



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

CASSIANA ROSSATO

**TERRA DE DIATOMÁCEAS NO CONTROLE DE PRAGAS
DE ARMAZENAMENTO DE SOJA, MILHO E TRIGO EM
FUNÇÃO DA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA**

Londrina
2013

CASSIANA ROSSATO

**TERRA DE DIATOMÁCEAS NO CONTROLE DE PRAGAS
DE ARMAZENAMENTO DE SOJA, MILHO E TRIGO EM
FUNÇÃO DA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Agronomia da Universidade
Estadual de Londrina.

Orientador: Maurício Ursi Ventura.
Co-orientador: Irineu Lorini.

Londrina
2013

Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

R827tRossato, Cassiana.

Terra de diatomáceas no controle de pragas de armazenamento de soja,
milho e trigo em função da composição físico-química / Cassiana
Rossato. – Londrina, 2013.
63 f.: il.

Orientador: Maurício Ursi Ventura.

Co-orientador: Irineu Lorini.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de
Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, 2013.

Inclui bibliografia.

1. Sementes – Armazenamento – Pragas – Teses. 2. Diatomáceas –
Propriedades físico-químicas – Teses. 3. Pesticidas naturais – Teses. 4.
Microscopia eletrônica – Teses. I. Ventura, Maurício Ursi. II. Lorini,
Irineu. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências
Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 632.95

CASSIANA ROSSATO

**TERRA DE DIATOMÁCEAS NO CONTROLE DE PRAGAS DE
ARMAZENAMENTO DE SOJA, MILHO E TRIGO EM FUNÇÃO DA
COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Agronomia da Universidade
Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Irineu Lorini
Embrapa Soja – Londrina - PR

Dr. Marcelo Alvares de Oliveira
Embrapa Soja – Londrina - PR

Profa. Dra. Maria Isabel Balbi Peña
UEL – Londrina - PR

Profa. Dra. Débora Cristina Santiago
UEL – Londrina - PR

Dr. Fernando Augusto Henning
Embrapa Soja – Londrina - PR

Prof. Dr. Maurício Ursi Ventura
UEL – Londrina - PR

Londrina, 15 de fevereiro de 2013.

DEDICO

Aos meus pais Miraci e João Carlos Rossato,
dedico com amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder sabedoria e fortaleza, e por colocar em meu caminho tantas pessoas especiais e importantes para a conclusão desse trabalho.

Aos meus familiares, minha mãe Miraci, meu pai João Carlos Rossato, e meus irmãos Emerson e Marcelo Rossato pelo amor, carinho, apoio, compreensão e por terem batalhado pela minha formação.

Aos professores Flávio Moscardi (*In memoriam*) e Maurício Ursi Ventura, pela orientação neste trabalho e também pelos ensinamentos, e paciência durante o mestrado. Aos professores Pedro Manuel Oliveira Janeiro Neves e Amarildo Pasini, pelas sugestões, conselhos e pela tranquilidade transmitida nos momentos de preocupações.

Ao Irineu Lorini não somente pela co-orientação, mas também pela atenção, dedicação e disponibilidade de tempo para o desenvolvimento do trabalho. Agradeço também pelas palavras de incentivo, e pelos conselhos que muito me auxiliaram em momentos de incerteza.

Às grandes amigas Glaucia Cristina Ferri e Adriana de Marques Freitas pelo apoio e auxílio na realização do experimento. Obrigada pelos conselhos, por tantos momentos bons e pelas risadas e angustias compartilhadas. Sem vocês tudo seria mais difícil e sem graça.

Ao Rafael de Oliveira Faeirstein pelo carinho, apoio, compreensão e pelos bons momentos compartilhados.

Aos amigos Orcial Ceolin Bortolotto, Mariana Duarte, Janaína Zorzetti, Camila Rafaeli, Thiago Ortiz, Aline Moritz, Biana Kuwano, Karina Aline Alves, Renata Koyama e Diego Gazola que também me auxiliaram direta ou indiretamente para a conclusão deste trabalho.

Ao Enio Alves da Cruz e ao Lincoln H. Miike, por auxiliarem no apoio e custeio necessário para realização deste trabalho.

Ao professor Paulo Parreira, e ao Osvaldo Capello pela realização das análises de composição química e imagens de microscopia eletrônica.

À Embrapa Soja por disponibilizar toda a sua infraestrutura para desenvolvimento da pesquisa, em especial o Laboratório de Pós-colheita de Sementes e Grãos do Núcleo Tecnológico Dr. Nilton Pereira da Costa.

À Universidade Estadual de Londrina e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do mestrado e a CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

ROSSATO, Cassiana. **Terra de diatomáceas no controle de pragas de armazenamento de soja, milho e trigo, em função da composição físico-química.** 2013. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

RESUMO

Entre os principais fatores que causam perda de quantidade e qualidade de grãos, podem-se destacar aquelas ocasionadas por insetos pragas. O controle destes insetos pragas pode ser realizado com pós-inertes a base de terra de diatomáceas, provenientes de fósseis de algas marinhas diatomáceas, que possuem uma fina camada de sílica. Partículas do pó aderem ao corpo do inseto por contato, removendo a cera epicuticular, favorecendo a perda de água e provocando morte por desidratação. Para este trabalho foram caracterizadas diversas formulações de terra de diatomáceas quanto à composição físico química, tamanho de partículas, distribuição no corpo dos insetos e a eficácia no controle de insetos pragas de armazenamento de trigo, soja e milho. O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Pós-colheita de Sementes e Grãos do Núcleo Tecnológico Dr. Nilton Pereira da Costa, da Embrapa Soja. Os tratamentos a base de terra de diatomáceas foram aplicados sobre grãos de trigo, soja e milho, armazenados e infestados a um e 120 dias após o tratamentos, com adultos das pragas *Rhizopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, *Lasioderma serricorne* e *Tribolium castaneum*. Após o período de exposição aos tratamentos foi avaliada a mortalidade de cada espécie e a capacidade de se reproduzir sobre os grãos tratados. Os resultados mostraram que as diferenças na composição físico química das formulações de terra de diatomáceas induzem a maior eficiência de controle das espécies pragas de grãos armazenados de trigo, soja e milho, sendo mais eficiente quanto menor for o diâmetro das partículas e maior a percentagem de dióxido de sílica na composição, sendo uma opção eficaz no controle dos insetos pragas de armazenamento.

Palavras-chave: Pó inerte. Terra de diatomáceas. Pragas de armazenamento. Grãos armazenados. Composição físico-química. Microscopia eletrônica.

ROSSATO, Cassiana. **Diatomaceous earth to control stored grains pests on soybean, corn and wheat influenced by its physical-chemical composition.** 2013. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

ABSTRACT

Among the main factors causing losses of stored grain quality are pests. Most of control methods depend on broad spectrum chemical insecticides, which may cause insect resistance to insecticides and pesticide residues in grains and food chain. Non-chemical control methods are recommended to reduce these problems and avoiding pest damage in grain as inert dusts diatomaceous earth. This inert dust comes from diatomaceous algae, which have a silica layer in their body. Inert dust particles adhere to the insect body and remove the epicuticle wax, favoring the loss of water causing death by dehydration. The aim of this work was to determine the efficacy of dust formulations of diatomaceous earth to control stored grain pests on soybean, corn, and wheat, characterized through differential physical-chemical composition of formulations. The experiments were carried out at the Post-harvest Laboratory of Seed and Grain of Embrapa Soybean, located in Londrina, Paraná. The diatomaceous earth treatments were applied on soybean, corn, and wheat grain and infested with adults of *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, *Lasioderma serricorne* e *Tribolium castaneum*. Later, after a determined exposition period, the mortality of each species and its offspring's were evaluated. The results shown that the physical-chemical composition of diatomaceous earth formulations may imply in higher efficacy to control stored grain pests on wheat, soybean and maize. Lower diatomaceous earth particles and higher percentage of silica improve the efficacy of formulations. Diatomaceous earth is efficient option to control stored grain pests for a long term.

Keywords: Inert dust. Diatomaceous earth. Stored grain pests. Grain quality. Pest control methods.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Adulto de <i>Rhyzopertha dominica</i>	18
Figura 2.2 – Adulto de <i>Sitophilus oryzae</i>	19
Figura 2.3 – Adulto de <i>Lasioderma serricorne</i>	19
Figura 2.4 – Adulto de <i>Tribolium castaneum</i>	20
Figura 4.1 – Fotografias por microscopia eletrônica de varredura das oito formulações de terra de diatomáceas em aumento de 12.000X. (A) marca comercial 01, (B) marca comercial 02, (C) TD GR 01, (D) TD GR 02, (E) TD GR 03, (F) TD GR 04, (G) TD GR 05, (H) marca comercial 03. Londrina, PR. 2012.	35
Figura 4.2 – Fotografias por microscopia eletrônica de varredura de adultos de <i>Rhyzoperthadominica</i> expostos a terra de diatomáceas (A, B, C, D) e comparativo sem terra de diatomáceas (E, F, G, H). Londrina, PR. 2012.....	53
Figura 4.3 – Fotografias por microscopia eletrônica de varredura de adultos de <i>Sitophilus oryzae</i> expostos a terra de diatomáceas (A, B, C, D) e comparativo sem terra de diatomáceas (E, F, G, H). Londrina, PR. 2012.....	54
Figura 4.4 – Fotografias por microscopia eletrônica de varredura de adultos de <i>Tribolium castaneum</i> expostos a terra de diatomáceas (A, B, C, D) e comparativo sem terra de diatomáceas (E, F, G, H). Londrina, PR. 2012.....	55
Figura 4.5 – Fotografias por microscopia eletrônica de varredura de adultos de <i>Lasioderma serricorne</i> expostos a terra de diatomáceas (A, B, C, D) e comparativo sem terra de diatomáceas (E, F, G, H). Londrina, PR. 2012.....	56

LISTA DE TABELAS

- Tabela 3.1** – Tratamentos aplicados em grãos de trigo, soja e milho armazenados visando o controle das pragas *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, *Lasioderma serricorne* e *Tribolium castaneum*. 30
- Tabela 4.1** – Resultado da análise granulométrica (diâmetro em µm) das diferentes amostras de terra de diatomáceas utilizadas no experimento. Londrina, PR. 2012..... 34
- Tabela 4.2** – Resultado da análise da composição química das diferentes formulações de terra de diatomáceas utilizadas no experimento. Londrina, PR. 2012..... 37
- Tabela 4.3** – Mortalidade (número) de *Rhyzopertha dominica* em trigo, soja e milho armazenados, tratados com formulações de terra de diatomáceas. Infestação realizada um dia após o tratamento dos grãos. Londrina, PR. 2012..... 46
- Tabela 4.4** – Mortalidade (número) de *Sitophilus oryzae* em trigo, soja e milho armazenados, tratados com formulações de terra de diatomáceas. Infestação realizada um dia após o tratamento dos grãos. Londrina, PR. 2012..... 47
- Tabela 4.5** – Mortalidade (número) de *Tribolium castaneum* em trigo, soja e milho armazenados, tratados com formulações de terra de diatomáceas. Infestação realizada um dia após o tratamento dos grãos. Londrina, PR. 2012..... 48
- Tabela 4.6** – Mortalidade (número) de *Lasioderma serricorne* em trigo, soja e milho armazenados, tratados com formulações de terra de diatomáceas. Infestação realizada um dia após o tratamento dos grãos. Londrina, PR. 2012..... 49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 PRODUÇÃO BRASILEIRA DE GRÃOS.....	12
2.1.1 Milho	13
2.1.2 Soja	14
2.1.3 Trigo	15
2.2 ARMAZENAGEM DE GRÃOS	15
2.3 Insetos Pragas de Grãos Armazenados.....	16
2.3.1 <i>Rhyzopertha dominica</i> (Coleoptera: Bostrichidae)	18
2.3.2 <i>Sitophilus oryzae</i> (Coleoptera: Curculionidae)	18
2.3.3 <i>Lasioderma serricorne</i> (Coleoptera: Anobiidae)	19
2.3.4 <i>Tribolium castaneum</i> (Coleoptera: Tenebrionidae).....	20
2.3.5 <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Coleoptera: Silvanidae).....	21
2.3.6 <i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Coleoptera: Cucujidae)	21
2.3.7 <i>Sitotroga cerealella</i> (Lepidoptera: Gelechiidae)	22
2.3.8 <i>Plodia interpunctella</i> (Lepidoptera: Pyralidae).....	22
2.3.9 <i>Ephestia kuehniella</i> e <i>E. elutella</i> (Lepidoptera: Pyralidae)	22
2.4 Perdas Causadas por Insetos Pragas	23
2.5 MÉTODOS DE CONTROLE.....	24
2.5.1 Terra de Diatomáceas	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Caracterização das Terras de Diatomáceas	33
4.1.1 Análise Granulométrica das Formulações de Terra de Diatomáceas	33
4.1.2 Composição Química das Formulações das Terra de Diatomáceas	36
4.2 Efeito Inseticida das Formulações de Terra de Diatomáceas	38
4.2.1 Mortalidade de <i>Rhyzopertha dominica</i>	38
4.2.2 Mortalidade de <i>Sitophilus oryzae</i>	40
4.2.3 Mortalidade de <i>Tribolium castaneum</i>	42
4.2.4 Mortalidade de <i>Lasioderma serricorne</i>	45

5 CONSIDERAÇÕES	57
6 CONCLUSÕES.....	58
REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

A busca da qualidade na cadeia produtiva de grãos tornou-se determinante devido a crescente demanda internacional de alimentos, exigindo do setor a produção de grãos de forma eficaz e com qualidade. Produzir e armazenar com excelência são fatores que darão ao setor diferenciação no mercado competitivo, além da disponibilização de produtos seguros para o mercado consumidor. Sendo assim, a fase de armazenamento é de fundamental importância, pois qualquer perda neste período reduz diretamente a qualidade do produto final.

Perdas no peso de grãos, ocasionados por insetos pragas em armazéns, presença de fragmentos de insetos nos alimentos, deterioração da massa de grãos, contaminação fúngica, presença de micotoxinas, efeitos negativos na saúde humana e animal, dificuldades para exportação de produtos e derivados devido ao potencial de risco de contaminação, são problemas que a má armazenagem de grãos traz para a sociedade brasileira (LORINI, 2008).

O controle de insetos pragas de produtos armazenados é realizado praticamente com inseticidas químicos. No entanto, devido aos efeitos acentuados de contaminação ao meio ambiente, de ocorrências crescentes de casos de resistência em insetos pragas e da demanda cada vez maior do mercado mundial por produtos livres de resíduos químicos, é urgente a necessidade de adoção de novas técnicas para o controle de insetos pragas de armazenamento.

Os pós-inertes, como a terra de diatomáceas constituem uma alternativa para o armazenador controlar os insetos pragas durante o armazenamento (LORINI et al., 2010). A terra de diatomáceas é proveniente de fósseis de algas diatomáceas, que possuem o dióxido de sílica como principal componente de efeito inseticida. Partículas do pó aderem ao corpo do inseto, removendo a cera epicuticular, favorecendo a perda de água e provocando morte por desidratação (ALDRYHIM, 1990; EBELING, 1971; KORUNIC 1998; LORINI, 2001). Trata-se de um produto seguro para o usuário e de efeito inseticida duradouro, pois não perde eficácia ao longo do tempo (LORINI; MORÁS; BECKEL, 2002).

O objetivo deste trabalho foi de caracterizar a composição físico química de formulações de terra de diatomáceas quanto à eficácia no controle das pragas de armazenamento de trigo, soja e milho, *Rhyzoperthadominica*, *Sitophilus oryzae*, *Lasioderma serricorne* e *Tribolium castaneum*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PRODUÇÃO BRASILEIRA DE GRÃOS

O setor agrícola brasileiro vem contribuindo para o crescimento econômico do país, e a este são delegadas importantes tarefas, como, por meio do aumento da produção e da produtividade, ofertar alimentos e matérias-primas para o mercado interno; gerar excedentes para exportação; fornecer recursos para esses setores; e consumir bens produzidos no setor industrial.

O Brasil por ser um país com grandes extensões rurais tem sua economia voltada ao agronegócio em muitas regiões. Segundo levantamentos da Conab (2012), a safra 2011/2012 atingiu 165,9 milhões de toneladas de grãos, sendo 1,9% superior à safra anterior, e para a próxima safra 2012/2013 a estimativa de produção é de 180,2 milhões de toneladas. Para que o Brasil possa se manter no mercado competitivo de grãos, aumentando as exportações e suprimindo a crescente demanda interna, investimentos na etapa de pós-colheita são essenciais para obter um armazenamento de qualidade. Devido ao grande volume da produção brasileira de grãos, são de fundamental importância as unidades armazenadoras para manter a qualidade do grão, evitar perdas e possibilitar a diferenciação do produto para mercado.

Dentre as diversas culturas agrícolas do Brasil, o milho e a soja, contribuem com cerca de 80% da produção nacional de grãos. A diferença entre as duas culturas está no fato de que a soja tem maior liquidez, dadas as suas características de *commodity* no mercado internacional, enquanto o milho tem sua produção voltada para o abastecimento interno, embora recentemente a exportação do milho venha sendo realizada em quantidades expressivas (DUARTE; GARCIA; MIRANDA; 2011). Já em relação ao trigo, devido à grande demanda e ao fato do Brasil não ser autossuficiente, o país necessita de produto importado para atender às suas necessidades internas (COSTA et al., 2008).

Grãos com qualidades diferenciadas, para atender às demandas específicas de setores compradores, têm promovido mudanças importantes no setor. Esses grãos estão deixando de ser apenas *commodities* comercializadas em grandes lotes, para se tornarem ingredientes especializados com características desejadas pelos processadores (CERUTI, 2007).

