceu no ambiente por 30 dias ( $H = 3,07$ ;  $gl = 1$ ;  $P = 0,07$ ) e 60 dias ( $H = 3,08$ ;  $gl = 1$ ;  $P = 0,07$ ). No tratamento inerte e na testemunha não houve mortalidade no período do experimento (Tabela 4).

A mortalidade foi crescente até às 24 horas apenas na pasta não exposta e na que permaneceu no ambiente por 30 dias. Kanga *et al.* (2003) registraram em *G. molesta* uma média de sobrevivência de 30% após 24 horas de exposição do inseto a cipermetrina (2,5%), percentual semelhante ao obtido no presente experimento, quando o produto havia permanecido por 30 e 60 dias no ambiente (Tabela 4), o que demonstra a lenta degradação deste princípio ativo quando incorporado na pasta.

TABELA 4. Número médio de insetos mortos ( $\pm$  DP) e mortalidade corrigida (Mc – fórmula de Abbott) (%) de machos de *Grapholita molesta* 30 min.; 1; 6 e 24 horas após contato com os tratamentos SPLAT Cida Grafo Bona® (SCGB) expostos ao ambiente em diferentes intervalos de tempo, 0, 30, 60 e 90 dias ( $25 \pm 2$  °C;  $70 \pm 10\%$  UR), pasta veículo do produto (inerte) e mortalidade natural no período do experimento (testemunha).

Tempo de exposição SCGB (dias)	Tempo											
	30min.		1h		6h		24h					
	Nº	Mc	Nº	Mc	Nº	Mc	Nº	Mc				
0	1,0 $\pm$ 0,71	c*	16,67	4,0 $\pm$ 1,22	b	66,67	5,6 $\pm$ 0,55	c	93,33	5,6 $\pm$ 0,55	Aa	93,33
30	0,6 $\pm$ 0,55	c	10,00	2,2 $\pm$ 0,84	b	36,70	3,4 $\pm$ 2,07	b	56,67	4,2 $\pm$ 1,30	Aa	70
60	1,2 $\pm$ 1,10	c	20,00	4,2 $\pm$ 1,48	b	70,00	4,4 $\pm$ 1,14	b	73,33	4,4 $\pm$ 1,14	Ab	73,33
90	0	c	0	0,2 $\pm$ 0,45	bc	3,33	0,6 $\pm$ 0,55	b	10	0,8 $\pm$ 0,45	Bb	13,33
Inerte	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0
Testemunha	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0

\* Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Kruskal Wallis com 95% de confiabilidade.

A mortalidade de insetos após o contato com SCGB não exposto ao ambiente dificilmente seria observada em condições de campo pelo menos nos primeiros dias após a aplicação. Os produtos empregados para dificultar o encontro entre casais contém elevada concentração de feromônio, além de possuírem uma taxa de liberação em torno de 21,4  $\mu$ g/h em condições de campo (Stelinsky *et al.*, 2007). Esta concentração associada a uma taxa de

liberação constante dificultaria a percepção de trilhas dificultando o contato destes indivíduos com o inseticida.

De acordo com AGROFIT (2014), o efeito do SCGB é subletal. Desta forma, o inseto ao entrar em contato com o SPLAT<sup>®</sup> apresenta dificuldade para copular. Haynes (1988) referiu que inseticidas organosintéticos, em doses subletais, podem influenciar os parâmetros reprodutivos, diminuindo o tamanho da prole tanto por interromper ou reduzir a produção de hormônios, quanto de proteínas e neurotransmissores associados à percepção olfativa, além de afetar a capacidade motora, prejudicando o deslocamento. Linn & Roelofs (1984) constataram que machos de *G. molesta*, tratados topicamente com concentrações subletais de piretroide, apresentaram dificuldade de atingir a fonte de feromônio, em túnel de vento. Da mesma forma, Palmquist *et al.* (2008) citaram que este grupo de inseticidas, em doses subletais, reduz a percepção de machos de *G. molesta* ao feromônio sexual de fêmeas coespecíficas, tendo como consequência, a diminuição no tamanho da prole. Segundo Mafra Neto *et al.* (2013), ao seguir a trilha do feromônio sintético e pousar no ponto contendo SCGB, o macho recebe doses subletais de inseticida que prejudicam sua performance reprodutiva.

