



Avaliação de eficiência, impactos socioeconômico e ambiental de diferentes métodos de controle para as pragas de grãos armazenados: *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera, Tenebrionidae) e *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1828) (Coleoptera, Laemophloeidae)

ANDERSON APARECIDO FARIAS

Dissertação apresentada ao Instituto Biológico, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, para obtenção do título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio.

Área de Concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema

Orientador: Dr. Mário Eidi Sato

São Paulo

2015

INSTITUTO BIOLÓGICO

PÓS-GRADUAÇÃO

Avaliação de eficiência, impactos socioeconômico e ambiental de diferentes métodos de controle para as pragas de grãos armazenados: *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera, Tenebrionidae) e *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1828) (Coleoptera, Laemophloeidae)

ANDERSON APARECIDO FARIAS

Dissertação apresentada ao Instituto Biológico, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, para obtenção do título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio

Área de Concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema

Orientador: Dr. Mário Eidi Sato

São Paulo

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo
Núcleo de Informação e Documentação – IB

Farias, Anderson Aparecido.

Avaliação de eficiência, impactos socioeconômico e ambiental de diferentes métodos de controle para as pragas de grãos armazenados: *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera, Tenebrionidae) e *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1828) (Coleoptera, Laemophloeidae). / Anderson Aparecido Farias. – São Paulo, 2015. 68 p.

Dissertação (Mestrado). Instituto Biológico (São Paulo). Programa de Pós-Graduação.

Área de concentração: **Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.**

Linha de pesquisa: Manejo integrado de pragas e doenças em ambientes rurais e urbanos.

Orientador: Mário Eidi Sato.

Versão do título para o inglês: Evaluation of efficacy, socioeconomic and environmental impacts of different methods of control for the stored grain pests: *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera, Tenebrionidae) and *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1828) (Coleoptera, Laemophloeidae).

1. Controle químico 2. Radiação gama 3. Terras de diatomáceas 4. Óleos Essenciais

I. Farias, Anderson Aparecido II. Sato, Mário Eidi III. Instituto Biológico (São Paulo). IV.

Título

IB/Bibl./2015/010



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO BIOLÓGICO
Pós-Graduação
Av. Cons. Rodrigues Alves 1252
CEP 04014-002 - São Paulo - SP
secretariapg@biologico.sp.gov.br



FOLHA DE APROVAÇÃO

Anderson Aparecido Farias

Título: Avaliação de eficiência, impactos socioeconômico e ambiental de diferentes métodos de controle para as pragas de grãos armazenados: *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera, Tenebrionidae) e *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1828) (Coleoptera, Laemophloeidae)

Orientador: Dr. Mário Eidi Sato

Dissertação apresentada ao Instituto Biológico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio.

Área de Concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema

Aprovado em: 28/05/2015

Banca Examinadora

Assinatura: 
Prof. Dr.: Mário Eidi Sato
Instituição: Instituto Biológico

Assinatura: 
Prof. Dra.: Simone Aquino
Instituição: Universidade Nove de Julho

Assinatura: 
Prof. Dr.: Marcos Roberto Potenza
Instituição: Instituto Biológico

Agradecimentos

Aos meus pais, Paulo e Sônia, pela educação que recebi.

Aos meus filhos, Camilla e Guilherme, razão da minha perseverança.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Mário Eidi Sato, pela generosidade com que me recebeu e me ajudou. Por quem serei eternamente grato.

Aos meus irmãos e sobrinhos Adriano Farias, Luiz Farias, Paulo José Farias e Lucas Farias.

Aos colegas do Laboratório de Artrópodes do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal, pela ajuda prestada: Pesq. Cient. Marcos Potenza, graduando Marcelo, doutorando Fabrício.

Aos amigos, que direta e indiretamente contribuíram para a conquista deste título: Adriano Marcelino, Valdemar Bacalhau, Pesc. Cient. Francisco Zorzenon, Pesq. Cient. Dra. Olga Russomano, Luís Carlos, Newton, Rui, Lidiane, Juca, Anderson Fuzita, Eloisa. Aos meus novos amigos do trabalho (SUVIS), que tanto me apoiaram: Viviane, Ronaldo, Carolina, Claudia e Leonardo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio, do Instituto Biológico, pela oportunidade de realização do curso.

À inesquecível amiga irmã, Erica Pedro, que agora pertence a outro mundo, uma das pessoas “mais maior de grande” que já conheci. Meu eterno carinho!!

A minha namorada, Aurea, minha companheira das horas fáceis e difíceis.

Pra ser grande, sê inteiro: nada teu exagera ou exclui.

Sê todo em cada coisa. Põe quanto és no mínimo que fazes.

Assim em cada lago a lua toda brilha, porque alta vive.

Fernando Pessoa.

RESUMO

FARIAS, A. A. AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA, IMPACTOS SOCIOECONÔMICO E AMBIENTAL DE DIFERENTES MÉTODOS DE CONTROLE PARA AS PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS: *Tribolium castaneum* (HERBST, 1797) (COLEOPTERA, TENEBRIONIDAE) E *Cryptolestes ferrugineus* (STEPHENS, 1828) (COLEOPTERA, LAEMOPHLOEIDAE). São Paulo. 2014. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico.