2.1.1 Milho

A produção de milho no Brasil tem-se caracterizado por apresentar duas épocas de plantio. Os plantios de verão, ou primeira safra, são realizados na época tradicional, durante o período chuvoso, que varia entre fins de agosto, na região Sul, até os meses de outubro/novembro, no Sudeste e Centro-Oeste. A safrinha, ou segunda safra, refere-se ao milho de sequeiro, plantado em fevereiro ou março, quase sempre depois da soja precoce, predominantemente na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais. Embora realizados em uma condição desfavorável de clima, os sistemas de produção da safrinha tem sido aprimorados e adaptados a essas condições, o que tem contribuído para elevar os rendimentos das lavouras também nessa época (MELHORANÇA et al., 2010). A cultura do milho vem alcançando ganhos significativos de produtividade nos últimos anos no Brasil recentemente, tem aumentado a produção obtida na safrinha. Na última safra 2011/2012, a produção das duas safras totalizou 72,78 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2012).

A produção brasileira de milho em grãos tem dois destinos. Primeiro, o consumo no estabelecimento rural, refere-se ao milho que é produzida e consumida no próprio estabelecimento, destinando-se ao consumo animal em sua maior parte e ao consumo humano. Segundo, a oferta do produto no mercado consumidor, onde se tem fluxos de comercialização direcionados para fábricas de rações, indústrias químicas, mercado de consumo *in natura* e exportações quando é o caso (MELHORANÇA et al., 2010).

O milho se caracteriza por se destinar tanto para o consumo humano como por ser empregado para alimentação de animais. Pode ser industrializado através dos processos de moagem úmida e seca, sendo esta última a mais utilizada no Brasil. Deste processo resultam derivados como a farinha de milho, o fubá, a quirera, farelos, óleo e farinha integral desengordurada, envolvendo escalas menores de produção e menor investimento industrial (MELHORANÇA et al., 2010).

A importância do milho não está apenas na produção de uma cultura anual, mas em todo o relacionamento que essa cultura tem na produção agropecuária brasileira, tanto no que diz respeito a fatores econômicos quanto a fatores sociais. Pela sua versatilidade de uso, pelos desdobramentos de produção animal e pelo aspecto social, o milho é um dos mais importantes produtos do setor agrícola no Brasil.

2.1.2 Soja

No contexto das grandes culturas produtoras de grãos, a soja foi a que mais cresceu em termos percentuais nos últimos anos, tanto no Brasil quanto no mundo. Em 2006/2007 teve participação de cerca de 60% do total das 385 milhões de toneladas produzidos em nível global pelos principais grãos oleaginosos. Seu elevado teor em proteínas (40%) faz dela a principal matéria prima na fabricação de rações para alimentação de animais domésticos e, apesar do seu baixo teor de óleo (cerca de 19%) disputa com o dendê a posição de maior produtora de óleo vegetal (DALL'AGNOL et al., 2007).

A soja tem apresentado nas últimas cinco décadas, uma taxa de crescimento superior à taxa de crescimento populacional, ocupando lugar de destaque na alimentação humana e animal dos cinco continentes. Sua trajetória de crescimento na história do país começou na década de 1960 e, em menos de vinte anos, converteu-se na cultura líder do agronegócio brasileiro (DALL'AGNOL et al., 2007).

Embora o óleo seja um importante produto, o principal responsável pelo crescimento da produção de soja tem sido o seu farelo proteico, dada sua relação direta com consumo de carnes. O farelo proteico é o produto mais barato por unidade de proteína, haja vista, sua participação na dieta alimentar animal, principalmente, de suínos e aves (GIANLUPPI et al., 2009).

Os agricultores que se dedicam ao seu cultivo empregam altas tecnologias em todas as fases de produção, as quais incrementam produtividade e qualidade ao produto colhido (CASTRO; REIS; LIMA, 2006).

No contexto mundial, o Brasil apresenta vantagens territoriais, climáticas e tecnológicas no processo produtivo da soja. No entanto, quando se considera o complexo soja como um todo, um dos problemas que interfere na competitividade da soja é sua capacidade de armazenamento. O país apresenta limitações na disponibilidade de silos adequados para uma ótima armazenagem de grãos, forçando os produtores a adotar alternativas de armazenamento desfavoráveis, o que podem vir a causar significativas perdas (DALL'AGNOL et al., 2007).

2.1.3 Trigo

Mundialmente, o trigo é um dos grãos mais importantes para a alimentação, uma vez que é utilizado na produção de pães, biscoitos e massas. A comercialização em geral, se faz *in natura* ou então beneficiado, adquirindo assim, maior valor de troca no mercado nacional e internacional. No caso do Brasil o trigo tem sido destinado basicamente à produção de farinha (75%) e de farelo (25%) (SOUZA et al., 2009). Estes autores destacaram que o trigo é de fundamental importância no sistema de produção agrícola da região sul do Brasil por ser considerada uma das culturas economicamente viáveis no período de inverno, fazendo com que os estados do Paraná e do Rio Grande do Sul sejam os maiores produtores.

A falta de incentivo à produção, a pequena área cultivada, a baixa produtividade e as vantagens comparativas de fornecedores externos são fatores que contribuem para o déficit anual na produção brasileira de trigo. A produção nacional do trigo para a próxima safra está prevista em pouco mais de 5,3 milhões de toneladas, ou seja, 9,8% menor do que foi colhido na safra anterior, podendo ocorrer variação deste número conforme as condições climáticas que ocorrerem durante o ciclo da cultura (CONAB, 2012).

2.2 ARMAZENAGEM DE GRÃOS

A busca da qualidade na cadeia produtiva de grãos tornou-se determinante dada à crescente demanda internacional de alimentos, exigindo do setor a produção de grãos de forma mais eficaz e com maior qualidade. Produzir e armazenar com excelência são fatores que darão ao setor uma diferenciação no mercado competitivo, além da disponibilização de produtos seguros para o mercado consumidor. Deduz-se então que a fase de armazenamento é de fundamental importância, pois qualquer perda nesse período reduz diretamente o produto final. O Brasil apresenta uma capacidade estática de armazenamento de pouco mais de 142,7 milhões de toneladas, sendo a região sul a maior responsável seguida pela região centro-oeste, sudeste, nordeste e norte (CONAB, 2012).

Beskow e Deckers (2002) relatam que no início do século passado as estruturas armazenadoras eram basicamente do setor privado e localizavam-se principalmente na região de produção de café, em São Paulo, principalmente na região portuária de algumas cidades, como Rio de Janeiro e Santos. Somente a partir da década de 1950, o meio rural brasileiro começou a receber maior atenção do governo em relação às atividades de armazenamento. No entanto, a situação do abastecimento e da falta de locais adequados para

guardar e conservar os alimentos perecíveis continuava a ser preocupante, diante do aumento da produção. A partir da década de 1970, incentivada por fortes intervenções do Governo Federal, consolidou-se a expansão da fronteira agrícola para o Centro-Oeste. Tal fato incentivou a construção dos primeiros armazéns na região, principalmente por parte do setor público.

Os grãos podem ser armazenados de duas formas: a granel, ou seja, sem embalagem, e acondicionados em volumes, com o uso de sacarias. A armazenagem a granel é o método mais utilizado no Brasil (BIAGI; BERTOL; CARNEIRO, 2002). Biagi, Bertol e Carneiro (2002) ainda afirmaram que no momento de escolher o tipo de unidade armazenadora, alguns fatores devem ser levados em consideração, tais como: tipo do produto a ser armazenado (características físicas e biológicas); localização e mercado de influência; aspectos técnicos, econômicos e operacionais; finalidade a que se destina a unidade; custo da instalação e operação; estudo planialtimétrico, observando a declividade do terreno, rochas e lençol freático.

Com um mercado consumidor extremamente exigente, é de grande importância que a cadeia produtiva de grãos ofereça produtos com características que satisfaçam tais exigências. Segundo Bacaltchuk (1999) alguns procedimentos devem ser diferenciados na armazenagem, como aspectos relativos às instalações adequadas ao tipo de produto, ao tempo de armazenagem, aos padrões de qualidade de grãos e seus derivados, ao controle de insetos pragas em produtos armazenados e controle de fungos e micotoxinas contaminantes de alimentos. Em grãos armazenados, o organismo mais importante é o próprio grão, pois embora esteja em estágio de dormência, tem todas as propriedades de um organismo vivo, devendo estar em ótimas condições para atender as exigências do mercado consumidor.

2.3 INSETOS PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS

Dentre os animais, a classe dos insetos é a que compreende o maior número de espécies, mas apenas um número reduzido é considerado praga por causarem danos econômicos (CAMPOS; ZORZENON, 2006). Estes autores relatam que a maioria dos insetos que atacam os produtos armazenados tem sua origem nas regiões tropicais, onde melhor se reproduzem devido às condições quentes e úmidas do clima, o que possibilita a sua disseminação no mundo todo. Os danos causados por insetos durante o armazenamento de grãos podem ser equivalentes àqueles ocorridos no campo. Os de campo, muitas vezes podem

ser recuperados, em parte ou em todo, mas os ocorridos durante o armazenamento, o mesmo não acontece.

Os insetos pragas de grãos armazenados caracterizam-se por possuir elevada capacidade reprodutiva e elevado número de gerações em curto período de tempo, causando sérios danos e perdas no armazenamento. Reduzem o vigor da semente pelo consumo de reservas e pela intensa atividade respiratória que pode desencadear outros processos, como fermentação e o desenvolvimento de fungos (MARIANO; SANTOS; SANTOS, 2006). De acordo com Lorini (2008), os insetos praga que atacam os grãos armazenados podem ser classificados segundo seu hábito alimentar como pragas primárias, secundárias, associadas e ainda de infestação cruzada.

As pragas primárias são aquelas que atacam os grãos íntegros e sadios e podem ser denominadas pragas primárias internas ou externas, dependendo da parte do grão que atacam (LORINI, 2008). As primárias internas perfuram os grãos e neles penetram para completar seu desenvolvimento, alimentam-se de todo o interior do grão e possibilitam o alojamento de outros agentes de deterioração. Exemplos dessas pragas são as espécies *Rhizopertha dominica*, *Sitophilus oryzae* e *Sitophilus zeamais*. As pragas primárias externas destroem a parte externa dos grãos e posteriormente, alimentam-se do interior, porém não se desenvolvem na parte interna deste. Há destruição do grão apenas para fins de alimentação. Como exemplo, a traça *Plodia interpunctella* (LORINI, 2008).

Pragas secundárias não conseguem atacar grãos inteiros, aparecem na massa de grãos quando esses estão previamente danificados pelos insetos primários. Multiplicam-se rapidamente e causam prejuízos elevados. Como exemplos dessas pragas citam-se as espécies *Cryptolestes ferrugineus*, *Oryzaephilus surinamensis* e *Tribolium castaneum* (LORINI, 2008).

As pragas associadas não atacam diretamente o grão, alimentando-se dos resíduos resultantes do ataque das pragas primárias e secundárias e dos fungos associados aos grãos, prejudicando o aspecto e a qualidade dos produtos armazenados. Como exemplo tem-se *Tenebriomolitore Alphitobius piceus*. Segundo Elias, Oliveira e Dionello (2007), as pragas de infestação cruzada são aquelas que atacam o produto tanto na lavoura quanto no armazenamento (*Sitophilus oryzae* e *S. zeamais*).

Existem dois importantes grupos de insetos pragas que atacam os grãos armazenados, que são os besouros e as traças (LORINI, 2008). Entre os besouros podemos destacar as espécies: *R. dominica*, *Sitophilus* spp., *L. serricorne*, *T. castaneum*, *O. surinamensis* e *C. ferrugineus*. As espécies de traças mais importantes são: *Sitotroga cerealella*, *Plodia interpunctella*, *Ephestia kuehniella*. e *E. elutella*.

2.3.1 *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae)

Também conhecida como besouro-dos-cereais, *R. dominica* (Figura 2.1) é um coleóptero da família Bostrichidae que destrói consideravelmente os grãos deixando-os perfurados e produzindo grande quantidade de farinha em decorrência de seus hábitos alimentares, chegando a destruir 5 a 6 vezes o seu próprio peso em uma semana (POY, 1991). É a principal praga do trigo armazenado no Brasil sendo considerado um dos insetos pragas com maior capacidade de destruição dos grãos armazenados no mundo, devido à alta incidência e a grande dificuldade de se evitar os prejuízos que causa nos grãos (LORINI, 2008).

Figura 2.1 – Adulto de *Rhyzopertha Dominica* (LORINI, 2008)



Tanto os adultos como as larvas causam danos aos grãos. Possui elevado número de hospedeiros, como o trigo, a cevada, o arroz e a aveia (LORINI, 2008). É considerada uma praga primária interna, pois é capaz de perfurar o grão inteiro e penetrar nele para completar seu desenvolvimento.

2.3.2 *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae)

Como principal praga do milho armazenado, *Sitophilus* spp (Figura 2.2), popularmente conhecida como caruncho, é cosmopolita praga primária interna de grande importância. Pode apresentar infestação cruzada infestando os grãos no campo e também no armazém, onde penetra profundamente na massa de grãos. Apresenta elevado potencial de reprodução, podendo atacar trigo, milho, arroz, cevada e triticale (LORINI, 2008).

Figura 2.2 – Adulto de *Sitophilus oryzae* (LORINI, 2008)



Os adultos são gorgulhos de 2,0 a 3,5 mm de comprimento, de coloração castanho-escura, com manchas mais claras nos élitros, visíveis logo após a emergência. Tem cabeça projetada à frente, na forma de rostró curvado. Nos machos, o rostró é mais curto e grosso, e nas fêmeas, mais longo e afilado. As larvas são de coloração amarelo clara, com a cabeça de cor marrom-escura, e as pupas são brancas (MOUND, 1989; BOOTH; COX; MADGE, 1990).

O período de oviposição é de 104 dias, e o número médio de ovos por fêmea é de 282. A longevidade das fêmeas é de 140 dias. O período de incubação oscila entre três e seis dias, e o ciclo de ovo até a emergência de adultos é de 34 dias. Os danos ocorrem da redução de peso e de qualidade do grão (LORINI; SCHNEIDER, 1994).

2.3.3 *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae)

Praga também conhecida como besouro-do-fumo, *L. serricorne* (Figura 2.3) é um inseto bastante comum, pois é a principal praga do fumo armazenado. Além do fumo é capaz de causar consideráveis danos a uma grande variedade de outros produtos armazenados (MOREIRA et al., 2010).

Figura 2.3 – Adulto de *Lasioderma serricorne* (LORINI et al, 2010)



As fêmeas colocam os ovos em pequenas fendas nos fardos de fumo ou nos charutos, onde é praga originalmente importante. *L. serricornis* está aparecendo com certa frequência perfurando sementes e grãos de soja, provocando prejuízos aos armazenadores e ameaçando a qualidade do produto oferecido nos mercados interno e externo. No momento, é a maior ameaça ao armazenamento de sementes e grãos de soja (LORINI et al., 2010).

O número médio de ovos por fêmea está entre 40 e 50. As larvas têm coloração branco-leitosa e são recobertas de pelos finos. Após a eclosão, são ágeis e escavam galerias cilíndricas. Medem cerca de 4,5 mm em seu último instar. A pupa possui aproximadamente 4,0 mm de comprimento e coloração semelhante à larva de último instar. O adulto é um besouro de corpo ovalado, de coloração castanho-avermelhada, recoberto por pelos claros. O comprimento varia de 2 a 3 mm, sendo as fêmeas maiores. Suas antenas são dentadas e salientes. O ciclo completo é de 60 a 90 dias e apresenta cerca de 3 gerações por ano (LORINI et al., 2010).

Segundo Lorini et al. (2010) as larvas maiores escavam galerias e se alimentam dos produtos, como é o caso da soja armazenada. Não é capaz de atacar plantas vivas, embora ataque um grande número de produtos em depósitos, entre estes, frutos secos, papéis, tapetes, forros, grãos, farelos, farinhas, massas, biscoitos e rações.

2.3.4 *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae)

Os adultos são besouros de coloração castanho-avermelhada, medindo de 2,3 a 4,4 mm de comprimento; o corpo é achatado e possui duas depressões transversais na cabeça (Figura 2.4). As larvas são branco-amareladas, cilíndricas, medindo até 7 mm de comprimento. As fêmeas colocam de 400 a 500 ovos em fendas de paredes, na sacaria e sobre os grãos. A duração de uma geração pode ser inferior a 20 dias, em condições favoráveis (BOOTH; COX; MADGE, 1990).

Figura 2.4 – Adulto de *Tribolium castaneum* (LORINI, 2008)



É um coleóptero da família Tenebrionidae, também conhecido como besourinho-das-farinhas. É considerado uma praga secundária, pois depende do ataque de outros insetos pragas para se instalar nos grãos armazenados. Alimenta-se de grãos de várias espécies e causa prejuízos ainda maiores do que os resultantes do ataque de pragas primárias que permitiram sua instalação (LORINI, 2008).

Estes quatro insetos pragas descritos anteriormente são as de maior importância na armazenagem de trigo, soja, milho. Além destas, existem outras, que são descritas a seguir, de menor importância, mas que também causam perdas quantitativas e qualitativas em grãos armazenados.

2.3.5 *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae)

Popularmente conhecido como ligeirinho, *O. surinamensis* é um coleóptero pertencente à família Silvanidae. Os adultos são besouros alongados, achatados de coloração vermelho-escura, com comprimento variável de 1,7 a 3,3 mm. O ciclo de vida varia de 24 a 50 dias. As fêmeas fazem a postura em orifícios dos grãos ou no interior da massa de grãos, podendo colocar de 50 a 300 ovos. É uma praga secundária que ataca grãos quebrados, fendidos e restos de grãos. Pode danificar a massa de grãos, quando em grande densidade populacional. Aparece praticamente em todas as unidades armazenadoras, onde causa a deterioração dos grãos pela elevação acentuada da temperatura. É bastante tolerante a inseticidas químicos, sendo uma das primeiras espécies a colonizar a massa de grãos após aplicação desses produtos (LORINI, 2008).