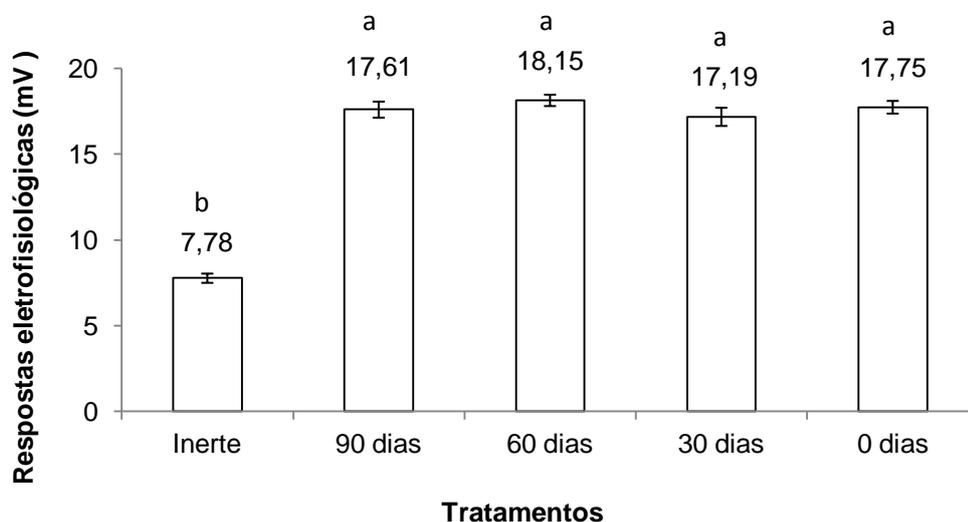
Os dados obtidos evidenciaram que o SCGB é capaz de proporcionar um percentual de no mínimo 70% de mortalidade quando em contato com o produto por até 60 dias após a exposição.

#### **4.3.2 Teste eletroantenográfico**

As respostas (mV) de machos de *G. molesta* diferiram entre o controle (inerte) e os tratamentos com o SCGB ( $F = 122,044$ ;  $gl = 49$ ;  $P < 0,0001$ ), os

quais foram semelhantes entre si (Figura 9). Estes resultados demonstram que independente do tempo de exposição, o produto SCGB libera compostos feromoniais capazes de desencadear respostas eletrofisiológicas em antenas de machos desta espécie.

Segundo Stelinsky *et al.* (2007), o SPLAT<sup>®</sup> em pomares de pessegueiros e macieiras foi capaz de liberar o composto feromonal a uma taxa de 21,4 µg/h. O produto avaliado neste trabalho também pode ter apresentado uma taxa constante de liberação ao longo de 90 dias, mesmo que a concentração de feromônio tenha diminuído de acordo com o tempo de exposição da pasta ao ambiente. Este fato pode ser um dos fatores que explicam as respostas eletroantegráficas semelhantes aos tratamentos (Figura 9).



\*Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey com 95% confiabilidade.

FIGURA 9. Médias das respostas eletrofisiológicas (mV) de machos de *Grapholita molesta* (n = 50) ao produto SPLAT Cida Grafo Bona<sup>®</sup> (SCGB) expostos ao ambiente em diferentes intervalos de tempo, 0, 30, 60 e 90 dias, e pasta veículo do produto (inerte)

A percepção do feromônio acontece na antena por um processo conhecido como “chave e fechadura” (Stengl *et al.*, 1992), onde as moléculas específicas que o compõe associam-se as proteínas feromonais de ligação (PFLs) presentes na hemolinfa da antena (Stengl *et al.*, 1992; Dickens, 1997; Deisig *et al.*, 2012). A presença e a quantidade das PFLs são tão importantes para este processo, como a de feromônio na pluma (Prestwich & Du, 1997).

Kostal *et al.* (2008) em testes com *Antheraea polyphemus* (Cramer) (Lepidoptera; Saturniidae) concluíram que a amplitude da resposta eletrofisiológica desencadeada pelo estímulo olfativo é limitada pelo número de proteínas receptoras na hemolinfa da antena. Estas são responsáveis pela transdução do sinal químico e posterior despolarização dos dendritos, gerando o potencial de ação elétrico (Prestwich & Du, 1997). As respostas das antenas estimuladas pela pasta nova e com até 90 dias de exposição foram semelhantes. Desta forma, supõe-se que a quantidade de moléculas liberadas em todos os tratamentos com SCGB, permitiriam que as antenas atingissem o índices de despolarizações semelhantes, igualando as respostas frente a este odor. Esta semelhança, provavelmente, não tem relação com o tempo de recuperação da sensibilidade química das antenas, uma vez que o tempo adotado entre estímulos foi de um minuto, o mesmo empregado por Altafini *et al.* (2010) em testes eletroantegráficos com *G. molesta*, assim como para outros tortricídeos (Trimble & Marshal, 2007).

Outro fator a ser considerado diz respeito à formulação do produto e a forma como ele é liberado. O SCGB possui feromônio sexual sintético de *G. molesta*, de *Bonagota cranaodes* Meyrick (Lepidoptera; Tortricidae) além da

cipermetrina (ISCA, 2013). A dose utilizada do produto no bioensaio foi de 0,003 g o que representa em massa 66.000 ng do composto feromonal. Altafini *et al.* (2010) testando a sensibilidade das antenas de machos de *G. molesta* ao feromônio sexual sintético em EAG, constataram que a dose-resposta do feromônio para esta espécie foi de 487,5 ng, com médias de EAG de aproximadamente 40 mV. No entanto, os autores empregaram o produto puro em estado líquido impregnado em papel filtro, o que, provavelmente, resultou em uma maior volatilização quando comparado com a pasta. Esta volatilização garantiu ao produto líquido uma liberação direta, ao contrario da pasta SCGB que protege o produto da volatilização instantânea desencadeando picos de resposta maiores do que os da pasta.