O Brasil é um dos maiores produtores de grãos no mundo. As espécies de insetos de maior importância e que atacam os grãos armazenados pertencem às ordens Lepidoptera (micro lepidópteros e traças) e Coleoptera (carunchos, gorgulhos e besouros). Atualmente, o controle químico é o método mais empregado para o controle de insetos-praga de produtos armazenados no Brasil e, por estar em uso há muitos anos, vem acarretando uma crescente seleção de populações de pragas resistentes aos inseticidas utilizados. Este fato, aliado à exigência cada vez maior por alimentos sem resíduos tóxicos de produtos químicos, leva à necessidade de estudos mais aprofundados sobre os diferentes métodos de controle, visando ao manejo integrado dessas pragas. O objetivo geral da pesquisa foi avaliar a eficiência e comparar os impactos econômico e ambiental de diferentes métodos de controle para as pragas de grãos armazenados: *Tribolium castaneum* (Herbst) e *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens). Os objetivos específicos foram: (a) Avaliar diferentes métodos de controle: (a.1) controle químico com inseticidas piretróides e organofosforados, com avaliação do resíduo tóxico em concreto, simulando o tratamento em armazéns ou silos; (a.2) controle alternativo com produtos naturais, utilizando óleos essenciais e terras de diatomáceas; (a.3) controle físico, com radiação gama para desinfestação das pragas de grãos armazenados; (b) Realizar uma revisão bibliográfica dos aspectos socioeconômicos e ambientais dos diferentes métodos de controle de pragas de grãos armazenados. A dose de radiação gama de 2,91 kGy foi suficiente para matar 90% (DL₉₀) dos adultos de *C. ferrugineus* e *T. castaneum* em 4 horas. A terra de diatomáceas mostrou-se eficiente para o controle de *C. ferrugineus* e *T. castaneum*, com mortalidades de até 100%, quando utilizadas para o tratamento de grãos de arroz, milho e trigo, em doses iguais ou acima de 0,01 g por 20 g de grãos. Os óleos essenciais de *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus staigeriana* e *Eucalyptus citriodora* [*Corymbia citriodora*], em concentrações de até 1%, não se mostraram eficientes para o controle de *C. ferrugineus* e *T. castaneum*. Os inseticidas deltametrina, lambda-cialotrina, bifentrina e pirimifós-metílico afetaram significativamente as populações de *C. ferrugineus* e *T. castaneum*, quando aplicados em superfície de cimento, em suas concentrações recomendadas (para o tratamento de superfície ou de grãos) no Brasil. Foram observados aumentos significativos das concentrações letais e dos tempos letais de pirimifós-metílico, deltametrina e bifentrina, para *C. ferrugineus* e *T. castaneum*, com o aumento da idade dos resíduos tóxicos (≥ 30 dias) desses inseticidas. Os adultos de *T. castaneum* mostraram-se mais tolerantes a pirimifós-metílico e bifentrina que os da espécie *C. ferrugineus*.

Palavras-chave: Controle químico, radiação gama, terras de diatomáceas, óleos essenciais

ABSTRACT

FARIAS, A. A. Evaluation of efficacy, socioeconomic and environmental impacts of different methods of control for the stored grain pests: *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera, Tenebrionidae) and *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1828) (Coleoptera, Laemophloeidae). São Paulo. 2014. Dissertation (Master in Health, Food Safety and Environmental Agribusiness) – Instituto Biológico.

Brazil is one of the largest grain producers in the world. The insect species of greatest importance and that attack stored grains belong to the orders Lepidoptera (microlepidoptera and moths) and Coleoptera (beetles, weevils and beetles). Currently, chemical control is the most widely method used to control insect pests in stored products in Brazil and, due to its use for many years, it has been causing an increasing selection of insecticide resistant populations for these pests. This fact, associated with the growing demand for food without toxic residues of chemicals, leads to the need for further studies on the different methods of control, aiming at the integrated management of these pests. The overall objective of this research was to evaluate the efficacy and compare the economic and environmental impacts of different methods of control for the pests of stored grains: *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens). The specific objectives were: (a) to evaluate different control methods: (a.1) chemical control with pyrethroid and organophosphorus insecticides, with evaluation of toxic residues on concrete, simulating the treatments in warehouses or silos; (a.2) alternative control with natural products using essential oils and diatomaceous earth; (a.3) physical control, with gamma radiation to disinfestation of stored grain pests; (b) conduct a literature review of socioeconomic and environmental aspects of different methods of control for stored grain pests. The dose of gamma radiation of 2.91 kGy was sufficient to kill 90% (LD₉₀) of adults of *C. ferrugineus* and *T. castaneum* within 4 hours. Diatomaceous earth was effective to control of *T. castaneum* and *C. ferrugineus*, with mortality rates of up to 100%, when used for the treatment of grains of rice, corn and wheat, at doses equal to or above 0.01 g per 20 g of grain. The essential oils of *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus staigeriana* and *Eucalyptus citriodora* [*Corymbia citriodora*], at the concentrations of up to 1%, were not efficient to control *C. ferrugineus* and *T. castaneum*. The insecticides deltamethrin, lambda-cyhalothrin, bifenthrin and pirimiphos-methyl affected significantly the populations of *T. castaneum* and *C. ferrugineus*, when applied to the cement surface, at their recommended concentrations (for the treatment of surfaces or grains) in Brazil. Significant increases in lethal concentrations and lethal times were observed for pirimiphos-methyl, bifenthrin and deltamethrin in *T. castaneum* and *C. ferrugineus*, following the increases in the ages (≥ 30 days) of the toxic residues of these insecticides. The adults of *T. castaneum* were more tolerant to pirimiphos-methyl and bifenthrin than those of the species *C. ferrugineus*.