2.3.6 *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae)

É um coleóptero pertencente à família Cucujidae. Os adultos são pequenos besouros de aproximadamente 2,5 mm de comprimento, de corpo achatado e antenas longas (LORINI, 2008). As posturas são realizadas na superfície ou no interior da massa de grãos. A fêmea pode ovipositar de 300 a 400 ovos durante seu ciclo de vida, que pode variar de 17 a 100 dias, dependendo da temperatura e da umidade da massa de grãos (LORINI; SCHNEIDER, 1994). É uma praga secundária que pode destruir grãos fendidos, rachados e quebrados, neles penetrando e atacando o germe. Consome grãos quebrados e restos de grãos e de farinhas, causando elevação da temperatura da massa de grãos e deterioração. Assim

como *O. surinamensis*, *C. ferrugineus* aparece em grande quantidade nos armazéns, após o tratamento com inseticida, pois é muito tolerante aos produtos químicos (LORINI, 2008).

2.3.7 *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae)

Comumente conhecida como traça-dos-cereais pertence à família Gelechiidae. Os adultos são mariposas com 10 mm a 15 mm de envergadura e 6 a 8 mm de comprimento, que vivem de 6 a 10 dias. É praga que ataca sementes intactas (primária), porém afeta mais a superfície do lote de sementes (LORINI et al., 2010). As larvas destroem o grão, alterando o peso e a qualidade. Também atacam as farinhas, nas quais se desenvolvem, causando deterioração de produto pronto para consumo (LORINI, 2008).

2.3.8 *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae)

Os adultos são mariposas com 20 mm de envergadura, com cabeça e tórax de coloração pardo-avermelhada, pertencente à família Pyralidae. É uma praga de superfície da massa de grãos, considerada primária externa. Causam prejuízos menores ao trigo e a milho armazenados a granel, pois seus danos se limitam à superfície exposta da massa de grãos. No caso de grãos armazenados em sacaria os prejuízos são mais elevados, em decorrência da maior superfície exposta. Essa praga possui uma característica de se alimentar, preferencialmente, do embrião do grão (LORINI, 2008).

2.3.9 *Ephestia kuehniella* e *E. elutella* (Lepidoptera: Pyralidae)

São pragas secundárias que pertencem à família Pyralidae. As larvas se desenvolvem sobre resíduos de grãos e de farinhas deixados pela ação de outras pragas. Seu ataque prejudica a qualidade das sementes e grãos armazenados, devido à formação de uma teia sobre a massa ou mesmo nas sacarias durante o armazenamento. Penetra no interior dos lotes de sementes e grãos, fazendo a postura nas costuras da sacaria ou “bags” (LORINI et al., 2010).

2.4 PERDAS CAUSADAS POR INSETOS PRAGAS

Entre os principais problemas que causam uma significativa perda de quantidade e qualidade de grãos, podem-se destacar aquelas ocasionadas por insetos, presença de fragmentos de insetos, presença de micotoxinas, e presença de ácaros, os quais dificultando a exportação de produtos e derivados (LORINI, 2008). Dentre os insetos de produtos armazenados, alguns consomem o grão inteiro e outros se alimentam de grãos quebrados e da poeira causando perdas qualitativas, alterando o odor e o sabor dos grãos e seus produtos (LORINI, 2008).

A presença de insetos vivos ou mortos, parte do corpo dos insetos como pernas, asas, somadas às excreções que permanecem na massa de grãos, constituem contaminantes. Essas matérias estranhas frequentemente excedem os limites de tolerância, tornando os grãos ou seus derivados impróprios para o consumo humano ou até mesmo animal (SANTOS 1993). De acordo com Puzzi (2000), os insetos podem causar perda de peso e poder germinativo das sementes, isso porque a maior parte dos insetos pragas de sementes armazenadas, quando em fase larval, ataca o endosperma, e quando mais velhos, atacam o embrião. O processo de alimentação dos insetos causa também uma considerável perda de peso e de redução de nutrientes dos grãos. Segundo Santos (1993), a simples presença do ovo, depositado no interior da semente, causou significativa redução (13%) do poder germinativo da semente em relação à testemunha não infestada, com 95% de germinação.

Os insetos, através da atividade vital decompõem a maior parte dos alimentos em gás carbônico e água, aumentando assim o teor de umidade dos grãos infestados e conseqüentemente tendo um rápido desenvolvimento de fungos (PUZZI, 2000). Os fungos mais importantes na armazenagem pertencem aos gêneros: *Aspergillus*, *Penicillium*, e *Fusarium* que são produtores de micotoxinas. Os metabólitos produzidos por certos fungos, os insetos, ácaros, fragmentos de insetos e os resíduos de pesticidas utilizados no seu controle são os principais contaminantes dos grãos armazenados. Tais organismos (fungos, insetos e ácaros) e contaminantes (micotoxinas e pesticidas), isoladamente ou associados, podem provocar grandes danos à saúde humana e de animais domésticos (SCUSSEL et al., 2008).

Para Lorini (2008), uma das alternativas para minimizar essas perdas é o “Manejo Integrado de Pragas de Grãos Armazenados” (MIPGRÃOS). Este prevê o conhecimento da unidade armazenadora, das condições em que os grãos são armazenados, limpeza e higienização, correta identificação de insetos pragas ocorrentes e os seus danos. Adicionalmente, deve-se considerar a associação de medidas preventivas e curativas de

controle de insetos pragas, conhecimento dos inseticidas recomendados, eficiência e existência de resistência de insetos pragas aos inseticidas em uso, análise econômica do custo do controle e prevenção de perdas. Outros fatores que devem ser levados em consideração é um rigoroso monitoramento de pragas, temperatura e umidade da massa de grãos.

2.5 MÉTODOS DE CONTROLE

O controle dos insetos pragas de armazenamento depende praticamente de três métodos: inseticidas químicos líquidos, inseticida natural à base de terra de diatomáceas, que constituem o tratamento preventivo, e o expurgo com o inseticida fosfina, que é o tratamento curativo (LORINI et al., 2010). Há também métodos biológicos, mas como o controle dos insetos pragas em armazéns é feito principalmente com químicos, para que não haja nenhum inseto, não haverá disponibilidade de hospedeiros para manter a população de predadores e parasitoides na massa de grãos (LORINI, 2008).

No tratamento curativo, a fumigação ou expurgo é uma técnica empregada para eliminar qualquer infestação de insetos pragas em grãos e sementes armazenadas, mediante uso de gás. Já no tratamento preventivo, existem métodos químicos e físicos. Dentre os físicos tem-se: temperatura, umidade relativa do ar, atmosfera controlada, remoção física, radiação, luz, som e uso de pós-inertes, sendo este último, bastante utilizado pelos armazenadores. O método químico consiste em aplicar inseticidas líquidos sobre os grãos na correia transportadora no momento de armazená-los (LORINI et al., 2010). Pirimiphos-methyl, fenitrothion, deltamethrin, lambdacialothrin e bifenthrin, são os inseticidas registrados para o controle desses insetos pragas (LORINI 2008).

O constante uso de inseticidas vem causando problemas como a seleção de populações resistentes, o crescimento populacional de espécies consideradas pragas ocasionais e a presença de resíduos de ingredientes ativos em grãos e seus derivados. Diante desses problemas, métodos alternativos de controle estão sendo enfatizados a fim de reduzir o uso de produtos químicos, de diminuir o potencial de exposição humana e de reduzir a velocidade e o desenvolvimento de resistência de insetos pragas a inseticidas. Já disponibilizados no mercado, os pós-inertes à base de terra de diatomáceas constituem uma alternativa para o armazenador controlar os insetos pragas durante o armazenamento, por meio do tratamento preventivo (LORINI et al., 2010).

2.5.1 Terra de Diatomáceas

Utilizados como um método alternativo aos químicos no controle de insetos pragas em grãos armazenados, os pós-inertes são classificados por Jayas, White e Muir(1995) e Banks e Fields (1995) em quatro diferentes tipos básicos: a) os naturais, como areia, silte, argila, cinzas e terra; que são utilizados como inseticidas naturais em camadas ou no topo da massa de grãos, podendo ou não ser misturados aos grãos; b) os silicatos naturais, chamados de terra de diatomácea, provenientes de fósseis de algas diatomáceas, cujo principal constituinte é a sílica, com pequenas proporções de outros minerais como alumínio, óxido de ferro, magnésio, entre outros (LORINI, 2008); c) os compostos de sílica artificiais, que são provenientes de sílica gel e a sílica aerogel, produzidas pela desidratação de uma solução aquosa de silicato de sódio e são pós muito leves, mono higroscópicos, efetivos em dosagens menores quando comparados à terra de diatomácea; d) os minerais naturais, que são pós não silicados, como o fosfato de rocha, e o hidróxido de cálcio, utilizado para a proteção de grãos destinados à alimentação animal por produtores da Austrália (BANKS; FIELDS, 1995).

O pó inerte à base de terra de diatomáceas pode ser de origem marinha ou de água doce. O preparo da terra de diatomáceas para uso comercial é feito por extração, secagem e moagem do material fóssil, dando origem a um pó seco de fina granulometria (LORINI et al., 2010).

Segundo Lorini et al. (2010), a terra de diatomáceas adere à epicutícula dos insetos por carga eletrostática e atua por abrasão da cutícula e adsorção de ceras da camada lipídica pelos cristais de sílica. Quando as moléculas de cera da camada superficial são adsorvidas pelas partículas de sílica, ocorre o rompimento da camada lipídica protetora, o que resultana evaporação dos líquidos do corpo do inseto (GOLOB, 1997; KORUNIC, 1998). Conseqüentemente, os insetos morrem por desidratação quando cerca de 60% de água ou 30% da massa corporal total é perdida. A superfície específica devido à porosidade dos esqueletos das algas diatomáceas é o que confere à terra de diatomáceas o efeito inseticida (EBELING, 1971).

A eficácia da terra de diatomáceas sobre insetos depende de diferentes características físicas e morfológicas das algas diatomáceas, pois diferentes formulações coletadas em diferentes locais, apesar de ter modo de ação similar sobre os insetos, tiveram diferenças na eficácia de controle, nas propriedades físicas e também nas espécies de algas diatomáceas que formam a terra de diatomáceas (KORUNIC, 1998). Segundo estudo realizado por Korunic (1997), várias formulações de terra de diatomáceas marinhas e de água

doce foram coletadas de diferentes depósitos ao redor do mundo, e uma grande diferença na eficácia contra *S. oryzae* e *T. castaneum* foi descoberta entre estas.

Características como, distribuição uniforme de tamanho de partículas, com tamanho médio de 10µm, uma maior porcentagem de partículas com diâmetro inferior a 12µm, diatomáceas com forma plana, maior superfície ativa, alta adsorção de óleo e elevada pureza com altos conteúdos de SiO₂ amorfa, fazem com que a terra de diatomáceas seja mais ativa (KORUNIC, 1997). Pode-se mostrar o valor potencial inseticida da terra de diatomáceas pela simples análise de algumas propriedades de uma formulação. Os parâmetros de maior importância são: densidade da terra de diatomáceas; efeito da terra de diatomáceas sobre a redução da densidade volumétrica (peso hectolitro); aderência da terra de diatomáceas ao grão e conteúdo de SiO₂ (KORUNIC, 1997).

Esse efeito inseticida é afetado pela mobilidade dos insetos, pelo número e distribuição de pelos na cutícula, pelas diferenças quantitativa e qualitativas nos lipídios cuticulares das diferentes espécies de insetos, pelo tempo de exposição e pela umidade relativa do ar, fatores que influenciam a taxa de perda de água, afetando conseqüentemente a eficiência da terra de diatomáceas (ALDRYHIM, 1990; BANKS; FIELDS, 1995; EBELING, 1971; KORUNIC, 1998). O tamanho reduzido do corpo dos insetos e seus apêndices longos e delgados resultam em área de grande superfície de evaporação por unidade de volume (LORINI et al., 2010).

Os pós inertes, além de muito seguros no manuseio, não afetam a qualidade de grãos para panificação e apresentam baixa toxicidade aos mamíferos (ALDRYHIM, 1990; EBELING, 1971). Nos Estados Unidos, a terra de diatomáceas é reconhecida como segura para consumo humano e animal, sendo registrada como aditivo alimentar (BANKS; FIELDS, 1995). É também extremamente estável, não produz resíduos químicos tóxicos e não reage com outras substâncias do ambiente (KORUNIC, 1998), sendo tão eficaz quanto o tratamento com inseticidas residuais como deltametrina, clorpirifos e fosfina (SMIDERLE; CÍCERO, 1999). Além disso, a terra de diatomáceas pode ser facilmente incorporada à massa de grãos na própria correia transportadora em unidades maiores ou manualmente para quantidades menores, necessitando o uso de apenas luvas e máscara semifacial (LAZZARI, 2005). Deve-se observar que os grãos a serem tratados devem estar secos (13% de umidade) para que a umidade do grão não neutralize o efeito da terra de diatomáceas (LORINI, 1999).

Segundo trabalhos realizados por Lorini et al. (2001) e Lorini (1994, 1999), a terra de diatomáceas é muito eficiente no controle de insetos pragas de armazenamento quando misturada à massa de grãos em doses aproximadas de 1000 g t⁻¹. Sua eficácia já foi

comprovada para o controle de *R. dominica*, *Sitophilus* sp., *O. surinamensis*, *T. castaneum* e *C. ferrugineus* (LORINI; MORÁS; BECKEL, 2002).

Pinto Junior et al. (2008) constataram que as melhores respostas de mortalidade para *S. oryzae*, *O. Surinamensis* e *C. ferrugineus* são obtidas com as concentrações de terra de diatomáceas acima de 750g t^{-1} , e que o tempo de exposição e a concentração influenciam na mortalidade dos insetos, sugerindo interação entre esses dois fatores. Tal interação pode ser observada nos resultados obtidos por Lorini e Schneider (1994), que testando terra de diatomáceas nas dosagens de 500, 750 e 1000g t^{-1} , obtiveram, após sete dias de tratamento, uma eficiência de mortalidade para *S. oryzae* de 19, 87 e 100% respectivamente.

Segundo resultados obtidos por Korunic e Fields (1995) apenas 24 h foram necessárias para alcançar 100% de mortalidade de *C. ferrugineus* com 300g t^{-1} de terra de diatomáceas, enquanto que aplicando a mesma dosagem sob as mesmas condições em *T. castaneum*, foram necessários 21 dias para a obtenção de 100% de mortalidade. O que demonstra que diferentes insetos têm diferente suscetibilidade à terra de diatomáceas (FIELDS; KORUNIC, 2000).

Como a dessecação é o modo de ação, a terra de diatomáceas não controla insetos em grãos úmidos tão bem como em grãos secos (ALDRYHIM, 1993; LE PATOUREL, 1986). A alta umidade do grão e a elevada umidade relativa do ar reduzem a eficácia da terra de diatomáceas e outros pós inertes (ALDRYHIM, 1990; EBELING, 1971). Sthaters, Denniff e Golob, (2004) afirmaram que as condições de armazenamento de um produto, como temperatura e umidade relativa, influenciam na mortalidade dos insetos adultos e nas progênes, quando se utiliza a terra de diatomáceas no controle de diferentes espécies de inseto-praga.

Conforme resultados de Aldryhim (1990), sílica amorfa em pó causou redução de 100% dos descendentes de *S. granarius* em baixa umidade relativa (40%), já os *S. granarius* que deixam descendentes em umidade relativa próxima a 60%, têm significativa redução dos descendentes com o aumento das dosagens do pó. Então, segundo o mesmo autor, a dosagem deve ser aumentada em alta umidade relativa para garantir a morte dos insetos.

Em trabalho realizado por Smiderle e Cícero (1999), as duas formulações de terra de diatomáceas Insecto e Keepdry, proporcionaram 99,7% e 99,0%, de mortalidade de *Sitophilus zeamais*, porém, não foram detectados descendentes da população dos insetos avaliados, o que sugere que os produtos mesmo não tendo eficiência de 100% de mortalidade,

impediram que os insetos tivessem a capacidade de provocar danos ou mesmo postura nas sementes.

A terra de diatomáceas se apresenta como uma medida de controle alternativo que pode ser associado a outras estratégias de manejo de insetos pragas, protegendo a qualidade dos produtos, sem os problemas da resistência dos insetos aos inseticidas, de intoxicação humana e de contaminação dos produtos com resíduos químicos. Trata-se de um produto seguro para o usuário e de efeito inseticida duradouro, pois não perde eficácia ao longo do tempo. O uso de pós-inertes à base de terra de diatomáceas para controlar insetos pragas em sementes e grãos armazenados representa um avanço substancial no manejo de pragas de armazenamento, pois vem ao encontro das exigências dos usuários por produtos eficientes e que respeitem a saúde das pessoas e o ambiente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Pós-colheita de Sementes e Grãos do Núcleo Tecnológico Dr. Nilton Pereira da Costa, da Embrapa Soja, localizada em Londrina, PR, durante os anos de 2011 a 2012.

Os insetos foram provenientes da criação massal do Laboratório de Pós-colheita de Sementes e Grãos do Núcleo Tecnológico Dr. Nilton Pereira da Costa. Na criação, cada espécie recebeu dieta a base de grãos conforme sua especificidade, e foram mantidas em condições controladas de temperatura, umidade relativa e fotoperíodo. As espécies utilizadas no experimento foram adultos não sexados de *R. dominica*, *S. oryzae*, *T. castaneum* com 10 dias de idade e *L. serricornis* com cinco dias de idade.