A menor resposta observada neste trabalho também esta associada ao fato da pasta ser possuir em sua formula o piretroide cipermetrina. Linn & Roelofs (1984) testando machos de *G. molesta* em túnel de vento observaram que a exposição destes indivíduos a permetrina, antes do teste, impedia o comportamento de corte e interrompia o padrão de voo ziguezague.

#### **4.3.3 Bioensaio em túnel de vento**

As respostas comportamentais relacionadas à categoria “percepção inicial” não diferiram entre os tratamentos ( $G = 836$ ;  $gl = 5$ ;  $P = 0,137$ ) (Tabela 5). Este fato pode estar relacionado a uma reação inata do inseto desencadeada por sensilas mecanoreceptoras presentes nas antenas, as quais quando estimuladas por uma corrente contrária do ar, podem antecipar o comportamento anemotático. Han *et al.* (2005) observaram a presença de

sensilas químico e mecanoreceptoras em antenas de machos de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). Segundo os autores, o estímulo químico e mecânico destas sensilas, associado a fatores visuais, seriam os responsáveis pelo direcionamento do inseto até a fonte de odor. Kennedy & Marsch (1974) também registraram, em túnel de vento, a influência positiva de referenciais visuais e o fluxo de ar sobre o comportamento de voo de machos de *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae).

TABELA 5. Percentual ( $\pm$  EP) de resposta de machos de *Grapholita molesta* em túnel de vento, quando submetidos ao produto SPLAT Cida Grafo Bona® (SCGB) expostos ao ambiente em diferentes intervalos de tempo (0, 30, 60 e 90 dias), inerte e fêmeas virgens.

Categorias Comportamentais % $\pm$ EP	Inerte	SCGB (dias)				Fêmeas
		0	30	60	90	
Percepção inicial	86,46 $\pm$ 0,09a	94,79 $\pm$ 0,05a	90,63 $\pm$ 0,07a	94,79 $\pm$ 0,05a	93,75 $\pm$ 0,06a	94,79 $\pm$ 0,05a
Voo em zigue-zague	0 $\pm$ 0c	7,29 $\pm$ 0,06bc	16,67 $\pm$ 0,10b	20,83 $\pm$ 0,10b	20,83 $\pm$ 0,10b	48,96 $\pm$ 0,13a
Aproximação e/ou toque no alvo	0 $\pm$ 0d	6,25 $\pm$ 0,06cd	14,58 $\pm$ 0,09bc	14,58 $\pm$ 0,09bc	17,71 $\pm$ 0,09ab	46,88 $\pm$ 0,13a

\* Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste G com 99% de confiabilidade

A percentagem de machos que apresentaram voo em zigue-zague foi maior quando estes foram expostos ao tratamento “fêmeas virgens”, em relação aos contendo SCGB ( $G = 95,556$ ;  $gl = 5$ ;  $P < 0,0001$ ) (Tabela 5). Na pasta inerte nenhum indivíduo apresentou esta resposta. Este padrão de voo é um indicativo de que o inseto está seguindo uma trilha feromonal, sendo o movimento em zigue-zague uma estratégia utilizada para evitar a saturação de sensilas pelo odor (Willis & Baker, 1994).

A maior resposta registrada ao tratamento “fêmeas virgens” pode estar associada ao fato destas liberarem uma mistura feromonal mais complexa e em proporções e quantidades adequadas à percepção de machos (Linn *et al.*, 1986) em comparação com o SCGB. Neste estão presentes apenas três compostos do feromônio de *G. molesta*, em uma proporção fixa (ISCA, 2013) e taxa de liberação contínua (Stelinsky *et al.*, 2007).

A influência da complexidade do feromônio na quimiotaxia de *G. molesta* em túnel de vento foi constatada por Linn *et al.* (1986) os quais observaram que a maioria dos machos apresentou padrão de voo em ziguezague quando submetidos à mistura contendo (*E*)-8 dodecenila, (*Z*)-8-dodecenila acetato e (*Z*)-8-dodecenol, em comparação com a exposição aos compostos isolados. Da mesma forma, Valeur & Löfstedt (1996) verificaram que um maior número de machos foi atraído pela mesma mistura, em comparação com a exposição apenas ao (*E*)-8 dodecenila.

Em relação aos insetos que se aproximaram e ou atingiram o alvo, o tratamento 0 dias (produto fresco) diferiu de 90 dias e das fêmeas ( $G = 92,88$ ;  $gl = 5$ ;  $P < 0,0001$ ). Nos insetos expostos ao inerte do produto não foi registrado resposta nesta categoria (Tabela 5). Este resultado pode ser explicado pelo tempo que o produto permaneceu exposto ao ambiente, durante o qual houve a degradação do mesmo, resultando em uma quantidade menor de feromônio, assemelhando-se ao que é liberado pelas fêmeas. De forma contrária, altas concentrações de feromônio podem saturar as sensilas presentes nas antenas do inseto dificultando a percepção

e seu deslocamento (D'Errico *et al.*, 2013) como verificado no produto fresco.