Key-words: Chemical control, gamma radiation, diatomaceous earth, essential oils

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Testes com irradiação em *Cryptolestes ferrugineus*. Estimativa da DL50 (kGy), DL90 (kGy) e intervalo de confiança (I.C.) a 95%; coeficiente angular e erro-padrão da média (EP); Qui-quadrado (X^2) e graus de liberdade (G.L.) 40
- Tabela 2.** Efeito de terras diatomáceas (TD) sobre adultos de *Cryptolestes ferrugineus* e *Tribolium castaneum* para diferentes doses (em g TD / 20 g de grãos) substratos (grãos de arroz, milho, trigo): número total de insetos mortos por parcela (20 insetos) e porcentagem de mortalidade, sete dias após o início da exposição..... 42
- Tabela 3.** Tempos letais de terra de diatomáceas a 0,02 g por 20 g de grãos, após a exposição de adultos de *Cryptolestes ferrugineus* e *Tribolium castaneum*: Estimativas do TL₅₀ (dias), TL₉₀ (dias) e intervalo de confiança (I.C.) a 95%; coeficiente angular e erro-padrão da média (EP); Qui-quadrado (X^2) e graus de liberdade (G.L.)..... 45
- Tabela 4.** Avaliação da eficiência de óleos essenciais de *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus staigeriana* e *Eucalyptus citriodora* para o controle de *Cryptolestes ferrugineus*, em condições de laboratório 46
- Tabela 5.** Suscetibilidade *Cryptolestes ferrugineus* e *Tribolium castaneum* a pirimifós-metilico (Actellic® 500 EC), deltametrina (K-Obiol® 25 EC), bifentrina (Starion 25 EC®) e lambda-cialotrina (Actelliclambda® 50 EC), para diferentes idades de resíduo em cimento, para 24 horas de exposição dos insetos aos resíduos tóxicos. Número total de insetos utilizados para a obtenção das curvas de concentração-resposta (n); estimativas da CL₅₀ (g i.a./L), CL₉₀ (g i.a./L) e intervalo de confiança (I.C.) a 95%; coeficiente angular e erro-padrão da média (EP); Qui-quadrado (X^2) e graus de liberdade (G.L.) 51
- Tabela 6.** Tempos letais de pirimifós-metilico (Actellic® 500 EC) a 50 g i.a./L, deltametrina (K-Obiol® 25 EC) a 0,5 g i.a./L, bifentrina (Starion® 25 EC) a 0,4 g i.a./L e lambda-cialotrina (Actelliclambda® 50 EC) a 1 g i.a./L, após a exposição de adultos de *Cryptolestes ferrugineus* e *Tribolium castaneum*, a diferentes idades de resíduo dos inseticidas em superfície de cimento: Estimativas do TL₅₀ (horas), TL₉₀ (horas) e intervalo de confiança (I.C.) a 95%; coeficiente angular e erro-padrão da média (EP); Qui-quadrado (X^2) e graus de liberdade (G.L.) 53

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Adultos de *Tribolium castaneum* (esquerda) e *Cryptolestes ferrugineus* (direita). 34
- Figura 2.** Irradiador de Cobalto-60, IPEN/CNEN, São Paulo, SP 35
- Figura 3.** Potes e grãos (milho, arroz integral e trigo) utilizados nos experimentos com terras de diatomáceas 36
- Figura 4.** Potes contendo grãos infestados com *Tribolium castaneum* ou *Cryptolestes ferrugineus* e tratados com terras de diatomáceas 37
- Figura 5.** Unidades experimentais utilizadas nos estudos com óleos essenciais e inseticidas para o controle de *Tribolium castaneum* e *Cryptolestes ferrugineus*..... 38
- Figura 6.** Efeito de terra de diatomáceas (TD) sobre adultos *Cryptolestes ferrugineus* e *Tribolium castaneum* em diversas dosagens (0,01; 0,02; 0,03; 0,04 g de TD em 20 g de grãos), após diferentes períodos de exposição em diferentes substratos (grãos de arroz cateto, milho, trigo). 44

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1. Estruturas de armazenamento de grãos	2
2.2. Pragas de grãos e produtos armazenados.....	4
2.2.1. Aspectos biológicos de <i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephens)	6
2.2.2. Aspectos biológicos de <i>Tribolium Castaneum</i> (Herbst)	7
2.3. Manejo integrado de pragas de grãos (MIP)	9
2.4. Uso de radiação gama	10
2.4.1. Irradiação de alimentos.....	11
2.5. Controle com terras de diatomáceas.....	14
2.6. Controle com óleos essenciais.....	17
2.6.1. Óleo essencial de citronela (<i>Cymbopogon</i> spp.)	19
2.6.2. Óleos essenciais de eucalipto (<i>Eucalyptus</i> spp.).....	19
2.7. Controle com inseticidas	21
2.8. Impacto do uso de agrotóxicos	23
2.8.1. Histórico.....	23
2.8.2. Impacto ambiental.....	25
2.9.3. Impacto socioeconômico.....	28
2.9.4. Impacto à saúde	30
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1. Criação de insetos	34
3.2. Bioensaio com radiação gama.....	35
3.3. Bioensaios com terras de diatomáceas.....	36
3.4. Bioensaios com óleos essenciais.....	37
3.5. Bioensaios com inseticidas	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1. Bioensaio com radiação gama.....	40
4.2. Bioensaios com terras de diatomáceas.....	45

4.3. Bioensaios com óleos essenciais.....	45
4.4. Bioensaios com inseticidas	47
5. CONCLUSÕES.....	54
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

1. INTRODUÇÃO

A população mundial tem crescido significativamente, elevando a demanda por alimentos. Este processo tem impulsionado a execução de novas tecnologias para o incremento da produção sem a necessidade do aumento da área cultivada. O melhoramento genético tem contribuído com variedades mais produtivas, adaptadas às diferentes condições climáticas, resistentes às pragas e doenças, porém ainda há perdas significativas durante o processo de produção e armazenamento de produtos agrícolas, que são elevadas e causam grandes impactos nas cadeias produtivas, como o aumento da utilização de insumos (defensivos químicos), depreciação dos produtos, problemas no abastecimento, redução nas exportações, redução de receita para produtores, dentre outros (ALVES, 2007).

A produção de grãos no Brasil passou de cerca de 83 milhões de toneladas, na safra de 1999/2000, para 195 milhões de toneladas, em 2014, elevando a produtividade de 2.195 para 3.141 toneladas por hectare. Crescimento atribuído, entre outros fatores, ao amplo investimento em pesquisa e tecnologia para plantio no cerrado (ABRAPÓS, 2012; CONAB, 2014).

A produção de alimentos tornou-se tecnificada em toda a sua cadeia de produção, desde o plantio, colheita, pós-colheita e armazenamento, beneficiamento, industrialização e comercialização, antes de chegar à mesa do consumidor (POTENZA, 2011), em especial para os grãos de cereais e leguminosas que são considerados a base da alimentação humana e para os quais, quando armazenados, o controle de pragas é imprescindível para a preservação da qualidade dos grãos e sementes após a colheita (CAMPOS et al., 2006).