O experimento foi realizado com grãos de soja, milho e trigo, limpos e secos, esterilizados em estufa, por 2 horas a 60°C, padronizados com 13% de umidade, e as formulações de terra de diatomáceas utilizadas foram marca comercial 01, marca comercial 02, TD GR 01, TD GR 02, TD GR 03, TD GR 04, TD GR 05, e marca comercial 03 todas na dosagem de 1500 g t⁻¹ de grãos (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Formulações e dosagens de terra de diatomáceas aplicadas em grãos de trigo, soja e milho armazenados visando o controle das pragas *Rhizopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, *Lasioderma serricorne* e *Tribolium castaneum*

Formulação	Concentração de dióxido de sílica (g i.a. kg ⁻¹)	Dosagem	
		(g i.a. t ⁻¹)	(g P.C. t ⁻¹)
1-Terra de diatomáceas – MC 01	860	1290	1500
2-Terra de diatomáceas – MC 02	867	1300,5	1500
3-Terra de diatomáceas – TD GR 01	860*	1290	1500
4-Terra de diatomáceas – TD GR 02	860*	1290	1500
5-Terra de diatomáceas – TD GR 03	860*	1290	1500
6-Terra de diatomáceas – TD GR 04	860*	1290	1500
7-Terra de diatomáceas – TD GR 05	860*	1290	1500
8-Terra de diatomáceas – MC 03	900	1350	1500
9-Testemunha (sem tratamento)	-	-	-

MC= marca comercial, TD GR= terra de diatomáceas granulometria, i.a.= ingrediente ativo, P.C. = Produto Comercial,* Concentração estimada.

A marca comercial 01 é composta por dióxido de sílica com concentração de 860 g kg⁻¹, registrada na Secretaria de Defesa Agropecuária/Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, para tratamento de grãos armazenados. A marca comercial 02 é composta por dióxido de sílica com concentração de 867 g kg⁻¹, registrada na Secretaria de Defesa/Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, para tratamento de grãos armazenados. A marca comercial 03 é composta por dióxido de silício calcinado 90 g kg⁻¹ e silicato de cálcio 10 g kg⁻¹, registrada no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. As formulações TD GR 01 a TD GR 05 são compostas de amostras de terra de diatomáceas, com variação de concentração de dióxido de sílica, provenientes de lagoas da costa marítima do nordeste brasileiro, e com potencial para tratamento de grãos armazenados.

Análises granulométricas das diferentes amostras de terra de diatomáceas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa em Petróleo (LAPET), do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário s/n; Lagoa Nova; Natal, RN. Para a análise granulométrica utilizou-se menos de um g de cada amostra, em uma

concentração média de 150 mg/L, e como solvente utilizou-se água. As amostras foram analisadas em um granulômetro a laser da marca Cilas, modelo 1064L, à temperatura ambiente.

Amostras de cada formulação de terra de diatomáceas foram levadas ao laboratório de Física Nuclear Aplicada da Universidade Estadual de Londrina (UEL) para caracterizar e quantificar os elementos das amostras, utilizando-se o Espectrômetro de fluorescência de raios X, modelo EDX-720 da Shimadzu Co.

Os três experimentos foram realizados separadamente para trigo, para milho e para soja, em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Para o tratamento dos grãos com as formulações, cada parcela experimental foi constituída de 1,0 kg de grãos, colocados em um saco plástico de 10 l de capacidade, aplicada a dosagem de terra de diatomáceas (Tabela 3.1) e homogeneizado manualmente por dois minutos. Posteriormente, os grãos tratados de cada parcela foram colocados em sacos de tecido de 5,0 kg de capacidade e mantidos em uma câmara de armazenamento, com controle de temperatura e umidade relativa do ar de 25 ± 1 °C e $60 \pm 5\%$, respectivamente, durante 120 dias.

Um dia após o tratamento dos grãos, foram coletadas três amostras de 50g de cada parcela experimental, e colocadas em frascos individualizados de 100 ml de capacidade. Uma amostra foi infestada com 20 insetos adultos de *L. serricorne*, a segunda amostra infestada com 20 insetos adultos de *T. castaneum*, e a terceira amostra infestada com 20 insetos adultos de *R. dominica* + 20 insetos adultos de *S. oryzae*.

Os frascos foram fechados com tecido organza e atilhos de borracha para possibilitar a troca de oxigênio. O experimento foi mantido em sala climatizada, com controle de temperatura e umidade relativa do ar de 25 ± 1 °C e $60 \pm 5\%$, respectivamente. Após 120 dias do tratamento dos grãos, foi repetida a infestação (conforme acima descrito) para verificar o efeito residual inseticida ao longo do período de armazenamento.

A avaliação da mortalidade dos adultos de *T. castaneum*, *S. oryzae* e *R. dominica* foi realizada 10 dias após a infestação, e a de *L. serricorne* foi realizada sete dias após a infestação, mediante peneiragem de grãos e contagem do número de insetos mortos em cada frasco. Este tempo de avaliação diferenciado é devido ao ciclo de vida da espécie e o tempo necessário de exposição da praga para a avaliação da mortalidade, conforme definido no trabalho de Rossato, Lorini e Ferri, 2012. Nesta avaliação, os insetos vivos e mortos de cada frasco foram retirados, e este mantido por mais 50 dias na sala climatizada para emergência da possível progênie. Após este período os grãos foram novamente peneirados para contagem do número de insetos adultos que emergiram.

Foram também realizadas imagens de microscopia eletrônica de varredura no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Micro análise da Universidade Estadual de Londrina de cada formulação de terra de diatomáceas usada no experimento, e dos insetos com o corpo coberto pelo inseticida após deslocamento nos grãos tratados, além da comparação destes sem o inseticida com o microscópio eletrônico de varredura modelo Quanta 200 - FEI da Philips.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de significância F ($p \leq 0,05$). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para todas as análises estatísticas, foi utilizado o software estatístico SASM - Agri (CANTERI et al., 2001), e o cálculo de percentagem de mortalidade realizado pela fórmula de Abbott (1925).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS TERRAS DE DIATOMÁCEAS

Nos itens a seguir serão apresentados os resultados da análise granulométrica e de composição química das formulações de terra de diatomáceas estudadas, características importantes para determinar a eficácia de uma formulação de terra de diatomáceas sobre os insetos pragas.

4.1.1 Análise Granulométrica das Formulações de Terra de Diatomáceas

O resultado da análise granulométrica das amostras de terra de diatomáceas apresentou variações de tamanho de partículas entre as formulações. Considerando o diâmetro a 50% em micrometro (μm), a formulação que possui menor tamanho é a TD GR 05, pois 50% de suas partículas tem diâmetro inferior a $10,42\mu\text{m}$. A marca comercial 03 tem 50% de suas partículas menores que $10,70\mu\text{m}$, seguida da formulação TD GR 01, e a marca comercial 01, com diâmetros menores que $11,83\mu\text{m}$ e $12,06\mu\text{m}$ respectivamente. Partículas de tamanho maior foram encontradas nas formulações TD GR 03 ($12,98\mu\text{m}$), TD GR 04 ($13,01\mu\text{m}$), marca comercial 02 ($13,15\mu\text{m}$) e TD GR 02 ($13,19\mu\text{m}$) (Tabela 4.1, Figura 4.1).

Observando o diâmetro a 90% das partículas, a formulação TD GR 02 possui 90% das partículas com diâmetro inferior a $28,72\mu\text{m}$, seguido da formulação TD GR 05 com 90% de suas partículas menores que $28,73\mu\text{m}$. A marca comercial 02, TD GR 01 e a marca comercial 03 têm 90% de suas partículas com diâmetro inferior a $28,78\mu\text{m}$, $29,65\mu\text{m}$ e $29,40\mu\text{m}$ respectivamente. A marca comercial 01, TD GR 04 e TD GR 03 apresentaram 90% das partículas com diâmetro inferior a $31,51\mu\text{m}$, $36,58\mu\text{m}$ e $36,69\mu\text{m}$, respectivamente (Tabela 4.1, Figura 4.1).

Em relação ao diâmetro médio das partículas, a formulação TD GR 05 apresentou o menor tamanho com $12,72\mu\text{m}$, seguida da marca comercial 03 com $13,56\mu\text{m}$, TD GR 01 com $14,11\mu\text{m}$, marca comercial 01 com $14,76\mu\text{m}$, marca comercial 02 com $14,90\mu\text{m}$, TD GR 02 com $14,90\mu\text{m}$, TD GR 04 com $16,39\mu\text{m}$ e TD GR 03 com $16,43\mu\text{m}$ (Tabela 4.1, Figura 4.1).

Tabela 4.1 – Resultado da análise granulométrica ¹ (diâmetro em μm) das diferentes amostras de terra de diatomáceas utilizadas no experimento. Londrina, PR 2012

Formulações e Dosagens	Diâmetro a 10% (μm)	Diâmetro a 50% (μm)	Diâmetro a 90% (μm)	Diâmetro médio (μm)
MC 01 a 1290g i.a.t ⁻¹	2,44	12,06	31,51	14,76
MC 02 a 1300,5 g i.a.t ⁻¹	3,61	13,15	28,78	14,90
TD GR 01 a 1290 g i.a.t ⁻¹	2,21	11,83	29,65	14,11
TD GR 02 a 1290 g i.a.t ⁻¹	3,59	13,19	28,72	14,90
TD GR 03 a 1290 g i.a.t ⁻¹	2,43	12,98	36,69	16,43
TD GR 04 a 1290 g i.a.t ⁻¹	2,51	13,01	36,58	16,39
TD GR 05 a 1290 g i.a.t ⁻¹	2,29	10,42	28,73	12,72
MC 03 a 1350 g i.a. t ⁻¹	2,24	10,70	29,40	13,56

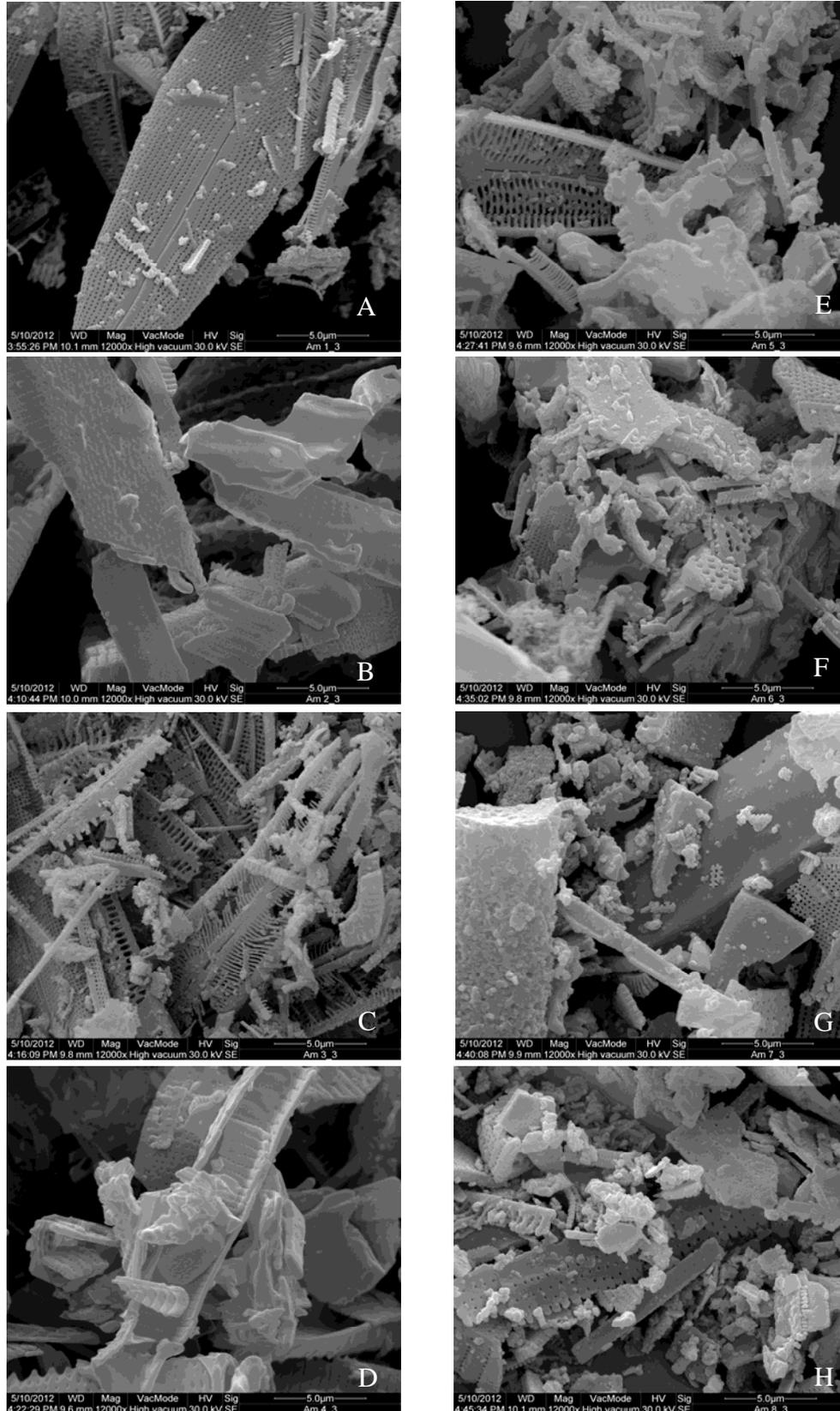
¹ Análises realizadas no Laboratório de Pesquisa em Petróleo (LAPET), do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário s/n; Lagoa Nova; Natal/RN.

Segundo Korunic (1997), resultados indicam que embora a distribuição do tamanho de partículas em certa variação (tamanho médio de partícula em torno de 2 a 20 μm) é citada em referências como uma importante propriedade da terra de diatomáceas afetando a atividade inseticida, isto não pode ser usado para prever o valor inseticida de diferentes formulações de terra de diatomáceas.

Conforme estudo realizado pelo mesmo autor, os resultados melhores foram obtidos com partícula de até 2 μm , porém diferentes frações de terra de diatomáceas com partículas variando de 1 a 196 μm produziram o mesmo resultado. Contudo, as formulações de terra de diatomáceas são mais ativas se tiverem as seguintes propriedades: distribuição uniforme de tamanho de partículas, tamanho médio de 10 μm , maior porcentagem de partículas com diâmetro inferior a 12 μm , diatomáceas com forma plana, maior superfície ativa, alta adsorção de óleo e elevada pureza com altos conteúdos de SiO_2 amorfa (KORUNIC, 1997).

Tais propriedades também foram citadas por Quarles (1992), que diz que, idealmente ativos de terra de diatomáceas deveriam ter um alto conteúdo de SiO_2 com um tamanho de partículas uniformes (menos de 10 μm de diâmetro), e conter pouca argila e outras impurezas.

Figura 4.1 – Fotografias por microscopia eletrônica de varredura das oito formulações de terra de diatomáceas em aumento de 12.000X. (A) marca comercial 01, (B) marca comercial 02, (C) TD GR 01, (D) TD GR 02, (E) TD GR 03, (F) TD GR 04, (G) TD GR 05, (H) marca comercial 03. Londrina, PR. 2012



4.1.2 Composição Química das Formulações das Terra de Diatomáceas

Os resultados das análises de composição química das formulações de terra de diatomáceas, mostram que a formulação que apresentou maior quantidade de dióxido de sílica (SiO_2) foi TD GR 04 com 93,5%, seguido da formulação TD GR 05 que apresentou 93,166% de SiO_2 . TD GR 03, a marca comercial 01, marca comercial 03 apresentaram 91,825%, 89,783% e 88,9% de dióxido de sílica respectivamente, enquanto que TD GR 01 possui 87,298% de SiO_2 em sua formulação e TD GR 02 e marca comercial 02 possuem 85,686% e 84,322 de SiO_2 respectivamente (Tabela 4.2).

Outro elemento encontrado nas análises de composição química foi o óxido de alumínio (Al_2O_3). A marca comercial 02 apresentou maior quantidade 11,849%, seguido de TD GR 02, TD GR 01 e a marca comercial 01, com 10,712%, 10,317% e 8,158% de Al_2O_3 respectivamente. A marca comercial 03 apresentou 8,014% de Al_2O_3 , TD GR 03, TD GR 05 e TD GR 04 foram as que apresentaram menor quantidade de Al_2O_3 , com 4,776%, 4,254% e 3,666% respectivamente (Tabela 4.2).

O óxido de ferro também foi encontrado nas análises de composição química, porém em menor quantidade que SiO_2 e Al_2O_3 . A formulação TD GR 03 foi a que apresentou maior quantidade de Fe_2O_3 com 1,748%, seguido das formulações TD GR 02 e a marca comercial 02 com 1,246% e 1,212% respectivamente. TD GR 04 tem em sua composição 1,184% de Fe_2O_3 , TD GR 01 possui 1,108% e a marca comercial 03, 1,050%. A marca comercial 01 (0,844%) e TD GR 05 (0,821%) foram as formulações que apresentaram menor quantidade de Fe_2O_3 em suas composições (Tabela 4.2).

A marca comercial 03 foi a que apresentou em sua composição a maior quantidade de óxido de enxofre (SO_3) com 0,509%, e TD GR 01 a maior percentagem de dióxido de titânio (TiO_2) com 0,525%. A maior quantidade de óxido de cálcio (CaO), óxido de bário (BaO), e óxido de potássio (K_2O) foram encontradas nas formulações TD GR 05 (1,103%), TD GR 04 (0,238%) e marca comercial 02 (1,757%) respectivamente (Tabela 4.2).