Ebbinghaus *et al.* (2001) já haviam verificado em *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera; Tortricidae) que o produto “atrai e mata” (Appeal 04 PA- Bayer AG), avaliado em campo e túnel de vento, exerceu maior atratividade a machos após a exposição no ambiente por 90 dias, a qual foi semelhante à exercida pelas fêmeas da mesma espécie.

Evenden & McLaughlin (2004) testaram em túnel de vento a atratividade de *G. molesta* a diferentes concentrações do produto atraticida LastCall™OFM (IPM Tech Inc., Portland, OR, USA). Os resultados alcançados pelos autores demonstraram que um maior número de insetos se aproximou da fonte emissora na formulação com menor quantidade de feromônio (0,016%), em comparação com a maior (0,16%). De acordo com os autores, existe uma faixa ideal de resposta à mistura feromonal, quando a concentração está fora desta, as respostas comportamentais diminuem.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nas condições sob as quais foram realizados os experimentos, foi possível concluir que:

- o raio de ação das armadilhas delta iscadas com septo de feromônio sexual sintético ISCALure Grafolita<sup>®</sup> é de 200 metros com área de cobertura de 12,56 ha;
- a mortalidade de machos de *G. molesta* em contato com o SCGB é similar entre os indivíduos submetidos a pastas frescas e os indivíduos submetidos a pastas com até 60 dias de exposição ao ambiente;
- a percepção eletroantegráfica de machos de *G. molesta* ao produto SPLAT Cida Grafo Bona<sup>®</sup> não varia em função do tempo de exposição até 90 dias;
- a quimiotaxia de machos de *G. molesta* em túnel de vento, é maior em indivíduos expostos ao produto SPLAT Cida Grafo Bona<sup>®</sup> exposto ao ambiente por 90 dias do que aos expostos ao produto fresco, e semelhante a “fêmeas virgens”.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, a microrregião de Caxias do Sul ocupa um lugar significativo na produção de frutas de caroço, principalmente o pêssego, destinando sua produção para o consumo *in natura*. O modelo agrário desta região se caracteriza por pequenas propriedades baseadas na mão de obra familiar e diversificação, sendo a produção de frutas tais como a uva, o pêssego e a ameixa associadas a de leite e suínos, responsáveis pela renda das famílias que vivem nesta área rural.

O tamanho médio dos pomares de pessegueiro nesta região geralmente não ultrapassa dois hectares, sendo na maioria das vezes utilizado um monitoramento seguido de controle químico. As cultivares utilizadas são na sua maioria precoces ou de ciclo normal, com utilização menor e mais recente de tardias.

O monitoramento de *G. molesta* segue a recomendação de duas armadilhas por hectare. Estas são colocadas equidistantes, procurando obter uma leitura homogênea da área. Como os resultados obtidos indicam uma área de cobertura para cada armadilha de 12,56 ha, uma única unidade de monitoramento seria suficiente para avaliação do nível de controle, o que viria a reduzir o custo do monitoramento.

Em relação aos testes realizados com o produto SPLAT Cida Grafo Bona®, os resultados evidenciaram que este atua conforme o seu propósito,

ou seja, inicialmente a pasta não atrai os machos e posteriormente, quando estes entram em contato com a fonte, geralmente morrem. Apesar do seu potencial de uso em programas de manejo integrado, o custo em relação ao controle químico ainda impede sua aplicação em larga escala, principalmente na cultura do pessegueiro.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AFONSO, A. P. S et al. **Zoneamento ecológico de Spodoptera fungiperda, Anastrepha fraterculus e Grapholita molesta para o Rio Grande do Sul e sua relação com as mudanças climáticas globais**. Pelotas: Embrapa, 2008. (Documentos 577/08)
2. AGROFIT 2014. **[Apresenta informações sobre produtos fitossanitários]**. 2013. Disponível em: <[www.agricultura.gov.br/AGROFIT](http://www.agricultura.gov.br/AGROFIT)>. Acesso em: 15 mar. 2014.
3. ALTAFINI, D. L.; SANT'ANA, J.; REDAELLI, L. R. Efeito de fatores endógenos na percepção química de Grapholita molesta (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) ao feromônio sexual. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 39, n. 3, 2010
4. ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**. 6. ed. São Paulo: Organização Andrei. 1999. 672p.
5. ARIOLI, C. J. **Técnica de criação e controle de Grapholita molesta (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) na cultura da macieira**. 2008. 83 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Fitossanidade - Entomologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.
6. ARIOLI, C.J. et al. **Feromônios sexuais no manejo de insetos-praga na fruticultura de clima temperado**. Florianópolis: Epagri, 2013. 58 p. (Epagri. Boletim Técnico, 159).
7. ARIOLI, C. J.; CARVALHO, G. A.; BOTTON, M. Monitoramento de Grapholita molesta (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) na cultura do pessegueiro. **BioAssay**, Piracicaba, v. 1, n. 2, p. 1-5, 2006.
8. AYRES, M. et al. **BIOESTAT v 5.0. 2012**. Disponível em: <<http://www.mamiraua.org.br/downloads/>> Acesso em: jul. 2012.