Para promover o controle de pragas, inclusive de grãos armazenados, os agricultores ainda fazem a utilização indiscriminada e intensiva de inseticidas químicos que são responsáveis por diversos inconvenientes, como contaminação do ambiente, intoxicação de animais e do homem, ocorrência de resíduos tóxicos em alimentos, impacto ambiental e, pode levar ao desenvolvimento de resistência aos diversos inseticidas químicos recomendados (OLIVEIRA, 1997; ZANÃO et al., 2009).

As perdas mundiais em produtos armazenados, devido ao ataque de insetos-praga na pós-colheita, são estimados anualmente em 15% e custos elevados são envolvidos para a proteção de grãos contra estas infestações, que no Brasil podem chegar a atingir 10% de toda a produção (Moreira et al., 2005).

Diante da elevada demanda por inseticidas de baixo impacto ambiental, a utilização de métodos alternativos se configura de forma promissora (QUEIROGA et al., 2012), associada ao uso de tecnologias mais limpas e modelos de produção mais saudáveis,

compatíveis com a agricultura familiar, pode desestimular aqueles que oferecem elevados riscos à saúde humana e ao meio ambiente (PORTO et al., 2012).

1.1. Objetivos

1.1.1. Geral

Avaliar a eficiência e comparar os impactos econômico e ambiental de diferentes métodos de controle para as pragas de grãos armazenados: *Tribolium castaneum* (Herbst) e *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens).

1.1.2. Específicos

a. Avaliar diferentes métodos de controle:

- Controle químico com inseticidas piretróides e organofosforados, com avaliação do resíduo tóxico em concreto, simulando o tratamento de instalações, armazéns ou silos.
- Controle alternativo com produtos naturais, utilizando óleos essenciais e terra de diatomáceas.
- Controle físico, com radiação gama para desinfestação das pragas de grãos armazenados.

b. Realizar uma revisão bibliográfica sobre os aspectos socioeconômicos e ambientais para os diferentes métodos de controle de pragas de grãos armazenados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Estruturas de armazenamento de grãos

Segundo Campos et al. (2006), as pragas dos grãos armazenados vivem em estreita inter-relação com o ambiente. Nos armazéns e silos, essas pragas encontram abrigo, proteção e farta quantidade de alimentos, além de serem favorecidas pelas condições climáticas, em especial de regiões tropicais. Dessa forma, o local de armazenamento de grãos pode ser definido como um ecossistema, em que mudanças qualitativas e quantitativas podem ocorrer ocasionadas por interações entre os fatores físicos, químicos e biológicos.

As perdas na produção podem ocorrer antes, durante e após a colheita, no transporte, industrialização e armazenamento, sendo influenciados negativamente por diversos fatores como: estruturas armazenadoras precárias, alto teor de umidade e presença de impurezas e de pragas nos grãos (ALVES et al., 2012).

Quirino et al. (2013) afirmam que o armazenamento deve propiciar a manutenção das características qualitativas dos grãos, observadas depois da secagem, durante períodos prolongados de tempo. Contudo, nas regiões tropicais e subtropicais, altas temperaturas e umidades relativas favorecem o desenvolvimento de insetos-praga que infestam os grãos armazenados, causando perdas quantitativas, como redução de peso e/ou volume, prejuízos qualitativos que culminam em contaminações e diminuição do valor nutricional.

O desenho da construção das unidades armazenadoras apropriadas é um fator importante na manutenção e melhoria da estabilidade da massa de grãos armazenados. As construções devem ser adaptadas visando à redução na infestação de pragas e apresentar tecnologia para minimizar o calor na parte superior do ambiente e maximizar a perda de calor e de umidade do grão para o meio ambiente (FARONI et al., 2008). Segundo Takemoto et al. (2008), o controle da temperatura e umidade é de fundamental importância, e recomendam que os silos devem ser providos de insufladores de ar e apresentar condições para o fácil remanejamento dos grãos, para evitar presença de luz e umidade, além de controle de temperaturas monitoradas por painéis.

Grande parte da produção de grãos é armazenada durante um determinado período. A importância da armazenagem reside no fato de o armazenamento adequado dos produtos agrícolas evitar perdas e preservar suas qualidades, além de suprir a demanda durante a entressafra e permitir aguardar melhores preços. Contudo, independentemente da espécie ou das características do local, perdas podem ocorrer durante a permanência do produto no armazenamento (ALVES et al., 2008).

O Brasil é um dos maiores produtores de grãos do mundo. Apesar de toda essa capacidade produtiva, ressalta-se que as práticas realizadas da colheita ao armazenamento interferem, diretamente, na qualidade dos grãos (QUIRINO et al., 2013).

Desde o final da década de 1990, Pinto Jr et al. (1997) sinalizavam as precárias condições de armazenamento no meio rural e as condições climáticas favoráveis ao crescimento da população de pragas, responsáveis por perdas variáveis entre 0,2 e 30% da produção total de grãos. De acordo com Campos et al. (2006), o maior índice de comprometimento está na propriedade agrícola, devido à infraestrutura precária, resultando na perda de cerca de 10% da safra, em virtude de falhas na colheita, no transporte e no armazenamento, potencializados pela presença danos físicos nos grãos, fungos e micotoxinas, associados ao manejo ineficiente das pragas no campo.

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2014), empresa vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a produção estimada para a safra 2013/2014, de 191,3 milhões de toneladas, foi 1,4% superior à obtida na safra 2012/2013, quando atingiu 188,7 milhões de toneladas. Esse resultado representa um ganho de 2,59 milhões de toneladas sobre a produção obtida na safra anterior. O ganho de produtividade teve início na década de 1980 e se acentuou na década passada, permitindo um aumento de 60 a 70% na produção, com elevação de área de apenas 18%.

Em contrapartida, a situação da armazenagem é crítica no Brasil. O crescimento atribuído, entre outros fatores, ao amplo investimento em pesquisa e tecnologia para o plantio no cerrado, não ocorreu nos processos com os grãos fora da lavoura. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento, o potencial total, dos cerca de 17.500 armazéns existentes no Brasil, está próximo de 140 milhões de toneladas. Associada a um modesto crescimento da capacidade de armazéns nos últimos anos, seriam necessários mais de 16 mil silos com capacidade média de 3 mil toneladas para suprir a demanda interna atual (CONAB, 2014). Além disso, segundo estimativas da ABRAPÓS (2012), do total de silos e armazéns graneleiros existentes, cerca de 40% não oferecem condições mínimas para guardar produtos e, devido às limitações de ordem socioeconômicas, as condições de armazenamento disponíveis para a maioria dos agricultores permitem reinfestações de pragas.