Os elementos óxido de estrôncio (SrO), dióxido de zircônio (ZrO_2), óxido de rubídio (Rb_2O), trióxido de arsênio (As_2O_3), óxido de cobre (CuO) e o óxido de cromo (Cr_2O_3) foram encontrados somente em algumas formulações de terra de diatomáceas, e em quantidades inferiores dos demais elementos (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Resultado da análise¹ da composição química das diferentes formulações de terra de diatomáceas utilizadas no experimento. Londrina, PR 2012

Formulações e Dosagens	Elementos da Composição Química (%)													
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	TiO ₂	CaO	BaO	K ₂ O	SrO	ZrO ₂	Rb ₂ O	As ₂ O ₃	CuO	Cr ₂ O ₃
MC 01 a 1290 g i.a.t ⁻¹	89,783	8,158	0,844	0,341	0,350	0,322	0,142	0,057	0,003					
MC 02 a 1300,5 g i.a.t ⁻¹	84,322	11,849	1,212	0,196	0,333	0,247	0,064	1,757		0,014	0,007			
TD GR 01 a 1290 g i.a.t ⁻¹	87,298	10,317	1,108	0,374	0,525	0,171	0,169	0,035				0,004		
TD GR 02 a 1290 g i.a.t ⁻¹	85,686	10,712	1,246		0,326	0,272	0,099	1,653			0,007			
TD GR 03 a 1290 g i.a.t ⁻¹	91,825	4,776	1,748	0,354	0,330	0,821		0,129	0,009	0,008				
TD GR 04 a 1290 g i.a.t ⁻¹	93,500	3,666	1,184	0,345	0,041	0,870	0,238	0,137	0,008				0,011	
TD GR 05 a 1290 g i.a.t ⁻¹	93,166	4,254	0,821	0,424	0,153	1,103		0,075	0,005					
MC 03 a 1350 g i.a.t ⁻¹	88,900	8,014	1,050	0,509	0,274	0,989	0,129	0,116						0,018

¹ Análise realizada no Laboratório de Física Nuclear Aplicada (LFNA) da Universidade Estadual de Londrina.

Segundo Junior et al. (2008) há diversos fatores que afetam a eficácia inseticida da terra de diatomácea aplicada em grãos armazenados, pois diferentes formulações e origens, por exemplo, apresentam variação em toxicidade e em características físicas que afetam sua eficácia, assim como pode-se observar as variações nas características físico químicas das formulações estudadas neste trabalho. Da mesma forma, diferentes espécies de insetos variam quanto à sua suscetibilidade ao produto.

A eficácia da terra de diatomáceas sobre insetos depende de diferentes características físicas e morfológicas das algas diatomáceas, pois segundo Korunic (1998), diferentes formulações coletadas em diferentes locais, apesar de ter modo de ação similar sobre os insetos, apresentaram diferenças na eficácia de controle, nas propriedades físicas e nas espécies de algas diatomáceas que formam a terra de diatomáceas. Segundo estudo realizado por Korunic (1997), várias formulações de terra de diatomáceas marinhas e de água doce foram coletadas de diferentes depósitos ao redor do mundo, e uma grande diferença na eficácia contra *S. oryzae* e *T. castaneum* foi descoberta entre estas.

Da mesma forma que foram encontradas diferenças na composição físico química das formulações estudadas neste trabalho, Korunic (1997; 1998), relata que formulações de terra de diatomáceas de diferentes locais geográficos, ou mesmo da mesma localização tem diferentes propriedades físicas e químicas (conteúdo de dióxido de sílica, adsorção de óleo, tamanho de partículas e ph) que são correlacionados com sua eficácia inseticida em insetos pragas de produtos armazenados.

4.2 EFEITO INSETICIDA DAS FORMULAÇÕES DE TERRA DE DIATOMÁCEAS

4.2.1 Mortalidade de *Rhizopertha dominica*

A mortalidade de *R. dominica* um dia após o tratamento (DAT) em trigo foi significativamente superior a testemunha em todos os tratamentos. Marca comercial 01, TD GR 01 e a marca comercial 03, foram semelhantes entre si, porém significativamente superior a marca comercial 02, TD GR 02, TD GR 03, TD GR 04, TD GR 05 (Tabela 4.3). A progênie de *R. dominica* em trigo apresentou elevado número de insetos adultos, demonstrando dificuldades das formulações em proteger totalmente o grão contra o ataque dos insetos. A marca comercial 01, TD GR 01, TD GR 03, TD GR 05 e marca comercial 03, produziram o menor número de insetos adultos na progênie, semelhantes entre si e do

tratamento testemunha, porém significativamente superiores à marca comercial 02, porém este último não diferiu estatisticamente de TD GR 02 e TD GR 04 (Tabela 4.3).

Aos 120 dias após o tratamento a mortalidade de *R. dominica* em trigo foi significativamente superior a testemunha em todos os tratamentos exceto na marca comercial 02, o qual não diferiu estatisticamente de TD GR 02, TD GR 03 e TD GR 04 sendo estas duas ultimas semelhantes a TD GR 05 (Tabela 4.3).

Kavallieratos et al. (2005) relatam que houve considerável diferença na eficácia das terra de diatomáceas SilicoSec e Insecto entre oito espécies de grãos em adultos de *R. dominica*, e a produção de progênie foi notavelmente suprimida pela aplicação de terra de diatomáceas em comparação com a testemunha sem terra de diatomáceas. E mesmo que o desenvolvimento de progênie não tenha sido totalmente suprimida, os autores sugerem que o baixo número de descendentes produzidos, e a contínua presença de terra de diatomáceas na massa de grãos pode lentamente eliminar a população de *R. dominica*. O mesmo não foi observado nos resultados obtidos neste trabalho, pois as formulações de terra de diatomáceas não foram capazes de suprimir a produção da progênie.

Em soja, na infestação realizada um dia após tratamento dos grãos a mortalidade de *R. dominica* em todos os tratamentos foi significativamente superior ao tratamento testemunha, evidenciando efeito de mortalidade da praga (Tabela 4.3). Porém o tratamento testemunha apresentou elevada mortalidade dos insetos, havendo uma dificuldade destes sobreviverem neste grão. É possível que a soja apresente alguma substancia nociva para estes insetos, uma vez que em trigo e em milho se desenvolvem normalmente. Em relação à progênie, não houve presença de insetos adultos nos tratamentos, sendo estes semelhantes à testemunha (Tabela 4.3).

Aos 120 dias após o tratamento a mortalidade dos insetos foi semelhante entre si em todos os tratamentos inclusive na testemunha. O desenvolvimento de progênie foi praticamente desprezível tendo o aparecimento de apenas um inseto na marca comercial 02, TD GR 01 e marca comercial 03 (Tabela 4.3).

Para *R. dominica* em milho na infestação realizada um dia após o tratamento, pode-se observar que a mortalidade dos insetos em todos os tratamentos com as formulações de terra de diatomáceas foi semelhante entre si, exceto a marca comercial 02 que foi significativamente inferior, e todos superiores ao tratamento testemunha (Tabela 4.3). Por sua vez, a marca comercial 02 foi significativamente semelhante a TD GR 02, TD GR 04 e TD GR 05. Na maioria dos tratamentos houve a presença de insetos adultos na progênie, porém todos foram semelhantes à testemunha, demonstrando assim, que não houve total

controle dos insetos, pois permitiu a ocorrência de uma nova geração, mesmo com poucos insetos (Tabela 4.3).

Na avaliação de 120 dias após o tratamento, a mortalidade de *R. Dominica* em milho em todas as formulações foi semelhante entre si e significativamente superiores a testemunha (Tabela 4.3). Em todos os tratamentos houve presença de insetos adultos na progênie sendo significativamente diferente da testemunha, com exceção de TD GR 04 que foi semelhante (Tabela 4.3).

4.2.2 Mortalidade de *Sitophilus oryzae*

Na mortalidade de *S. oryzae* a um dia após o tratamento em trigo, a marca comercial 01, TD GR 01, TD GR 03, TD GR 05 e a marca comercial 03 apresentaram resultados significativamente semelhante entre si e superiores a marca comercial 02, TD GR 02 e TD GR 04, e a testemunha (Tabela 4.4). Na progênie, todos os tratamentos apresentaram insetos adultos e foram significativamente diferentes da testemunha, produzindo numericamente poucos insetos adultos (Tabela 4.4). Tais resultados evidenciam que as formulações foram eficazes no controle dos insetos, mas não impediram a ocorrência de uma nova geração.

Lorini e Beckel (2006) encontraram 100% de mortalidade de *S. oryzae* em trigo tratado tanto com as formulações de terra de diatomáceas Keepdry como com Insecto depois de 20 dias de infestação, não havendo diferença significativa entre as duas formulações, as quais se comparam aos resultados das formulações estudadas neste trabalho como marca comercial 01, TD GR 01, TD GR 03, TD GR 05 e marca comercial 03 no tratamento de trigo para controle de *S. oryzae*.

Aos 120 dias após o tratamento de trigo, a mortalidade de *S. oryzae* foi significativamente superior à testemunha em todos os tratamentos, porém marca comercial 01 e TD GR 01 apresentaram resultados significativamente superiores a marca comercial 02, TD GR 02 e TD GR 04 e TD GR 05, porém semelhantes a TD GR 03 e a marca comercial 03 (Tabela 4.4). Na progênie, houve presença de insetos adultos em todos os tratamentos, porém estes foram significativamente diferentes da testemunha, com número reduzido de adultos.

Segundo Arthur (2002), a exposição de 10, 20 e 30 adultos não sexados de *S. oryzae* por sete dias em trigo tratado com 300gt⁻¹ de Protect-It, causou 100% de mortalidade, no entanto, o número de adultos produzidos na progênie em cada nível de

densidade em trigo mantido a 27°C e 57% de umidade relativa foi, 32, 85,8 e 83,7, em cada nível de densidade respectivamente. O mesmo pode ser observado nos resultados da marca comercial 01 e TD GR 01, que também apresentaram 100% de mortalidade dos insetos e mesmo assim houveram insetos adultos na progênie (Tabela 4.4).

Pinto Junior et al. (2008) constataram que as melhores respostas de mortalidade para *S. oryzae*, *O. surinamensis* e *C. ferrugineus*, são obtidas com as concentrações de terra de diatomáceas acima de 750 g t⁻¹, e que o tempo de exposição e a concentração influenciam na mortalidade dos insetos, sugerindo interação entre esses dois fatores. Tal interação pode ser observada nos resultados obtidos por Lorini e Schneider (1994) que testando terra de diatomáceas nas dosagens de 500, 750 e 1000 g t⁻¹, obtiveram, após sete dias de tratamento, uma eficiência de mortalidade para *S. oryzae* de 19, 87 e 100% respectivamente.

Conforme resultados de Aldryhim (1990), sílica amorfa em pó causou redução de 100% dos descendentes de *S. granarius* em baixa umidade relativa de 40%, já os insetos que deixam descendentes em alta umidade relativa, como 60%, têm significativa redução dos descendentes com o aumento das dosagens do pó. Este autor sugere aumentar a dosagem do pó inerte em alta umidade relativa para garantir a morte dos insetos.

Um dos fatores que parecem ser cruciais para o efeito inseticida da terra de diatomáceas é a espécie de grão, pois as formulações de terra de diatomáceas não são igualmente eficazes contra insetos pragas de grãos armazenados em diferentes grãos (Athanassiou et al., 2003; Vayias; Athanassiou, 2004; Athanassiou, Kavallieratos, 2005; Kavallieratos et al., 2005). O que pode ser observado nos resultados de mortalidade encontrados neste trabalho para *S. oryzae* que variam de um grão para outro.

Athanassiou et al. (2005) examinando a persistência das terras de diatomáceas Insecto, PyriSec e SilicoSec sobre *S. oryzae* encontrou níveis de eficácia diferentes entre trigo e cevada. Também de acordo com Athanassiou et al (2003) a eficácia é geralmente menor em milho do que em outros grãos.

Esta diferença entre grãos também foi observada por Athanassiou et al. (2008), onde *S. oryzae* foi sempre mais tolerante em milho do que em trigo ou cevada.

Para soja na infestação realizada um dia após o tratamento, o controle de *S. oryzae* foi significativamente superior à testemunha e de 100% de mortalidade em todos os tratamentos (Tabela 4.4). A mortalidade dos insetos na testemunha foi elevada, similar ao que ocorreu para *R. dominica*, demonstrando também, uma dificuldade do *S. oryzae* sobreviver em soja e que possivelmente este grão apresente alguma substância nociva para estes insetos.

O número de insetos adultos na progênie foi zero, exceto TD GR 04 que apresentou um inseto adulto, porém não houve diferença estatística entre os tratamentos e a testemunha (Tabela 4.4). Aos 120 dias após o tratamento, a mortalidade de *S. oryzae* em todos os tratamentos foi de 100%, não diferindo da testemunha que também apresentou elevada mortalidade, o que não permitiu a ocorrência de insetos na progênie.

A mortalidade de *S. oryzae* em milho a um dia após tratamento, em todas as formulações foi significativamente superior à testemunha. A marca comercial 01, TD GR 01, TD GR 03 e a marca comercial 03, foram significativamente superiores a marca comercial 02, porém semelhantes a TD GR 02, TD GR 04 e TD GR 05 (Tabela 4.4). O número de insetos adultos na progênie em todos os tratamentos foi semelhante à testemunha, exceto para TD GR 01, e este semelhante aos demais tratamentos (Tabela 4.4).

A mortalidade aos 120 dias após o tratamento de *S. oryzae* em milho foi significativamente superior a testemunha somente no tratamento TD GR 01, e os demais tratamentos foram semelhantes a esta. Na progênie, em todos os tratamentos houve presença de insetos adultos sendo significativamente semelhantes à testemunha (Tabela 4.4).

Tais resultados tanto a um quanto a 120 dias após o tratamento não estão de acordo com Smiderle e Cícero (1999), onde as duas formulações de terra de diatomáceas Insecto e Keepdry proporcionaram 99,7% e 99,0%, de mortalidade de *Sitophilus zeamais*, porém, não foram detectados descendentes da população dos insetos avaliados o que sugere que os produtos mesmo não tendo eficiência de 100% de mortalidade, impediram que os insetos tivessem a capacidade de provocar danos ou mesmo postura nas sementes.

4.2.3 Mortalidade de *Tribolium castaneum*

Para *T. castaneum* em trigo a um dia após o tratamento, a marca comercial 01, TD GR 01 e marca comercial 03 foram significativamente superiores à testemunha e os demais tratamentos, porém não diferiram entre si. Os tratamentos TD GR 03, TD GR 04 e TD GR 05 não foram significativamente diferentes entre si, mas superiores a TD GR 02 (Tabela 4.5). Na progênie apenas as marcas comerciais 01 e 02, e a testemunha permitiram o aparecimento de insetos adultos da praga em número reduzido. Todas as formulações foram estatisticamente superiores a testemunha, exceto a marca comercial 01 que foi semelhante a esta (Tabela 4.5).

Aos 120 dias após o tratamento do trigo a mortalidade de *T. castaneum* foi significativamente superior à testemunha em todos os tratamentos. A marca comercial 01, TD

GR 01, marca comercial 03e TD GR 05 a foram estatisticamente semelhantes entre si e superiores aos demais tratamentos, sendo este último semelhante também à TD GR 03. TD GR 03, TD GR 04, TD GR 02 e marca comercial 02 não diferiram significativamente entre si (Tabela 4.5). Na progênie não houve presença de insetos adultos emergidos.

A larva de *T. castaneum* se mostrou mais sensível a terra de diatomáceas SilicoSec do que os insetos adultos, no entanto este efeito é determinado pelo estágio larval, pois larvas mais novas são significativamente mais suscetíveis do que aquelas mais velhas e esta diferença foi observada depois de sete dias de exposição (SHAYESTED; ZIAEE, 2007). Ainda conforme os mesmos autores, com os adultos de *T. castaneum* sendo mais tolerantes do que as larvas, podem sobreviver a taxas de aplicação e intervalos de exposição que são letais para todos os estágios larvais. Neste trabalho não foi avaliado efeito sobre larvas de *T. castaneum*, porém houve alta eficácia sobre adultos nas três espécies de grãos estudadas.

Segundo resultados obtidos por Korunic e Fields (1995) apenas 24 h foram necessárias para alcançar 100% de mortalidade de *C. ferrugineus* com 300 g t⁻¹ de terra de diatomáceas, enquanto que aplicando a mesma dosagem sob as mesmas condições em *T. castaneum*, foram necessários 21 dias para a obtenção de 100% de mortalidade. O que demonstra que diferentes insetos têm diferente suscetibilidade à terra de diatomáceas (FIELDS; KORUNIC, 2000).

Em estudo realizado por Arnaud et al. (2005), com diferentes formulações de terra de diatomáceas a 1000g t⁻¹ de trigo e diferentes populações de *T. castaneum*, depois de 21 dias foram encontrados adultos vivos de *T. castaneum* nas formulações Dryacide, Insecto e Perma-Guard. Conforme estes autores, as formulações mais eficientes foram Protect-It e Insecto, e tal eficácia poderia ser explicada pelo tamanho das partículas menor do que as demais formulações utilizadas, porém os autores ainda citam que o tamanho de partícula em si, não é suficiente para explicar a diferença de eficácia entre formulações de terra de diatomáceas.

O resultado não está de acordo com Lorini e Beckel (2006) que depois de 20 dias encontraram 100% de mortalidade para *T. castaneum* tanto em trigo tratado com Keepdry quanto com Insecto a 1000g t⁻¹.

Insetos de produtos armazenados apresentam uma ampla faixa de suscetibilidade a terra de diatomáceas (ALDRYHIM, 1990, 1993). Fields e Korunic (2000) relatam que *T. castaneum* teve notavelmente menos terra de diatomáceas aderida a sua cutícula do que outros insetos pragas de armazenamento, sendo a espécie mais tolerante a

terra de diatomáceas, e que assim, a taxa de aplicação para *T. castaneum* pode ser usada para controlar infestações de outros insetos pragas de grãos armazenados.