9. BAKER, T. C.; CARDÉ, R. T. Courtship behavior of the oriental fruit moth (*Grapholita molesta*): Experimental analysis and consideration of the role of sexual selection in the evolution of courtship pheromones in the Lepidoptera. **Annals of the Entomological Society of America**, Washington, v. 72, n. 1, p. 173-188, **1979a**.
10. BAKER, T. C.; CARDE, R. T. Endogenous and exogenous factors affecting periodicities of female calling and male sex pheromone response in *Grapholita molesta* (Busck). **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 25, p. 943-950, 1979b.
11. BDMEP-INMET- [**Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**] (Apresenta dados meteorológicos para ensino e pesquisa). 2014. Disponível em:  
<[www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/inicio.php](http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/inicio.php)>. Acesso em: 15 mar. 2014
12. BENTO, M. J. Controle de insetos por comportamento: Feromônios. In: GUEDES, J. C.; COSTA, I. D.; CASTIGLIONI, E. (Eds). **Bases e técnicas do manejo de insetos**. Santa Maria: Pallotti. 2000. P. 85-98.
13. BOTTON, M.; ARIOLI, C. J.; COLLETTA, V. D. **Monitoramento da mariposa-oriental *Grapholita molesta* (Busck, 1916) na cultura do pessegueiro**. Bento Gonçalves: Embrapa-CNPUV, 2001. 4 p. (Embrapa-CNPUV. Comunicado Técnico, 38).
14. BOTTON, M. et al. **Biologia monitoramento e controle da mariposa-oriental na cultura do pessegueiro no Rio grande do Sul**. Bento Gonçalves: Embrapa-CNPUV, 2011. 11 p. (Embrapa-CNPUV. Circular Técnica, 86).
15. CARDÉ, R. T. Principles of mating disruption. In: R. L. RIDGWAY; R. M. SILVERSTEIN; INSCOE, M. N. (Ed.). **Behaviour Modifying Chemicals for Insects Management**. New York: Marcel Dekker, 1990. p. 47-71.
16. CARDÉ, R.T.; MINKS, A. K. Control of moth pests by mating disruption: successes and constraints. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 40, p. 559-585, 1995.

17. CARVALHO, R. P. L. Manejo integrado de pragas do pessegueiro. In: CROCOMO, W. B (Org.). **Manejo integrado de pragas**. São Paulo: UNESP, 1990. p. 323-358.
18. D'ERRICO, G. et al. Sensory Adaptation of Antennae and Sex Pheromone-Mediated Flight Behavior in Male Oriental Fruit Moths (Lepidoptera: Tortricidae) After Prolonged Exposure to Single and Tertiary Blends of Synthetic Sex Pheromone. **Environmental Entomology**, Columbia, n. 42, v.3, p. 548-557, 2013.
19. DEISIG, N. et al. Differential Interactions of Sex Pheromone and Plant Odour in the Olfactory Pathway of a Male Moth. **Plos One**, San Francisco, v.7, n.3, p.1-10, 2012.
20. DICKENS, J. Neurobiology of pheromonal signal processing in insects. In: CARDÉ, R.T.; MINKS, A.K. (Ed.) **Insect pheromone research: new directions**. New York: Chapman and Hall, 1997. p.210-217.
21. DUSTAN, G. G. Mating behaviour of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Olethreutidae). **The Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 96, p. 1087–1093, 1964.
22. EBBINGHAUS, D. et al. Appeal: efficacy and mode of action of attract and kill for codling moth control. **IOBC/WPRS Bulletin**, Darmstad, n. 24, v.2, p. 95-99, 2001.
23. EIRAS, A.E.; MAFRA-NETO, A. Olfatometria aplicada ao estudo do comportamento de insetos. In: VILELA, E.F.; DELLA LÚCIA, M.T. (Eds). **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Editora Holos, 2001. 206p. p.27-39.
24. ELLIS, N. H.; HULL, L. A. Factors influencing adult male *Grapholita molesta* dispersal in commercial *Malus* and *Prunus* host crops. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.146, n2, p.1–10, 2012.
25. EMBRAPA. **Cultivo do Pessegueiro: importância econômica**. Monte Bonito: EMBRAPA Clima Temperado, 2005. (Sistema de Produção 4, Versão Eletrônica) Disponível em:  
<<http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/catalogo/tipo/>
26. EVENDEN M. L.; McLAUGHLIN, J. R.; CZOKAJLO, D. Effects of Exposure to Pheromone and Insecticide Constituents of an Attracticide