Segundo dados da FAO (2014), todos os anos milhões de toneladas de cereais, raízes, tubérculos, frutas e hortaliças não chegam a alcançar a mesa do consumidor, em países em desenvolvimento, devido à precariedade nas instalações de armazenamento e controle de pragas, aliadas a problemas de logística, transporte e comercialização. Essas perdas são estimadas em 10% da produção total, sendo que no Brasil elas estão em torno de 20%.

Os produtos agrícolas têm duração limitada e podendo ser agrupados em dois grandes grupos: produtos deterioráveis, que se danificam com mais lentidão, como cereais, grãos oleaginosos e leguminosos, e que devem ser armazenados em depósitos próprios nas cidades ou nas propriedades rurais; e os produtos perecíveis, que se estragam rapidamente, como frutas, verduras, cebola, mandioca, etc., que necessitam de armazenamento especializado e por isso dificilmente são conservados no meio rural (GALLO et al., 2002).

2.2. Pragas de grãos e produtos armazenados

Segundo Alves et al. (2008), os mais importantes fatores que afetam a qualidade dos grãos durante o armazenamento são: temperatura, umidade, características e estrutura do grão, além da presença de microrganismos, ácaros e insetos.

A maioria das espécies de insetos que ocorrem nos produtos armazenados tem sua origem nas regiões tropicais, onde melhor se reproduzem devido às condições quentes e úmidas do clima, que possibilitam a sua disseminação em todo o mundo. As espécies de insetos de maior importância e que atacam os grãos armazenados pertencem às ordens Lepidoptera (micro lepidópteros e traças) e Coleoptera (carunchos, gorgulhos e besouros). São pequenos insetos que possuem elevado potencial biótico, com grande número de indivíduos obtidos em cada reprodução e elevado número de gerações que podem ocorrer num período de entressafra, permitem que poucos indivíduos, em pouco tempo, formem uma população considerável (GALLO et al., 2002). Podem permanecer em repouso, quando as condições ambientais são adversas, possuem também a capacidade de infestação cruzada, o que propicia a migração dos armazéns para o campo e vice-versa. Para várias espécies, os adultos não se alimentam, vivem somente alguns dias com a finalidade de se reproduzir e dessa forma evitam a competição intra-específica por alimentos (CAMPOS et al., 2006).

Os insetos denominados de pragas primárias, são aqueles que possuem aparelho bucal cujas formas imaturas são capazes de perfurar e danificar os grãos, são também os de maior importância econômica por atacarem grãos inteiros e sadios, e abrirem caminho para o ataque de insetos secundários (CHAVES, 2007).

Dividem-se em primárias internas e externas. As primárias internas completam seu ciclo evolutivo no interior dos grãos e algumas espécies podem romper a película protetora do grão para ovipositar. A larva eclode e se desenvolve até a fase adulta dentro do grão. Outras depositam seus ovos externamente e, após a eclosão, as larvas perfuram e penetram no grão onde se desenvolvem até a fase adulta, quando rompem para o exterior do grão ou semente. São exemplos: *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae); *Rhyzopertha dominica* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae), etc. (GALLO et al., 2002).

As pragas primárias externas destroem o exterior dos grãos. Posteriormente, atacam a parte interna para se alimentar, porém, não se desenvolvem no seu interior. São exemplos: *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), *Lasioderma serricorne* Fabricius (Coleoptera: Anobiidae); *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Pyralidae), etc. (CAMPOS et al., 2006).

As pragas secundárias, por possuírem aparelho bucal menos contundente, apenas conseguem consumir farinhas, produtos processados com baixo ou médio grau de dureza ou de grãos previamente danificados pelos insetos primários, acidentalmente quebrados, trincados, com defeito na casca e que apresentam infecção fúngica. Desenvolvem-se e alimentam-se na parte externa do grão. Atacam todos os grãos e seus derivados, tais como farinhas, fubás, rações e farelos, frutos secos, cogumelos desidratados, etc. Como exemplos citam-se os besouros *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera, Silvanidae), *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera, Tenebrionidae), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera, Laemophloeidae), *Laemophloeus minutus* Oliver (Coleoptera: Curculidae), etc. (GALLO et al., 2002; CAMPOS et al., 2006; CHAVES, 2007).

Existe ainda a ocorrência de pragas associadas, parasitoides e predadores que são representados por insetos que se alimentam das pragas que infestam os grãos. Os inimigos naturais, mesmo não sendo considerados pragas, sua simples presença deprecia comercialmente o produto armazenado. Incluem-se também os ácaros, tanto os que produzem danos nos grãos como os predadores. Além desses organismos presentes na massa armazenada, podem ser mencionados os insetos da ordem *Psocoptera*, que são minúsculos e de difícil controle. Alimentam-se de resíduos, fungos, líquens e algas, e são encontrados basicamente em locais onde as condições de higiene e limpeza são precárias. Não causam danos diretos aos grãos, mas sim, de forma indireta, principalmente nos subprodutos e na contaminação dos alimentos industrializados (GALLO et al., 2002; CAMPOS et al., 2006).

2.2.1. Aspectos biológicos de *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens)

O besouro *C. ferrugineus* é uma praga secundária cosmopolita encontrada nas regiões tropicais, subtropicais e temperadas surgindo, frequentemente, em associação ou após infestações por *Sitophilus* e *Rhyzopertha*, consideradas pragas primárias de grande relevância. É mais comumente encontrado infestando grãos de cereais; mas, em países tropicais e subtropicais, também pode ser encontrado infestando sementes de oleaginosas, amêndoa de cacau, nozes, frutos secos e farinha. Em países de clima quente, ocorre em moinhos, sendo que, em regiões temperadas, pode ser substituído nesse nicho por *Cryptolestes turcicus* (Grouvelle) (PACHECO et al., 1995, POTENZA, 2011).