Na soja a um dia após tratamento, o controle de *T. castaneum* em todos os tratamentos também foi significativamente superior à testemunha. As marcas comerciais 01 e 03 e TD GR 01 apresentaram eficiência de mortalidade de 100%, não diferindo estatisticamente de TD GR 05 e TD GR 04, que apresentaram 90,79% e 81,58% de mortalidade, respectivamente. TD GR 03, TD GR 02 e marca comercial 02 não diferiram estatisticamente entre si. Em todos os tratamentos com terra de diatomáceas não houve presença de insetos adultos na progênie, apenas na testemunha, embora todos os tratamentos não diferiram significativamente entre si (Tabela 4.5).

Com 120 dias após o tratamento de soja a mortalidade de *T. castaneum* na marca comercial 01, TD GR 01, marca comercial 03, TD GR 03 e TD GR 05 foram estatisticamente semelhantes entre si, e estes dois últimos também não diferiram significativamente da marca comercial 02, TD GR 02 e TD GR 04, sendo todos os tratamentos superiores à testemunha (Tabela 4.5). Não houve emergência de adultos na maioria dos tratamentos, inclusive na testemunha, sendo que todos foram estatisticamente semelhantes entre si.

Os resultados para *T. castaneum* em milho a um dia após o tratamento (Tabela 4.5), mostram que todas as formulações foram significativamente superiores à testemunha. Com 96% de eficiência de mortalidade, TD GR 01, não diferiu estatisticamente das marcas comerciais 01 e 03, TD GR 02 e TD GR 03, porém foi significativamente superior a TD GR 04 com 25,3% de eficiência de mortalidade. A marca comercial 02 obteve 54,4% de eficiência de mortalidade e TD GR 05 com 44,3% de eficiência de mortalidade, não diferiram entre si e foram semelhantes à TD GR 03 e TD GR 02. Na progênie, não houve presença de insetos adultos na maioria dos tratamentos e na testemunha, sendo todos estatisticamente semelhantes entre si (Tabela 4.5).

A mortalidade de *T. castaneum* em milho aos 120 dias após o tratamento foi superior nos tratamentos em relação à testemunha somente nas marcas comerciais 01 e 02, TD GR 01, TD GR 03 e na marca comercial 03, porém estes foram semelhantes a TD GR 02, TD GR 04 e a TD GR 05, que não diferiram significativamente do tratamentos testemunha (Tabela 4.5). Para os resultados da progênie, não houve insetos adultos na maioria dos tratamentos, sendo todos estatisticamente semelhantes entre si e a testemunha (Tabela 4.5).

4.2.4 Mortalidade de *Lasioderma serricorne*

O controle de *L. serricorne* um dia após tratamentotanto em trigo, como em soja e milho foi eficaz em todos os tratamentos que não diferiram entre si, e foram significativamente superiores a testemunha nos três grãos. A progênie de *L. serricorne* em trigo não apresentou insetos adultos nas marcas comerciais 01 e 02, os quais foram semelhantes à TD GR 01, marca comercial 03e da testemunha, que apresentaram número reduzido de adultos. TD GR 05, TD GR 04 e TD GR 02não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram os maiores números de adultos no tratamento 60 dias após a infestação (Tabela 4.6). Em milho, houveram poucos insetos adultos na progênie em todos os tratamentos, que foram iguais entre si e superiores a testemunha, demonstrando eficiência no controle deste inseto. O mesmo ocorreu em soja, onde o número de insetos adultos na progênie foi próximo de zero em todos os tratamentos que também foram iguais entre si, e a testemunha (Tabela 4.6).

Aos 120 dias após o tratamento, a mortalidade de *L. serricorne* tanto em trigo, soja e milho também foi eficaz em todos os tratamentos, não havendo diferença significativa entre eles, sendo todos superiores à testemunha nos três grãos. Na progênie aos 120 dias após o tratamento em trigo, houveram poucos insetos adultos emergidos nos tratamentos, não diferindo entre si, porém foram significativamente diferentes da testemunha. Em soja, aos 120 dias após o tratamento não houve adultos de *L. serricorne* emergidos em praticamente todos os tratamentos, não diferindo estatisticamente entre si, sendo todos significativamente diferentes da testemunha (Tabela 4.6).

O número de insetos adultos emergidos em milho aos 120 dias após o tratamento foi menor no tratamento TD GR 03, porém não diferindo significativamente dos tratamentos marca comercial 01 e 02, TD GR 01, TD GR 04,TD GR 05 e marca comercial 03. Todos os tratamentos foram significativamente superiores a testemunha na redução da progênie (Tabela 4.6).

Tabela 4.3 – Mortalidade (número) de *Rhyzopertha dominica* em trigo, soja e milho armazenados, tratados com formulações de terra de diatomáceas (TD). Infestação realizada um e 120 dias após o tratamento dos grãos. Londrina, PR. 2012.

Formulação de Terra de Diatomáceas/Dosagem	TRIGO				SOJA				MILHO			
	1 DAT		120 DAT		1 DAT		120 DAT		1DAT		120 DAT	
	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²
MC 01 a 1290 g i.a. t ⁻¹	17,25 a	12,25 c	19,75 a	7,00 d	20,00 a	0,00 a	20,00 a	0,00 a	18,50 a	0,75 a	16,50 a	0,50 bc
MC 02 a 1300,5 g i.a. t ⁻¹	5,25 b	130,00 a	5,00 cd	44,25 ab	20,00 a	0,00 a	20,00 a	0,25 a	15,00 b	0,50 a	16,50 a	1,00 bc
TD GR 01 a 1290 g i.a. t ⁻¹	15,25 a	15,5 c	19,00 a	5,50 d	20,00 a	0,00 a	20,00 a	0,25 a	18,50 a	0,25 a	14,25 a	0,25 c
TD GR 02 a 1290 g i.a. t ⁻¹	4,00 b	84,00 ab	6,50 c	42,50 ab	20,00 a	0,00 a	19,75 a	0,00 a	16,50 ab	0,00 a	18,75 a	0,25 c
TD GR 03 a 1290 g i.a. t ⁻¹	5,25 b	46,25 bc	10,00 bc	20,25 bcd	20,00 a	0,00 a	20,00 a	0,00 a	18,50 a	0,50 a	18,25 a	0,75 bc
TD GR 04 a 1290 g i.a. t ⁻¹	5,25 b	77,00 ab	8,00 bc	40,00 abc	20,00 a	0,75 a	19,75 a	0,00 a	17,25 ab	0,50 a	14,75 a	2,50 ab
TD GR 05 a 1290 g i.a. t ⁻¹	5,75 b	50,50 bc	13,25 ab	12,50 cd	20,00 a	0,00 a	19,75 a	0,00 a	16,75 ab	0,75 a	15,75 a	0,25 c
MC 03 a 1350 g i.a. t ⁻¹	13,00 a	13,00 c	17,75 a	8,50 d	20,00 a	0,00 a	20,00 a	0,25 a	18,25 a	0,50 a	17,75 a	1,75 bc
Testemunha (sem tratamento)	0,75 c	30,00 bc	2,00 d	74,25 a	15,00 b	0,00 a	18,50 a	0,00 a	8,50 c	1,0 a	6,75 b	5,00 a
C.V.(%)	11,45	25,73	10,88	22,14	1,33	16,22	1,06	12,03	3,85	20,3	10,52	19

¹ Número de insetos adultos mortos dez dias após infestação (infestação inicial de 20 adultos). ² Número de insetos adultos emergidos 60 dias após a infestação inicial. Para análise estatística os dados foram transformados em raiz quadrada de x+1. Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 4.4 – Mortalidade (número) de *Sitophilus oryzae* em trigo, soja e milho armazenados, tratados com formulações de terra de diatomáceas (TD).
Infestação realizada um e 120 dias após o tratamento dos grãos. Londrina, PR. 2012.

Formulação de Terra de Diatomáceas/Dosagem	TRIGO				SOJA				MILHO			
	1 DAT		120 DAT		1 DAT		120 DAT		1DAT		120 DAT	
	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²
MC 01 a 1290 g i.a. t ⁻¹	19,75 a	6,75 c	20,00 a	16,50 d	20,00 a	0,00 a	20,00 a	0,00	18,50 a	1,75 ab	9,50 ab	1,50 a
MC 02 a 1300,5 g i.a. t ⁻¹	9,50 c	28,50 b	4,00 d	62,50 b	20,00 a	0,00 a	20,00 a	0,00	15,00 b	3,75 ab	5,00 ab	2,75 a
TD GR 01 a 1290 g i.a. t ⁻¹	20,00 a	5,25 c	20,00 a	21,50 cd	20,00 a	0,00 a	20,00 a	0,00	18,50 a	0,00 b	11,75 a	1,25 a
TD GR 02 a 1290 g i.a. t ⁻¹	10,75 c	10,25 c	5,75 cd	64,75 b	20,00 a	0,00 a	20,00 a	0,00	16,50 ab	3,00 ab	7,00 ab	4,25 a
TD GR 03 a 1290 g i.a. t ⁻¹	17,75 a	8,25 c	14,25 ab	46,50 bcd	20,00 a	0,00 a	20,00 a	0,00	18,50 a	5,75 ab	5,75 ab	3,00 a
TD GR 04 a 1290 g i.a. t ⁻¹	12,00 bc	17,25 bc	10,25 bc	51,00 bcd	20,00 a	0,25 a	20,00 a	0,00	17,25 ab	2,25 ab	4,25 ab	4,50 a
TD GR 05 a 1290 g i.a. t ⁻¹	16,50 ab	13,50 bc	10,25 bc	51,25 bc	20,00 a	0,00 a	20,00 a	0,00	16,75 ab	3,25 ab	5,75 ab	2,00 a
MC 03 a 1350 g i.a. t ⁻¹	19,50 a	7,75 c	16,50 ab	35,75 bcd	20,00 a	0,00 a	20,00 a	0,00	18,25 a	1,50 ab	9,00 ab	2,75 a
Testemunha (sem tratamento)	0,50 d	124,5 a	0,00 e	249,25 a	19,50 b	0,00 a	19,75 a	0,00	8,50 c	7,75 a	0,75 b	5,75 a
C.V.(%)	6,96	19,44	11,78	16,1	0,46	6,83	0,4		3,85	34,51	29,55	25,29

¹ Número de insetos adultos mortos dez dias após infestação (infestação inicial de 20 adultos). ² Número de insetos adultos emergidos 60 dias após a infestação inicial. Para análise estatística os dados foram transformados em raiz quadrada de x+1. Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 4.5 – Mortalidade (número) de *Tribolium castaneum* em trigo, soja e milho armazenados, tratados com formulações de terra de diatomáceas (TD). Infestação realizada um e 120 dias após o tratamento dos grãos. Londrina, PR. 2012.

Formulação de Terra de Diatomáceas/Dosagem	TRIGO				SOJA				MILHO			
	1 DAT		120 DAT		1 DAT		120 DAT		1DAT		120 DAT	
	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²
MC 01 a 1290 g i.a. t ⁻¹	20,00 a	0,50 ab	19,5 a	0,00	20,00 a	0,00 a	19,25 a	0,00 a	19,00 ab	0,00 a	11,00 a	0,00 a
MC 02 a 1300,5 g i.a. t ⁻¹	4,75 cd	0,25 b	5,00 c	0,00	10,00 c	0,00 a	6,25 b	0,25 a	11,00 bc	0,25 a	8,25 a	0,25 a
TD GR 01 a 1290 g i.a. t ⁻¹	20,00 a	0,00 b	20,00 a	0,00	20,00 a	0,00 a	19,75 a	0,00 a	19,25 a	0,00 a	11,5 a	0,00 a
TD GR 02 a 1290 g i.a. t ⁻¹	3,00 d	0,00 b	5,25 c	0,00	11,25 c	0,00 a	7,75 b	0,00 a	11,25 abc	0,00 a	4,75 ab	0,50 a
TD GR 03 a 1290 g i.a. t ⁻¹	9,00 b	0,00 b	10,5 bc	0,00	13,00 bc	0,00 a	11,00 ab	0,00 a	14,25 abc	0,00 a	8,50 a	0,00 a
TD GR 04 a 1290 g i.a. t ⁻¹	7,50 bc	0,00 b	6,00 c	0,00	16,50 ab	0,00 a	9,00 b	0,00 a	5,25 d	0,00 a	6,00 ab	0,00 a
TD GR 05 a 1290 g i.a. t ⁻¹	10,25 b	0,00 b	13,00 ab	0,00	18,25 a	0,00 a	11,75 ab	0,00 a	9,00 cd	0,25 a	7,00 ab	0,50 a
MC 03 a 1350 g i.a. t ⁻¹	20,00 a	0,00 b	19,75 a	0,00	20,00 a	0,00 a	18,25 a	0,00 a	18,00 ab	0,00 a	12,25 a	0,00 a
Testemunha (sem tratamento)	0,50 e	1,25 a	0,75 d	0,00	1,00 d	0,50 a	0,00 c	0,00 a	0,25 e	0,00 a	1,50 b	0,50 a
C.V.(%)	9,09%	13,62%	13,06		6,09	11,96	15,65	6,83	12,43	9,74	20,12	18,95

¹ Número de insetos adultos mortos dez dias após infestação (infestação inicial de 20 adultos). ² Número de insetos adultos emergidos 60 dias após a infestação inicial. Para análise estatística os dados foram transformados em raiz quadrada de $x+1$. Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 4.6. Mortalidade (número) de *Lasioderma serricorne* em trigo, soja e milho armazenados, tratados com formulações de terra de diatomáceas (TD). Infestação realizada um e 120 dias após o tratamento dos grãos. Londrina, PR. 2012.

Formulação de Terra de Diatomáceas/Dosagem	TRIGO				SOJA				MILHO			
	1 DAT		120 DAT		1 DAT		120 DAT		1DAT		120 DAT	
	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²	Nº de insetos mortos ¹	Nº de adultos emergidos ²
MC 01 a 1290 g i.a. t ⁻¹	20,00 a	0,00 c	20,00 a	1,25 b	20,00 a	0,25 a	20,00 a	0,00 b	19,75 a	0,25 b	16,00 a	3,50 bc
MC 02 a 1300,5 g i.a. t ⁻¹	19,75 a	0,00 c	19,25 a	2,50 b	19,25 a	0,25 a	19,75 a	0,00 b	18,50 a	1,00 b	15,25 a	7,50 bc
TD GR 01 a 1290 g i.a. t ⁻¹	20,00 a	0,50 c	20,00 a	0,25 b	19,75 a	0,00 a	19,75 a	0,00 b	19,75 a	0,00 b	18,00 a	5,00 bc
TD GR 02 a 1290 g i.a. t ⁻¹	20,00 a	51,00 a	19,75 a	1,50 b	19,50 a	0,50 a	19,75 a	0,00 b	19,50 a	1,75 b	13,00 a	13,25 b
TD GR 03 a 1290 g i.a. t ⁻¹	20,00 a	25,75 b	19,75 a	2,00 b	19,50 a	0,00 a	19,25 a	0,00 b	19,50 a	4,50 b	14,25 a	0,25 c
TD GR 04 a 1290 g i.a. t ⁻¹	20,00 a	60,00 a	19,50 a	0,25 b	20,00 a	1,25 a	19,25 a	0,25 b	19,50 a	0,25 b	12,50 a	10,25 bc
TD GR 05 a 1290 g i.a. t ⁻¹	20,00 a	38,75 ab	19,50 a	2,50 b	20,00 a	0,00 a	19,75 a	0,00 b	19,75 a	0,50 b	14,75 a	3,5 bc
MC 03 a 1350 g i.a. t ⁻¹	20,00 a	2,75 c	20,00 a	0,25 b	20,00 a	0,00 a	19,75 a	0,00 b	20,00 a	1,00 b	16,25 a	4,00 bc
Testemunha (sem tratamento)	8,25 b	0,50 c	4,50 b	90,00 a	10,25 b	1,25 a	10,75 b	2,50 a	9,25 b	53,0 a	1,50 b	92,00 a
C.V.(%)	2,17	21,18	5,43	48,3	2,24	17,98	2,28	16,26	2,11	33,31	10,44	29,08

¹ Número de insetos adultos mortos sete dias após infestação (infestação inicial de 20 adultos). ² Número de insetos adultos emergidos 60 dias após a infestação inicial. Para análise estatística os dados foram transformados em raiz quadrada de x+1. Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A eficácia de uma determinada formulação de terra de diatomáceas é altamente afetada pela espécie de grão (Athanassiou et al. 2003, 2005; Kavallieratos et al. 2005). Segundo Athanassiou et al. (2005b) este desempenho diferente pode ser atribuído a três fatores básicos: primeiro, algumas propriedades físicas e de composição do grão podem desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento e nas taxas de crescimento da população de uma determinada espécie; segundo, o grau de aderência das partículas de terra de diatomáceas é afetado pelo tipo de grão, e aderência é fundamental e crucial para a eficácia de determinada terra de diatomáceas (KORUNIC, 1997); e terceiro, a interação entre o grão e as partículas de terra de diatomáceas pode afetar o valor inseticida da terra de diatomáceas. Os resultados deste trabalho demonstraram a influência desses fatores na eficácia da terra de diatomáceas (Tabelas 4.3 a 4.6).

Além da variação entre diferentes espécies de grãos, as características de grãos da mesma espécie também são importantes para o desempenho da terra de diatomáceas (KAVALLIERATOS et al. 2005). Aldryhim (1993) encontrou variações na eficácia da terra de diatomáceas Dryacide entre classes de trigo em adultos de *R. dominica*, e ainda cita que dois fatores contribuíram para a eficácia da terra de diatomáceas, o grau de adesão das partículas de terra de diatomáceas e a quantidade de partículas aderidas aos insetos. Tal variação não pode ser observada neste trabalho, pois os grãos de trigo utilizados no experimento foram de uma mesma classe, trigo classe pão.