- Formulation on Reproductive Behavior of Oriental Fruit Moth (Lepidoptera: Tortricidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, n. 98, v. 2, p. 334-341, 2005.
27. EVENDEN, M. L.; McLAUGHLIN, J. R. Initial Development of an Attracticide Formulation Against the Oriental Fruit Moth, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). **Environmental Entomology**, Columbia, n.33, v.2, p. 213-220, 2004.
28. GONRING, A. H. R. et al. Seletividade de Inseticidas, utilizados no controle de *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Olethrutidae) em pêssego, a Vespidae Predadores. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.28, n.2, p.301-306, 1999.
29. GONZALEZ, R. H. Fenologia de la grapholita o polila oriental del durazno. **Aconex**, Santiago, v.12, p. 5-12, 1989.
30. GRELLMANN, E. O. et al. Necessidades térmicas e estimativas do numero de gerações de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Olethreutidae) em Pelotas, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.7, p. 999-1004, 1992.
31. GUEDES, R. C. et al. Características dos principais grupos de inseticidas e acaricidas. In: ZAMBOLIM, A.; PIKANÇO, M. C.; SILVA, A. A. (Ed.). **Fungicidas, Inseticidas, Acaricidas e Herbicidas Empregados no Controle de Doenças, Pragas e Plantas Daninhas**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2008. p. 182-206.
32. HAN Q.; HANSSON B. S.; ANTON S. Interactions of Mechanical Stimuli and Sex Pheromone Information in Antennal Lobe Neurons of a Male Moth, *Spodoptera littoralis*. **Comparative Physiology**, Oxford, v. 191, p. 521–528, 2005.
33. HÄRTER, W. R. et al. Isca tóxica e disrupção sexual no controle da mosca-da-fruta sul-americana e da mariposa-oriental em pessegueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.3, p.229-235, 2010.
34. HAYNES, K. F. Sublethal Effects of Neurotoxic Insecticides on Insect Behavior **Annual Review of Entomology**, Stanford, n. 33, p. 149-158, 1998.

- HERN, A.; DORN, S. A female-specific attractant for the codling moth, *Cydia pomonella*, from apple fruit volatiles. **Naturwissenschaften**, Berlin, v.91, p. 77–80, 2004.
35. HERTER, F. G.; CAVALO, R. L.; NOREMBERG, E. M. Horário de captura de *Grapholita molesta* em pessegueiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 10, 1986, Rio de Janeiro. **Resumos**. Rio de Janeiro: SEB, 1986. p. 111.
36. HUGES, A.; DORN, S. Sexual differences in the flight performance of the oriental fruit moth, *Cydia molesta*. **Entomologia Experimentalis Et Applicata**, Dordrecht, v. 103, p. 171-182, 2002.
37. IBGE. **SIDRA**. [Base de Dados]. (Apresenta informações estatísticas). Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>> Acesso em: 14 mar. 2013.
38. IL'ICHEV, A. L.; WILLIAMS, D. G.; DRAGO, A. Distribution of the oriental fruit moth *Grapholita molesta* Busck (Lep., Tortricidae) infestation on newly planted peaches before and during 2 years of mating disruption. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 127, p. 348–353, 2003.
39. ISCA. **ISCA Tecnologias**. 2013. (Apresenta informações sobre produtos). Disponível em: <<http://www.isca.com.br/>> Acesso em: 14 mar. 2013.
40. JOHNSON, C.G. **Migration and dispersal of insects by flight**. London: Methuen & Co Ltd., 1969. 763 p.
41. KANGA, L. H. B. et al. Management of insecticide resistance in Oriental fruit moth (*Grapholita molesta*; Lepidoptera: Tortricidae) populations from Ontario. **Pest Management Science**, London, v.59, p. 921–927, 2003.
42. KENNEDY, J. S.; MARSH, D. Pheromone-Regulated Anemotaxis in Flying Moths. **Science**, New Series, v. 184, n. 4140, p. 999-1001, 1974.
43. KOSTAL, L.; LANSKY, P.; ROSPARS J. Efficient Olfactory Coding in the Pheromone Receptor Neuron of a Moth. **PLoS Computational Biology**, London, n. 4, v. 4, p. 1-11, 2008.