O adulto de *C. ferrugineus* é um besouro bastante ágil de cor marrom avermelhado, corpo achatado, com comprimento entre 1,70 e 2,43 mm, cutícula brilhante, cabeça sem

sulco transversal posterior e antenas com comprimento de 0,42 a 0,55 (macho) e 0,40 a 0,42 (fêmea), equivalentes ao comprimento do corpo (CAMPOS et al., 2006).

As condições ideais para o desenvolvimento de *C. ferrugineus* são de 33°C e 70% UR, que favorecem a deterioração da massa de grãos e, que podem explicar seu hábito alimentar de ingerir várias espécies de fungos de grãos armazenados, demonstrando, inclusive, preferência por grãos infectados por fungos. Pode sobreviver, no entanto, em condições muito frias. Em condições favoráveis de temperatura e umidade, as fêmeas chegam a depositar cerca de 400 ovos, após um período de pré-postura de 2 a 3 dias, os quais são colocados em grãos danificados ou diretamente na massa, e vivem ao redor de 6 a 9 meses. Nessas condições, o período médio de ovo a adulto é de 27,5 dias. As larvas alimentam-se preferencialmente do germe do grão, grãos quebrados, farelos, farinhas e outros produtos armazenados como cogumelos desidratados (shiitake). O inseto apresenta quatro instares larvais. A fase de pupa ocorre em casulo gelatinoso, o qual é usualmente coberto com partículas de alimento ou fixo entre dois grãos. Em condições de alta densidade populacional pode ocorrer canibalismo. Em temperaturas superiores a 21°C, o adulto voa ativamente (PACHECO et al., 1995; CAMPOS et al., 2006; ANTUNES et al., 2011).

2.2.2. Aspectos biológicos de *Tribolium castaneum* (Herbst)

Os representantes da família Tenebrionidae são encontrados, comumente, em regiões tropicais e temperadas. A ocorrência de tenebrionídeos em alimentos armazenados geralmente indica condições inadequadas de estocagem, especialmente quanto à sanitização e ao controle de umidade. Cerca de 80 espécies de tenebrionídeos têm sido relatadas como pragas de produtos armazenados, atacando uma ampla gama de alimentos. Os gêneros mais importantes associados com produtos armazenados nas condições brasileiras são: *Gnathocerus*, *Alphitobius*, *Tenebrio*, *Latheticus* e *Tribolium* (PACHECO et al., 1995).

O gênero *Tribolium* pertence à subfamília *Ulominae*, cujos membros com raras exceções, ou são pragas de produtos armazenados ou vivem em produtos em estado de deterioração (PACHECO et al., 1995).

Segundo Pacheco et al. (1995), acredita-se que essa espécie seja originária da Índia, de onde se disseminou para outras regiões do mundo. As larvas e os adultos são pragas secundárias importantes no armazenamento de cereais, atacando preferencialmente o embrião.

Os insetos dessa espécie infestam também amendoim, café, cacau, soja, frutos secos, nozes, especiarias, sementes de algodão, medicamentos, leite em pó e, ocasionalmente, ervilhas e feijões, todos os tipos de cereais moídos como farelos, rações, farinhas, fubá e também chocolates, raízes de gengibre e cogumelos secos como shiitake (PACHECO et al., 1995; GALLO et al., 2002; CAMPOS et al., 2006).

Os adultos de *T. castaneum* apresentam coloração castanho-avermelhada, seu comprimento varia de 2 a 4 mm e são achatados, vivem geralmente de 9 a 14 meses (o ciclo de ovo a adulto varia de 1 a 4 meses), podendo chegar a 4 anos. Apresentam na cabeça duas depressões transversais, uma à frente dos olhos e outra logo atrás dos olhos, e pronoto em forma retangular. Antenas com os três últimos segmentos alargados abruptamente, sendo o nono antenômero quase duas vezes mais largo que o oitavo (PACHECO et al., 1995; CAMPOS et al., 2006).

Esta espécie é muito tolerante a condições áridas (< 30% UR). O período de desenvolvimento é maior em umidades mais baixas, sendo, no entanto, a sobrevivência pouco afetada, com mais de 80% dos estágios imaturos atingindo a fase adulta. O ciclo de vida pode ser completado em 21 dias em condições ótimas de temperatura (35°C) e umidade relativa (75%) do ar (PACHECO et al., 1995; BELCHOL et al., 2007).

Em condições favoráveis de temperatura, umidade relativa e disponibilidade de alimentos, as fêmeas podem ovipor, nas sacarias ou nos alimentos que infestam, de 400 a 500 ovos, podendo atingir mais de 1000. Podem colocar seis a doze ovos por dia, durante vários meses. Os ovos são pequenos, de forma oblonga, medindo aproximadamente 0,6 x 0,3 mm de comprimento, são claros e recobertos por substância viscosa que acumula farinha ou partículas de poeira. O período de incubação é de aproximadamente 7 dias (PACHECO et al., 1995; GALLO et al., 2002; CAMPOS et al., 2006; BELCHOL et al., 2007).

As larvas são branco-amareladas e cilíndricas, medindo 7 mm de comprimento. Apresentam o último segmento do abdome bifurcado, são finas com aspecto de larva-aramé, podendo permanecer neste estágio de desenvolvimento por cerca de 20 dias (GALLO et al., 2002; CAMPOS et al., 2006). As larvas passam por cinco a doze ecdises, apresentando em média sete a oito mudas (LORINI et al., 2002).

As pupas são amarelas no início da fase e marrons no final, podendo ser encontradas soltas entre os substratos, em fendas e rachaduras das estruturas de armazenagem e nos maquinários; também podem ser encontradas longe do armazenamento, em madeira em estado de putrefação e sob casca de árvores (PACHECO et al., 1995; EBELING, 2014).

Segundo Lorini et al. (2002), o canibalismo e a predação são características importantes quanto à nutrição de *T. castaneum*. Os ovos e pupas de *Tribolium* são

frequentemente atacados pelos adultos e pelas larvas, limitando a população. Merece destaque a notável capacidade de multiplicação e adaptação, uma vez que poucos exemplares podem formar populações consideráveis em curto período de tempo.