Alguns insetos são mais sensíveis à terra de diatomáceas devido a sua anatomia e fisiologia. Geralmente, insetos com grande área superficial em relação ao volume do seu corpo são mais sensíveis e perdem quantidades relativamente maiores de água de seu corpo. Insetos com a superfície do corpo áspera ou com pelos coletam mais partículas por unidade de área causando maiores danos a cutícula (KORUNIC, 1998). Tal característica de pilosidade pode ser observada na figura 4.4 de *Tribolium castaneum* e figura 4.5 de *Lasioderma serricorne*. O inseto praga *T. castaneum* por possuir um menor número de pelos na cutícula apresenta menos partículas de terra de diatomáceas aderidas ao seu corpo se comparado com *L. serricorne* que possui uma maior pilosidade.

Esse efeito inseticida é afetado pela mobilidade dos insetos, pelo número e distribuição de pelos na cutícula, pelas diferenças quantitativas e qualitativas nos lipídios cuticulares das diferentes espécies de insetos, pelo tempo de exposição e pela umidade relativa do ar, fatores que influenciam a taxa de perda de água, afetando conseqüentemente a eficiência da terra de diatomáceas (ALDRYHIM, 1990; BANKS; FIELDS, 1995; EBELING, 1971; KORUNIC, 1998). Nas figuras 4.4 e 4.5, onde o número e a distribuição de pelos no

corpo de *T. castaneum* e *L. serricorne*, respectivamente, são notadamente diferentes, houve variação na mortalidade dos insetos pragas (Tabelas 4.5 e 4.6).

Além destes, o tamanho (razão do volume e área de superfície), diferenças na taxa de movimentação através dos grãos, e reação comportamental a terra de diatomáceas ou dessecação, também podem ser responsáveis pelas diferentes respostas entre as espécies (FIELDS; KORUNIC, 2000).

As partículas de terra de diatomáceas recobrem o corpo dos insetos de forma diferente para cada espécie devido às características no parágrafo anterior (Figuras 4.2 a 4.5). O maior número de pelos na cutícula faz com que um maior número de partículas fiquem aderidas aos insetos como se pode observar nas figuras 4.2B, 4.2D, 4.3C, 4.5B, 4.5C e 4.5D. *T. castaneum* por ser um inseto com menos pelos na cutícula (Figura 4.4) em comparação aos demais, não apresenta uma cobertura de terra de diatomáceas tão boa quanto a *L. serricorne* (Figura 4.5). Tal característica também foi observada por Fields e Korunic (2000), onde relataram que *T. castaneum* teve notavelmente menos terra de diatomáceas aderida a sua cutícula do que outros insetos pragas de armazenamento, sendo a espécie mais tolerante a terra de diatomáceas, e que assim, a taxa de aplicação para *T. castaneum* pode ser usada para controlar infestações de outros insetos pragas de grãos armazenados.

A atividade inseticida depende de diversos fatores como a distribuição uniforme de tamanho de partículas com tamanho médio de partículas em torno ou abaixo de 10 μm , uma alta percentagem de partículas com diâmetro abaixo de 12 μm , uma boa superfície ativa e alta adsorção de óleo, valor de pH abaixo de 8.5, características de superfície do grão (aderência das partículas à superfície do grão) e alto conteúdo de SiO_2 amorfa (KORUNIC, 1997). As formulações estudadas que apresentaram melhor resultados de mortalidade neste trabalho foram marca comercial 01, TD GR 01, TD GR 05 em arca comercial 03, que são também as formulações que apresentaram menor tamanho de partículas tanto em diâmetro médio quanto a 50% das partículas.

Segundo trabalhos realizados por Lorini et al. (2001) e Lorini (1994, 1999), a terra de diatomáceas é muito eficiente no controle de insetos pragas de armazenamento quando misturada à massa de grãos em doses aproximadas de 1000g t^{-1} . Sua eficácia já foi comprovada para o controle de *R. dominica*, *Sitophilus* sp., *O. surinamensis*, *T. castaneum* e *C. ferrugineus* (LORINI; MORÁS; BECKEL, 2002). Resultados semelhantes a este foram encontrados neste trabalho para *R. dominica*, *S. oryzae*, *T. castaneum* e *L. serricorne* pois todas as formulações testadas controlaram os insetos pragas de armazenamento.

Embora tenha ocorrido um bom desempenho na mortalidade de insetos adultos na grande maioria das formulações, tipo de grão e tempo de avaliação, as formulações permitiram a emergência de uma segunda geração dos insetos pragas, em especial em grãos de trigo, evidenciando que nesse tipo de grão a proteção com terra de diatomáceas não é tão eficaz para evitar a postura das fêmeas e originar uma segunda geração.

Ao longo do experimento a terra de diatomáceas se manteve estável com relação ao poder residual do tratamento, uma vez que tanto em um quanto em 120 dias após o tratamento a eficácia foi semelhante, ou seja, a terra de diatomáceas não perdeu seu efeito inseticida durante os 120 dias do experimento.

Tendência de melhor desempenho de mortalidade pode ser observada na marca comercial 01, TD GR 01, TD GR 05 e marca comercial 03 para *R. dominica*, *S. oryzae*, *T. castaneum* e *L. serricorne*. Esse desempenho pode ser confirmado pelo menor tamanho de partícula tanto em diâmetro médio quanto no diâmetro 50% das partículas. Também em relação a composição química estas quatro formulações apresentaram valor de SiO₂ entre 87,3% e 93,1%, o que as classificam como terra de diatomáceas de boa qualidade.

Figura 4.2 – Fotografias por microscopia eletrônica de varredura de adultos de *Rhyzopertha Dominica* expostos a terra de diatomáceas (A, B, C, D) e comparativo sem terra de diatomáceas (E, F, G, H). Londrina, PR. 2012

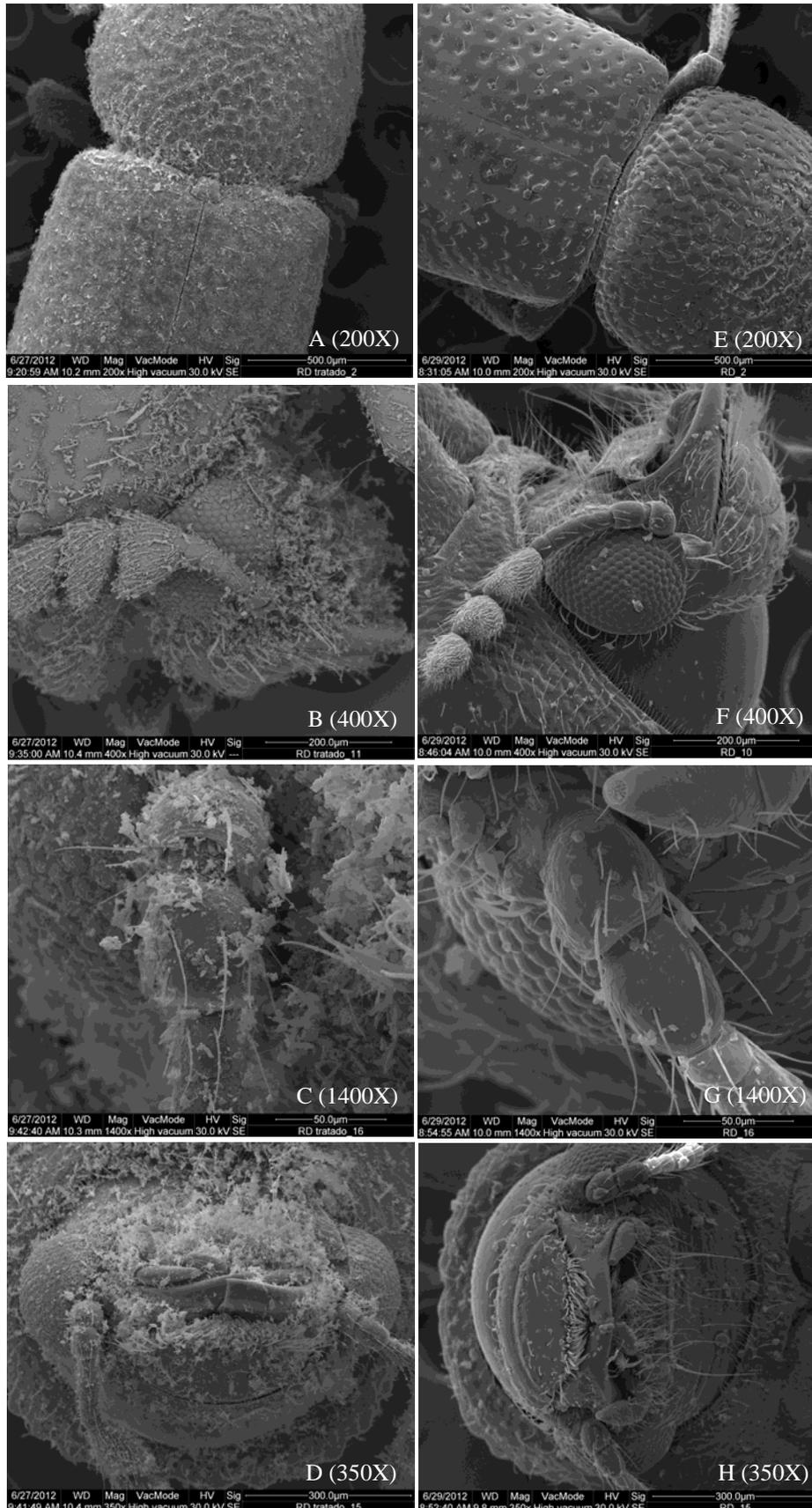


Figura 4.3 – Fotografias por microscopia eletrônica de varredura de adultos de *Sitophilus oryzae* expostos a terra de diatomáceas (A, B, C, D) e comparativo sem terra de diatomáceas (E, F, G, H). Londrina, PR. 2012

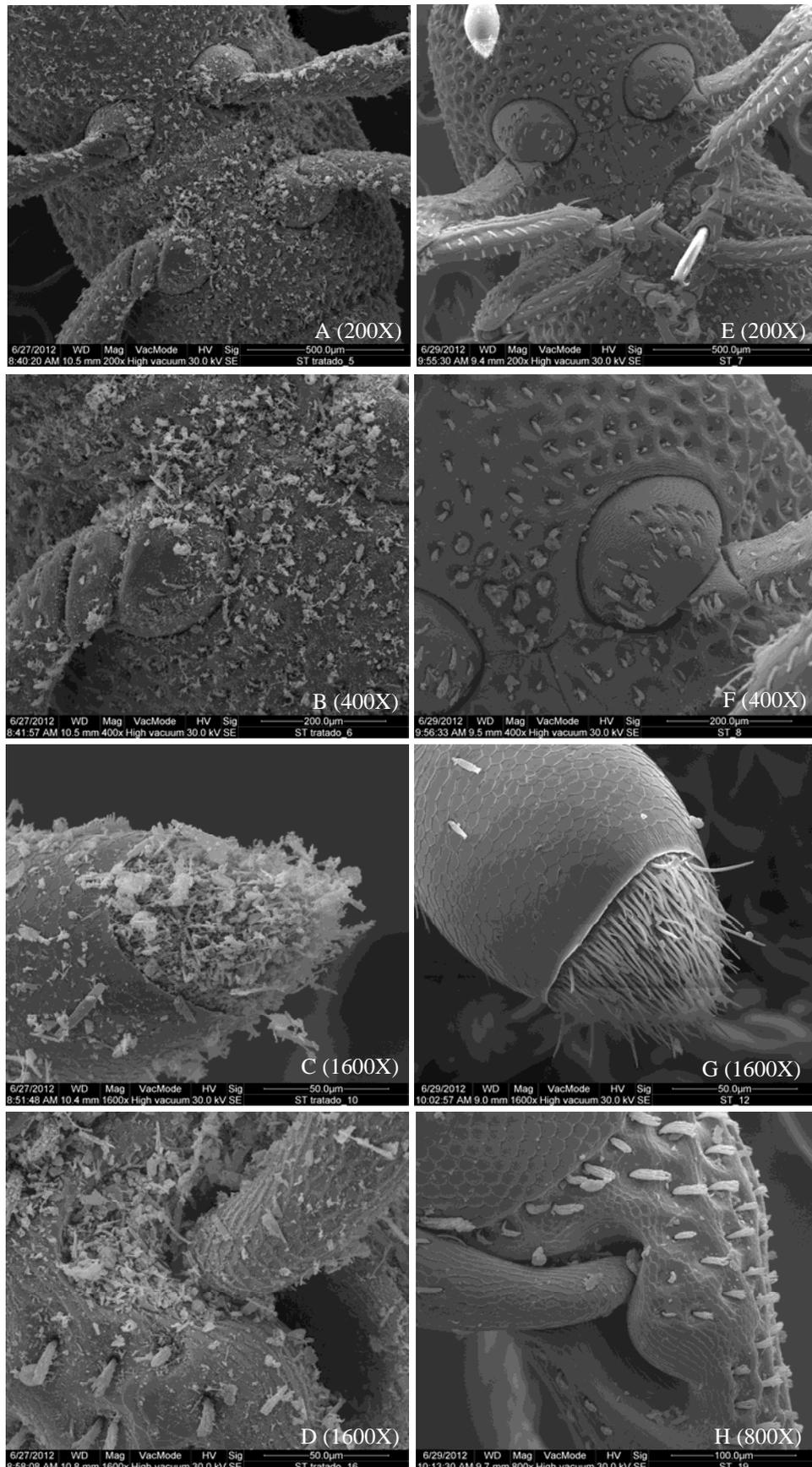


Figura 4.4 – Fotografias por microscopia eletrônica de varredura de adultos de *Tribolium castaneum* expostos a terra de diatomáceas (A, B, C, D) e comparativo sem terra de diatomáceas (E, F, G, H). Londrina, PR. 2012

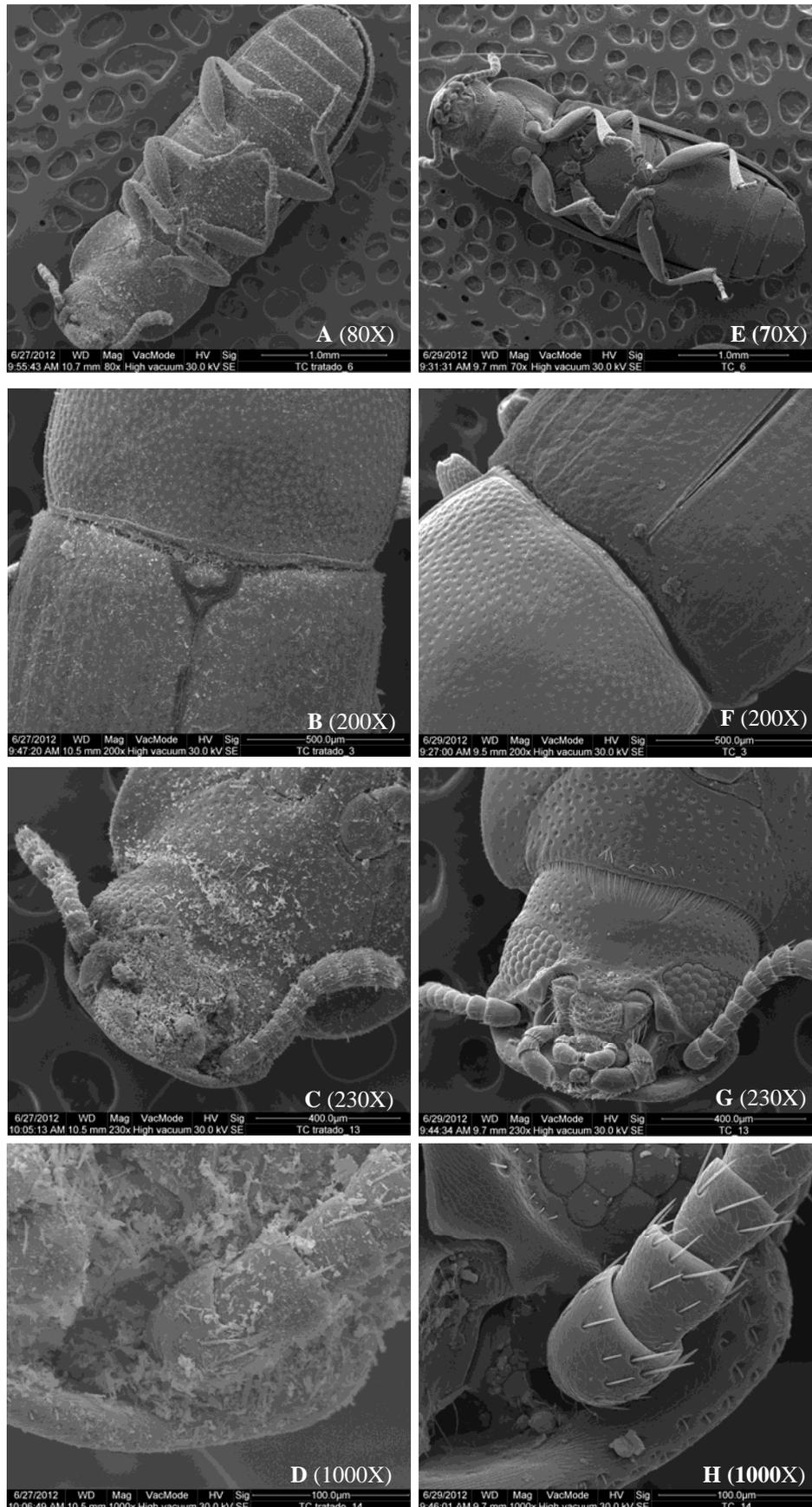
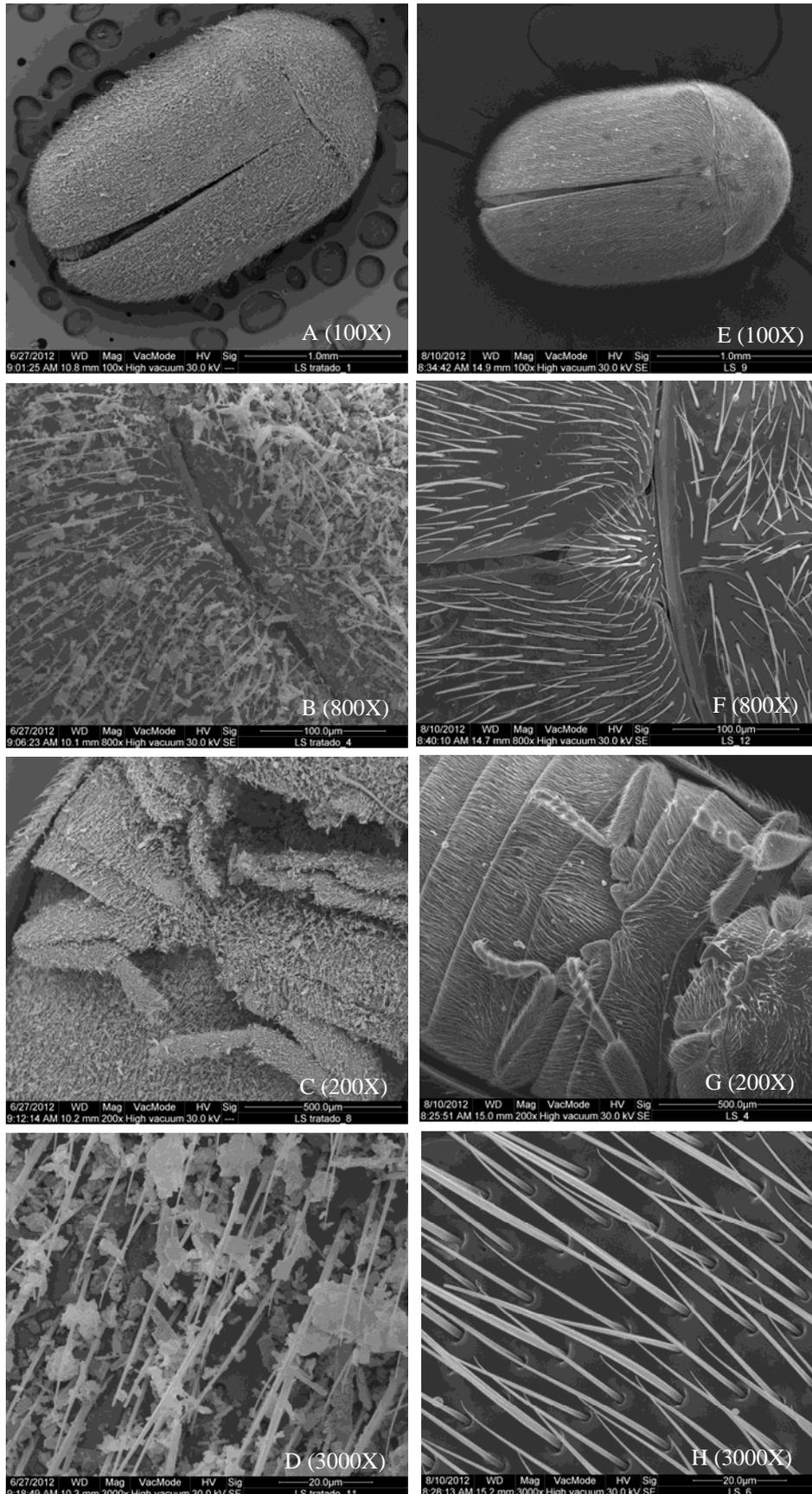