44. KOVANCI, O. B. et al. Comparison of mating disruption with pesticides for management of Oriental Fruit Moth (Lepidoptera: Tortricidae) in North Carolina apple orchards. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 98, n. 4, p. 1248-1258, 2005a.
45. KOVANCI, O. B. et al. Effects of application rate and interval on the efficacy of sprayable pheromone for mating disruption of the oriental fruit moth *Grapholita molesta*. **Phytoparasitica**, Jerusalém, v. 33, n. 4 p.334-342. 2005b.
46. LINN, C. E.; ROELOFS, W. L. Sublethal Effects of Neuroactive Compounds on Pheromone Response Thresholds in Male Oriental Fruit Moths. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, London, v. 1, n. 4, p. 331–344, 1984.
47. LINN, C.E.; CAMPBELL, M.G.; ROELOFS, W.L. Male Moth Sensitivity to Multicomponent Pheromones: Critical Role of Female-Released Blend in Determining the Functional Role of Components and Active Space of the Pheromone. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 12, n. 3, p. 124-132, 1986.
48. LO, P.L.; COLE, L.M. Impact of pheromone mating disruption and pesticides on Oriental Fruit Moth (*Grapholita molesta*) on peaches. **New Zealand Plant Protection**, Christchurch, v.60, p. 67-71, 2007.
49. MAFRA-NETO, A.; ARIOLI, C; BORGES, R. **SPLAT® Cida Grafo Bona Manual do usuário**. Ijuí: ISCA Tecnologias Ltda., [2013]. 22p. Disponível em: <<http://www.isca.com.br/>> Acesso em: 14 de mar. 2013.
50. MOLINARI, F. et al. L'uso dei feromoni secondo il metodo del "disorientamento" nella difesa del pesco da *Cydia molesta* e *Anarsia lineatella*. **Atti delle Giornate Fitopatologiche**, Bologna, v.1, p.341-348, 2000.
51. MONTEIRO, L. B.; DE SOUZA, A.; BELLI, L. Confusão sexual para o controle de *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae), em pomares de macieira, em Fraiburgo (SC), Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n.1, p.191-196, 2008.
52. MONTEIRO, L.B.; HICKEL, E. Pragas de importância econômica em fruteiras de caroço. In: FRUTEIRAS de caroço: uma visão ecológica. Curitiba: UFPR, 2004. p. 223-262

53. MORAIS, R. M.; REDAELLI, L. R.; SANT'ANA, J. Age and multiple mating effects on reproductive success of *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera, Tortricidae). **Revista Brasileira de Entomologia**. Curitiba, v.56, n.3, p. 319-324, 2012.
54. MURRELL, V. C.; LO, P. L. Control of oriental fruit moth (*Grapholita molesta*) on Golden Queen peaches. **Horticultural Crops**, Christchurch, v. 51, p. 189-194, 1998.
55. NISHIDA, R.; BAKER, T. C.; ROELOFS. Hairpencil pheromone components of male oriental fruit moths, *Grapholita molesta*. **Journal of Chemical Ecology**. New York, v. 8, p. 947-959, 1982.
56. NUNES, J. L. DA S. et al. Flutuação populacional e controle da mariposa-oriental *Grapholita molesta* (Busck, 1916) em produção convencional e integrada de pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.227-228, 2003.
57. NUÑES, S.; PAULLIER, J. *Cydia molesta* (Busck). In: LEPIDOPTEROS de Importancia Economica. Reconocimiento, biología y daños de las plagas agrícolas y forestales. Uruguay: Agropecuaria Hemisferio Sur S. R. L., 1995. p. 32-40.
58. PALMQUIST, K.; SALATAS, J.; FAIRBROTHER, A. Pyrethroid insecticides: use, environmental fate, and ecotoxicology, In: FARZANA, P. (Ed.). **Insecticides - Advances in Integrated Pest Management**. Rijeka: InTech, 2008. 708 p. p. 251- 278.
59. POLTRONIERI, A. S. et al. Conexidade populacional de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) entre pomares de pessegueiros e macieiras. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 9, n.3, p. 339-347, 2008.
60. PRESTWICH, G. D.; DU, G. Binding Proteins, Pheromone Recognition, and Signal Transduction in Moth Olfaction. In: CARDÉ, R.T.; MINKS, A.K. (Ed.) **Insect Pheromone Research: new directions**. New York: Chapman and Hall, 1997. p. 131-143
61. PROTAS, J. F. S.; MADAIL, J. C. M. **Sistemas de produção de pêssegos de mesa na região da Serra Gaúcha**. Monte Bonito: Embrapa Clima Temperado, [2013]. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pêssego/>

- PêssegodeMesaRegiao SerraGaucha/index.htm. 2003. Acesso em : 24 abr. 2013.
62. RAZOWSKI, J.; WOJTUSIAK, J. Some Data on Sensilla And Sculpture of Antenna in Adult Tortricidae (Insecta: Lepidoptera). **Genus**, Wrocaw, v. 15, n.2, p. 257-266, 2004.
63. RICE, R. E. et al. Monitoring and modeling oriental fruit moth in California. **California Agriculture**, Davis, v.36, p.11-12, 1982.
64. ROELOFS, W. L.; COMEAU, A.; SELLE, R. Sex pheromone of the Oriental fruit moth. **Nature**, [London], v. 224, n. 723, 1969.
65. ROSENTHAL, M. de. A.; LOECK, A. E.; SILVA JUNIOR, P. Criação de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Olethreutidae) em dietas artificiais e naturais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 12, p.1847-1853, 1994.
66. SALLES, L.A.B. **Grafolita** (*Grapholita molesta*): biologia e controle. Pelotas: Embrapa-CNPFT, 1991. 13 p. (Embrapa-CNPFT, Documento 42).
67. SALLES, L.A.B. **Grafolita** (*Grapholita molesta*) bioecologia e controle. Pelotas: Embrapa/CNPFT, 1984. 16p. (Embrapa/CNPFT Documento, 20)
68. SALLES, L.A.B.; MARINI, L. H. Avaliação de uma formulação de feromônio de confundimento no controle de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera, Tortricidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 18, n. 2, p. 329-336, 1989.
69. SALLES, L.A.B. Mariposa-oriental, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). In: VILELLA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F. (Eds). **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto : Holos, 2000. P. 42-45.
70. SARAI, D. S. The seasonal history of the oriental fruit moth in Southern Missouri. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 63, p. 301-302, 1970.
71. SAUSEN, C. D. et al. Diapause initiation and alterations in the life cycle of *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) as