Os adultos e as larvas de *T. castaneum* predam todos os estágios de *Ephestia cautela* (Walker), *P. interpunctella* e *C. cephalonica*, e também há relatos de predação de lagartas de *Ephestia kuehniella* Zeller e de *Sitroga cerealella* Oliver (PACHECO et al., 1995).

Infestações por *T. castaneum* produzem um odor característico devido à secreção de uma substância irritante e pungente que contém quinonas, por glândulas odoríferas situadas nos segmentos torácicos e abdominais. Quando grandes populações ocorrem em farinhas, esta se torna rósea devido à contaminação por essas secreções e prejudicam suas propriedades culinárias (PACHECO et al., 1995; ALENCAR et al., 2011).

2.3. Manejo integrado de pragas de grãos (MIP)

A crescente preocupação em preservar o ecossistema tem exigido da comunidade científica a busca por novos métodos de controle de insetos-praga. O uso indiscriminado de agrotóxicos, além de causar danos ao meio ambiente e organismos não-alvos, tem causado problemas relacionados à resistência dos insetos aos princípios ativos desses produtos. Segundo Guedes et al. (2006), o controle químico é o método mais empregado para o combate de insetos-praga de produtos armazenados em países tropicais, pela facilidade de uso e a viabilidade econômica. Por estar em uso há muitos anos, vem acarretando uma contínua seleção de populações de pragas resistentes aos inseticidas mais utilizados. Este fato, aliado à exigência cada vez maior em produzir alimentos livres de resíduos tóxicos, tem despertado o interesse no desenvolvimento de outros métodos de controle, possíveis de serem executados em conjunto, nas unidades armazenadoras. O manejo integrado das pragas (MIP) de grãos armazenados tem sido buscado visando minimizar os problemas de perdas ocasionadas no armazenamento. Esse manejo consiste na integração de diferentes métodos de controle de pragas, dentro de uma relação custo-benefício adequada e de práticas ambientalmente seguras (CAMPOS et al., 2006).

Segundo Salmeron (2007), o MIP constitui um plano de medidas voltadas para diminuir o uso de inseticidas, buscando otimizar o uso desses produtos no ambiente, integrando medidas preventivas e corretivas para reduzir os problemas com pragas. Conforme o mesmo autor, é sabido que nenhum método pode ser altamente eficiente, quando utilizado isoladamente, dessa forma o MIP baseia-se no uso de vários métodos de forma complementar e integrada, com ênfase na utilização de medidas preventivas.

Esse novo conceito é muito amplo, sendo um somatório de tecnologias em várias áreas (entomologia, fisiologia vegetal, matemática, economia, ciências da computação, etc.), formando um pacote tecnológico dinâmico, que prevê uma estrutura objetiva para as tomadas de decisões relacionadas com o emprego de novos métodos de controle. Em última análise, o manejo foi uma resposta da comunidade científica ao uso incorreto de produtos químicos (GALLO et al., 2002).

2.4. Uso de radiação gama

Desde a década de 1950, são realizadas pesquisas científicas sobre a irradiação de alimentos nos Estados Unidos. Em 1955, o Departamento Médico do Exército Americano avaliou a segurança de alimentos comumente irradiados na dieta americana. Em 1970, a National Aeronautics and Space Administration (NASA) adotou o processo de esterilização de carnes para o consumo no espaço, prática que se estende até os dias atuais. Após diversas investigações, o Food and Drug Administration (FDA), em meados da década de 1960, autorizou pela primeira vez o emprego da irradiação em batatas e trigo. Em 1980, seguiram-se as aprovações da irradiação de especiarias e temperos, frutas frescas, carne suína, substâncias secas e desidratadas. Também em 1980, a Joint Food and Agriculture Organization (FAO); International Atomic Energy Agency (IAIE); World Health Organization (WHO); Expert Committee on Wholesomeness of Irradiated Food concluíram que os alimentos irradiados são seguros quando submetidos aos níveis de até 10 kGy (quilo Gray) sem necessidade de estudos adicionais (SOARES et al., 2008).

Atualmente, quarenta países possuem legislação permitindo o uso de irradiação na conservação de alimentos, o que corresponde a mais de 28 bilhões de libras (61,7 milhões de toneladas) de produtos irradiados anualmente na Europa e cerca de vinte e sete países usam tal tecnologia para fins comerciais, inclusive o Brasil (SOARES et al., 2008).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), registram-se perdas de alimentos em grandes quantidades devido à deterioração, o que representa um importante problema que atinge principalmente países em desenvolvimento. Estima-se que cerca de 50% dos produtos perecíveis, como carne, frango e pescado, frutas e vegetais, sejam perdidos antes de atingirem o consumidor final. Grande parte das perdas de alimentos ocorre devido à infestação por insetos, que, até recentemente, eram combatidos pela fumigação de compostos químicos, tais como: brometo de metila, dibrometo de etileno e óxido de etileno. Contudo, devido aos efeitos deletérios de tais substâncias à saúde humana

e ao ambiente, alguns desses produtos foram proibidos na década de 1980, enquanto outros tendem a serem banidos (FAO/OMS, 2014).

2.4.1. Irradiação de alimentos

A irradiação refere-se aos processos físicos de emissão e propagação de energia, seja por intermédio de fenômenos ondulatórios, ou seja, por partículas dotadas de energia cinética. A irradiação consiste na aplicação dessa energia a um material, tal como alimento, com a finalidade de esterilizá-lo ou preservá-lo pela eliminação de microrganismos, parasitas, insetos e outras pragas (SOARES et al., 2008).

Há dois tipos de irradiação: a não ionizante ou ultravioleta (UV) e a ionizante. A radiação UV é utilizada principalmente para a descontaminação do ar ambiente e esterilização superficial da água e de equipamentos. A esterilização de embalagens utilizadas em processos assépticos, esterilização superficial de pães e redução de microbiota superficial de carnes mantidas em câmaras de refrigeração. A radiação ionizante pode ser caracterizada por seu elevado nível de penetração e ação letal em nível celular. Para as pesquisas com esterilização, comumente são empregados os seguintes tipos de radiações: alfa (α) radiações em forma de partículas, beta (β) nêutrons acelerados e elétrons acelerados e gama (γ) ou raio X, em forma de energia (UCKO, 1992; GALLO et al. 2002).