Figura 4.5 – Fotografias por microscopia eletrônica de varredura de adultos de *Lasioderma serricorne* expostos a terra de diatomáceas (A, B, C, D) e comparativo sem terra de diatomáceas (E, F, G, H). Londrina, PR. 2012



5 CONSIDERAÇÕES

O uso de terra de diatomáceas para proteção de grãos contra as pragas que atacam no armazenamento podem sofrer variações em função de alguns fatores como:

- A espécie do grão a ser tratado com terra de diatomáceas, devido às suas propriedades físicas, ao grau de aderência e à interação entre o grão e as partículas de terra de diatomáceas.
- A espécie de inseto praga tem suscetibilidade diferente à terra de diatomáceas devido às suas características de anatomia e fisiologia, como por exemplo, a quantidade de pelos na cutícula, uma maior área superficial e as variações na camada de lipídeos.
- As diferenças na composição físico química das formulações influenciam na eficácia inseticida da terra de diatomáceas, como tamanho de partículas, quantidade de dióxido de sílica e capacidade de absorção de líquidos. Houve uma tendência de melhor desempenho de mortalidade nas formulações MC 01, TD GR 01, TD GR 05 e MC 03.

6 CONCLUSÕES

A terra de diatomáceas é uma opção eficiente para de controle dos insetos pragas de armazenamento de trigo, soja e milho, tais como *R. dominica*, *S. oryzae*, *T. castaneum* e *L. serricorne*, podendo ser inserida em um programa de manejo integrado de pragas de grãos armazenados.

As diferenças na composição físico química das formulações de terra de diatomáceas induzem a maior eficiência de controle dos insetos pragas de grãos armazenados (*R. dominica*, *S. oryzae*, *T. castaneum* e *L. serricorne*), no tratamento dos grãos de trigo, soja e milho, sendo mais eficiente quanto menor for o diâmetro das partículas e maior a percentagem de dióxido de sílica na composição.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 18, p. 265-266, 1925.
- ALDRYHIM, Y. M. Efficacy of amorphous silica dust, Drycide, against *Tribolium confusum* Dew. and *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Tenebrionidae and Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**.v. 26, p. 207-210, 1990.
- ALDRYHIM, Y. M. Combination of classes of wheat and environmental factors affecting the efficacy of amorphous silica dust, Drycide, against *Rhizopertha dominica* (F.). **Journal of Stored Products Research**.v. 29 p., 271-275, 1993.
- ARNAUD, L.; LAN, H. T. T.; BROSTAU, Y. HAUBRUGE, E. Efficacy of diatomaceous earth formulations admixed with grain against populations of *Tribolium castaneum*. **Journal of Stored Products Research**. v. 41, p. 121-130, 2005.
- ARTHUR, F.H. Survival of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) on wheat treated with diatomaceous earth: Impact of biological and environmental parameters on product efficacy. **Journal of Stored Product Research**, v. 38, p. 305-313, 2002.
- ATHANASSIOU, C.G., KAVALLIERATOS, N.G. Insecticidal effect and adherence of PyriSecin different grain commodities. **Crop Protection**, v. 24, p. 703–710.2005.
- ATHANASSIOU, C.G., KAVALLIERATOS, N.G., TSAGANOU, F.C., VAYIAS, B.J., DIMIZAS, C.B., BUCHELOS, C.TH. Effect of grain type on the insecticidal efficacy of SilicoSec against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). **Crop Protection** v. 22, p. 1141–1147. 2003.
- ATHANASSIOU, C. G., B. J. VAYIAS, C. B. DIMIZAS, N. G. KAVALLIERATOS, A. S.; PAPAGREGORIOU, C.; BUCHELOS, T. H. Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* DuVal (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat: influence of dose rate, temperature and exposure interval. **Journal of Stored Products Research**. v. 41. p. 47-55.2005.
- ATHANASSIOU, C. G.; KAVALLIERATOS N. G.; ECONOMOU L. P., DIMIZAS C. B.; VAYIAS B. J.; TOMANOVIC S.; MILUTINOVIC M. Persistence and Efficacy of Three Diatomaceous Earth Formulations Against *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) on Wheat and Barley. **Journal of Economic Entomology** v. 98 (4), p. 1404-1412.2005b.
- ATHANASSIOU, C. G.; KAVALLIERATOS, N. G.; VAYIAS, B. J.; PANOUSSAKIS, E.C.; Influence of grain type on the susceptibility of different *Sitophilus oryzae* (L.) populations, obtained from different rearing media, to three diatomaceous earth formulations. **Journal of Stored Products Research**. v. 44 p. 279–284. 2008
- BACALTCHUK, B. Qualidade dos alimentos exigida pelos consumidores no século XXI. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE PÓS-COLHEITA, 1., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Passo Fundo: Abrapós/Cesa/Embrapa Trigo, 1999.

- BANKS, H. J.; FIELDS, P. G. Physical methods for insect control in stored-grainecosystems. In: JAYAS, D.S.; WHITE, N. D.G.; MUIR, W.E. **Stored grainecosystems**. New York: Marcell Dekker, p. 353-409. 1995
- BESKOW, P.; DECKERS, D. Capacidade Brasileira de grãos armazenados. In: IRINEU, I; MIIKE, H, L; SCUSSEL, V,M. **Armazenagem de grãos**. Campinas, SP: IBG, p. 99-115.2002.
- BIAGI, J. D.; BERTOL, R.; CARNEIRO, C. M. Secagem de grãos para unidadescentrais de armazenamento. In: LORINI, I; MIIKE, H. L; SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de grãos**.Campinas, SP: IBG, p. 289-307. 2002.
- BOOTH, R. G.; COX, M. L.; MADGE, R. B. **III Guides to insects of importance to man 3.Coleoptera**. London: C.A.B. International, 1990. 384 p.
- CASTRO, S. H.; REIS, R. P.; LIMA, A. L. R. Custo de produção da soja cultivada sob sistema de plantio direto: estudo de multicasos no oeste da Bahia. **Ciências Agrotécnicas**. Lavras, v. 30, n. 6, p. 1146-1153. 2006.
- CAMPOS, T. B.; ZORZENON, F. J. Pragas dos grãos e produtos armazenados.**Boletim técnico. Instituto Biológico**. São Paulo: Instituto Biológico, n. 17. p. 1-47, 2006.
- CANTERI, M. G.; et al.SASM - Agri : Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, n. 2, p. 18-24, 2001.
- CERUTI, Fabiane Cristina. **Rastreabilidade de Grãos**: conceito, desenvolvimento de software e estudos de casos de manejo de insetos no armazenamento. 2007. 259. Tese (Doutorado em Entomologia) Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2007.
- COSTA, M. G.; et al.Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28 n. 1, p. 220-225, 2008.
- CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro 2012/ Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2012.
- CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, terceiro levantamento, dezembro 2012 / Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2012.
- DALL'AGNOL, A. et al. O complexo agroindustrial da soja brasileira. **Circular Técnica 43**. Embrapa Soja. Londrina, 2007.
- DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; MIRANDA, R. A.; **Cultivo do milho**: mercado e comercialização. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_7ed/mercado.htm>. Acesso em: 19 set. 2012.
- EBELING, W. Sorptive dusts for pest control. **Annual Review of Entomology**,v.16, p.123-158, 1971.
- ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M.; DIONELLO, R. G. Pragas e Micro-organismos em Grãos Armazenados. In: ELIAS, M. C. **Pós-colheita de Arroz**: Secagem, Armazenamento e Qualidade. Pelotas: Ed. Universitária UFPel, 2007. 422 p.

- FIELDS, P.G., KORUNIC, Z. The effect of grain moisture content and temperatures on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles. **Journal of Stored Product Research**.v. 36, p. 1-13, 2000.
- GIANLUPPI, et al. Cultivo da soja no cerrado de Roraima. **Sistema de Produção 1**. Embrapa Roraima. 2009.
- GOLOB,P.Current status and future Perspectives for inert dusts for control stored product insects. **Journal of Stored Products Research**.v. 33, p. 67-79, 1997.
- JAYAS, D. S.; WHITE N. D. G.;MUIR W. E. **Stored Grain Ecosystems**. New York: Marcel Dekker, 1995. 757 p.
- JÚNIOR, A. R. P; LAZZARI, F. A; LAZZARI, S. M. N; CERUTI, F. C. Resposta de *Sitophilus oryzae* (L.), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) e *Oryzaephilus surinamensis* (L.) a diferentes concentrações de terra de diatomácea em trigo armazenado a granel. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2103-2108. 2008
- KAVALLIERATOS, N.G; ATHANASSIOU, C.G; PASHALIDOU, F.G; ANDRIS, N.S; TOMANOVIC, Z. Influence of grain type on the insecticidal efficacy of two diatomaceous earth formulations against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae).**Pest Management Science**.v. 61, p. 660–666. 2005.
- KORUNIC, Z. Rapid Assessment of the Insecticidal Value of diatomaceous earth without conducting. **Journal of Stored Product Research**. v. 33, n. 3, 1997.
- KORUNIC, Z. Review diatomaceous earths, a group of natural insecticides.**Journal of Stored Products Research**. v. 34, p. 87-97, 1998.
- KORUNIC, Z; FIELDS, P. G.Diatomaceous earth insecticidal composition. USA patentn. 5, 773, 017. 1995.
- LAZZARI, FERNANDA NOEMBERG.**Controle de *Zabrotes ufbasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) e qualidade do feijão (*Phaseolus vulgaris* Linnaeus, 1753) tratado com terra de diatomácea**. 2005. 70 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2005.
- Le PATOUREL, G. N. J. The effect of grain moisture content on the toxicity of a sorptive silica dust to four species of grain beetle. **Journal of Stored Products Research**. Exeter, v. 22, p. 63-69, 1986.
- LORINI, I. Avaliação do produto Insecto no controle de pragas de trigo armazenado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 17., 1994. Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. p. 20.
- LORINI, I. Avaliação do pó inerte à base de terra de diatomáceas no controle de *Sitophilus* spp. em trigo armazenado, em laboratório. In: **I Conferência Brasileira de Pós colheita**, 1999, Passo Fundo. Abrapós, Cesa & Embrapa Trigo, 1999. pp. 128-132.
- LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008.

- LORINI, I. et al. Terra de diatomáceas como alternativa no controle de pragas de milho armazenado em propriedade familiar. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**. v.2. ed.4. p.32-36, 2001.
- LORINI, I. et al. Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento – Série sementes. **Circular Técnica 73**. Embrapa Soja, 2010.
- LORINI, I.; BECKEL, H. Efficacy of “diatomaceous earth” to control the main stored grain pests. 9th International Working Conference on Stored Product Protection. Campinas SP. p. 863-867, 2006.
- LORINI, I.; MORÁS, A.; BECKEL, H. Pós Inertes no Controle das Principais Pragmas de Grãos Armazenado. **Boletim de Pesquisa e desenvolvimento 8**, Passo Fundo, RS: Embrapa trigo, 2002.
- LORINI, I.; SCHNEIDER, S. **Pragas de grãos armazenados**: resultados de pesquisa. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. 47 p.
- MARIANO, F. D.; SANTOS, S.; SANTOS, F. F. Utilização de Terra de Diatomáceas como alternativa no controle de insetos em grãos de trigo armazenado. **Revista Analytica**. Guaxupé, n. 24, p. 60-64, 2006.
- MELHORANÇA, A. L. et al. Cultivo de Milho. **Sistema de Produção 1**. ed. 6, 2010.
- MOREIRA, L.; et al. Desenvolvimento de *Lasioderma serricornis* (Fabricius, 1972) (Coleoptera: Anobiidae) em diferentes dietas e temperaturas. **Revista Biotemas**. v. 23 ed. 4, p. 37-41, 2010.
- MOUND, L. Common insect pests of stored food products. London: British Museum of Natural History, 1989. 68 p.
- PINTO JUNIOR, A. R. et al. Resposta de *Sitophilus oryzae* (L.), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) e *Oryzaephilus surinamensis* (L.) a diferentes concentrações de terra de diatomácea em trigo armazenado a granel. **Ciência Rural**. v. 38, n. 8, p. 2103-2108, 2008.
- POY, L. A. Ciclo de vida da *Rhyzopertha dominica* em farinhas de diferentes cultivares de trigo. 1991. 135 f. **Tese (M. Sc.)** – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- PUZZI, D. **Abastecimento e Armazenamento de Grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000.
- QUARLES, W. Diatomaceous earth for pest control. **IPM Practitioner**. v. 14, n. 5/6, p. 1-11. 1992.
- ROSSATO, C.; LORINI, I.; FERRI, G. C. Suscetibilidade de pragas de grãos armazenados em função do tempo de exposição à terra de diatomáceas. In: Congresso Brasileiro de Soja, 6., 2012, Cuiabá. **Anais...** Embrapa Soja, 2012. p. 71.
- SANTOS, J. P. Perdas causadas por insetos em grãos armazenados. Simpósio de proteção de grãos armazenados, 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. 147 p.

SCUSSEL, V. M. et al. **Atualidades em Micotoxinas e Armazenagem de Grãos II**. Florianópolis, SC: Imprensa Universitária, 2008. 586 p.

SHAYESTEH, N.; ZIAEE, M. Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Caspian Journal of Environmental Sciences**. v. 5 No. 2 p. 119-123. 2007.

SMIDERLE, O. J.; CÍCERO S. M.. Tratamento inseticida e qualidade de sementes de milho durante o armazenamento. **Scientia Agrícola**. v.56, ed.4, p. 1245-1254, 1999.

SOUZA et al. Uso de séries temporais no estudo do mercado de trigo. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**. Bento Gonçalves. 2009.

STATHERS, T. E.; DENNIF, M., GOLOB, P. The efficacy and persistence of diatomaceous earth admixed with commodity against four tropical stored product beetle pests. **Journal of Stored Product Research**. v. 40, p. 113-123, 2004.

VAYIAS, B.J., ATHANASSIOU, C.G. Factors affecting efficacy of the diatomaceous earth formulation SilicoSec against adults and larvae of the confused beetle *Tribolium confusum* du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). **Crop Protection** v. 23, p.565–573.2004.