induced by photoperiodic conditions. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.40, n.5, p. 529-532. 2011.

72. SEPLAG. **Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul – Secretaria de planejamento, Gestão e participação Cidadã**. 2014. Disponível em: [http://www.scp.rs.gov.br/atlas/conteudo.asp?cod\\_menu\\_filho=819&cod\\_menu=817&tipo\\_menu=ECONOMIA&cod\\_conteudo=1506](http://www.scp.rs.gov.br/atlas/conteudo.asp?cod_menu_filho=819&cod_menu=817&tipo_menu=ECONOMIA&cod_conteudo=1506). Acesso em 20/07/2014
73. SILVA, A.G. et al. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil**. Rio de Janeiro : MARA-SDSV, 1968. 622 p.
74. STELINSKI, L. L. et al. Season-long mating disruption of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) by one machine application of pheromone in wax drops (SPLAT-OFM). **Journal of Pest Science, Heidelberg**, v. 80, p.109-117, 2007.
75. STENGL, M. Peripheral Processes in Insect Olfaction. **Annual Review of Physiology**, Palo Alto, v.54 p. 665, 1992.
76. SZIRÁKI, G. Dispersion and Movement Activity of the Oriental Fruit Moth (*Grapholita molesta* Busck) in Large Scale Orchards. **Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae**, Budapest, v.14, p. 209- 228, 1979.
77. THOMPSON, D. et al. Ten years implementing codling moth mating disruption in the orchards of Washington and British Columbia: Starting right and managing for success. **IOBC/WPRS Bulletin**, Darmstad, v.24, p. 23-30, 2001.
78. TRIMBLE, R. M.; MARSHAL, D. B.; Quantitative method for pheromone delivery in studies of sensory of moth antennae. **Physiological Entomology**, Oxford, v. 32, p. 388-393, 2007.
79. TRIMBLE, R. M.; PREE, D. J.; CARTER, N. J. Integrated Control of Oriental Fruit Moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Peach Orchards Using Insecticide and Mating Disruption. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 94, n. 2, p.476-485, 2001.
80. VALEUR, P. G.; LÖFSTEDT, C. Behaviour of male oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, in overlapping sex pheromone plumes in a wind tunnel. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, n. 79, p. 51-59, 1996.

81. WILLIS, M. A.; BAKER, T. C. Behaviour of flying oriental fruit moth males during approach to sex pheromone sources. **Physiological Entomology**, Oxford, n. 19, p. 61 -69, 1994.
82. YANG , C. Y. et al. Control of the Oriental Fruit Moth, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) by mating disruption with sex pheromone in pear orchards. **Journal Asia-Pacific Entomol** Taichung, V.6, n. 1, p. 97-104, 2003.

## 8 APÊNDICES

APÊNDICE 1. Dados meteorológicos mensais (VV = velocidade média do vento; P= precipitação média; PA= pressão média atmosférica; T= temperatura média e UR = umidade média relativa do ar) das regiões onde se realizaram as avaliações (BG = Pinto Bandeira e Antonio Prado e BJ = Jaquirana - RS) nos períodos de janeiro a abril de 2012 e janeiro e fevereiro de 2013.

Local*	Período	VV (m/s)	P(mm)	PA (mbar)	T(°C)	UR (%)
BG	Jan/12	2,3	65,1	897,1	22,3	72,3
BG	Fev/12	1,9	184,5	897,9	24,2	75,9
BG	Mar/12	2	82,2	899,0	20,9	71,2
BG	Abr/12	1,9	75,4	898,5	17,8	77,4
BG	Média (4 meses)	2,1	101,8	898,1	21,3	74,2
BJ	Jan/13	3,7	116,1	898,3	19,1	77,7
BJ	Fev/13	3,7	212,1	897,7	20,1	83
BJ	Média (2 meses)	3,7	164,1	898,0	19,6	80,4

\* BG= Estação Meteorológica Bento Gonçalves – RS. 29°15'S; 51°51'O; 640m. BJ= Estação Meteorológica Bom Jesus – RS. 28°66'S; 50°43'O; 1047,50m. (BDMEP – INMET, 2014)