Embora as radiações energéticas tenham maior capacidade de penetração, destas empregam-se apenas os raios gama. Os isótopos mais utilizados como fonte de radiação são o césio 137 (Cs), com meia vida de 30 anos e o cobalto 60 (Co), com meia vida de 5,3 anos (SILVA et al., 2004; HALLMAN, 2013).

O cobalto 60 é especificamente indicado para o uso em radioterapia, esterilização de produtos hospitalares, irradiação de alimentos e produtos armazenados, sendo mais econômico que o raio X. As radiações ionizantes podem ser empregadas de três maneiras no controle de insetos: a técnica de inseto estéril, irradiação fitossanitária e por meio de esterilização total, que consiste na aplicação direta dos raios sobre a população dos insetos, por um período predeterminado, que permita sua supressão total. Tal processo é utilizado para pragas de grãos armazenados (GALLO et al., 2002; SOARES et al., 2008; HALLMAN, 2013).

A infestação por insetos é o principal problema dos cereais na produção, armazenamento e comercialização. O método de controle mais utilizado consiste na fumigação utilizando praguicidas altamente tóxicos, devido ao baixo custo, realização rápida e fácil, contudo, sua aplicação constitui risco considerável para os trabalhadores (EL

NAGGAR et al., 2011). Por outro lado, como uma das condições do tratamento é não manipular os grãos durante vários dias, certos inseticidas não são capazes de penetrar uniformemente no produto, possibilitando a sobrevivência de pragas, bem como o desenvolvimento de resistência (GUEDES et al., 2006).

O tratamento com irradiação gama pode aumentar o tempo de estocagem do produto sem que ocorra formação de resíduos, e este método pode ser utilizado nos alimentos já embalados e prontos para a comercialização, representando uma importante alternativa ao uso de substâncias químicas, incluindo os fumigantes (TAIPINA et al., 2003; SILVA et al., 2004).

No processo de interação da radiação gama com os organismos, ocorre transferência de energia, que pode provocar ionização e decompor a água, ocorrendo a formação de radicais livres que afetam grupos protéicos enzimáticos, alterando o metabolismo celular. Podem ocorrer alterações no DNA de uma célula que, continua a reproduzir-se, levando à mutação celular, à fragmentação dos cromossomos e do cromatídeo, ou morte celular (LEÃO, 2007).

Segundo El-Naggar et al. (2011), os efeitos da irradiação são muito variados nos insetos e dependem primeiramente da espécie, estágio e dose administrada. Porém, a morte é frequentemente demorada. Os estágios imaturos são geralmente mais radiosensíveis que o estágio adulto. Por exemplo, na dose de 500 Gy, o tempo necessário para a morte da larva pode variar de poucos dias a muitas semanas, dependendo da espécie. Para larvas de *Tribolium confusum* Jacquelin du Val e de *C. cephalonica* são necessários sete dias após a aplicação de 1 a 2 kGy, para ocorrer a mortalidade máxima dos insetos.

Kune et al. (2009) reportam que para o controle de microrganismos presentes nos alimentos e que causam doenças, se faz necessário o uso de altas doses de radiação. Porém, os artrópodes-praga de grãos podem ser controlados com baixas doses, porque diferentemente de microrganismos que precisam ser eliminados, o controle dessas pragas de grãos pode ter como meta apenas impedir o desenvolvimento ou a reprodução da praga. Segundo Hallman (2013), o uso da mortalidade aguda como critério de avaliação de eficácia da irradiação pode não ser o mais conveniente, sendo que, este método pode levar a um resultado adverso na qualidade do produto (alimento), devido ao emprego de doses excessivas aplicadas para atingir altos níveis de mortalidade, quando (na maioria dos casos) bastaria a prevenção da reprodução.

Rossi et al. (2010) reportam que o controle de produtos armazenados por fumigação de inseticidas sintéticos tem limitações porque os insetos desenvolvem resistência aos inseticidas. Wang et al. (2006) mencionam também, que o uso extensivo de fumigantes

sintéticos para esta finalidade pode causar sérios efeitos indesejáveis no meio ambiente, e portanto, alternativas por técnicas ambientalmente mais seguras e limpas devem ser procuradas.

Ayvaz et al. (2002) destacam que o uso de óleos essenciais e da irradiação gama, são métodos eficientes e mais seguros que podem ser adotados para o manejo de pragas de grãos armazenados.

Ahmadi et al. (2013) combinaram óleos essenciais de plantas medicinais com irradiação gama no controle de *T. castaneum*, e constaram que a eficiência do óleo essencial pode ser potencializada com tratamento preliminar de irradiação.

Silva e Arthur (2004), em estudo realizado para avaliar o efeito do fracionamento de dose de radiação gama sobre *S. oryzae*, *R. dominica* e *T. castaneum*, concluíram que a espécie *S. oryzae* era a mais radiosensível. *R. dominica* e *T. castaneum*, demonstraram radio sensibilidade semelhante para todas as doses aplicadas. A dose de 3,0 kGy contínua, causou alta mortalidade igualmente para as três espécies estudadas, enquanto que as doses fracionadas (3,0 e 5,0 kGy) promoveram maior longevidade para as espécies *R. dominica* e *T. castaneum*. As doses fracionadas de radiação gama, aumentaram a esperança de vida para os adultos das espécies irradiadas, portanto, recomenda-se a aplicação de doses contínuas de radiação gama para o controle das três espécies (SOARES et al., 2008).

Pelas razões apontadas, a irradiação é uma opção importante que deve ser considerada no controle de pragas, quando da proibição de fumigantes químicos. Contudo, a irradiação dos alimentos não substitui a manipulação adequada dos produtos e, assim como outras técnicas de processamento de alimentos, a irradiação pode provocar alterações sensoriais e nutricionais, que formam compostos descritos como produtos radiolíticos. Eventualmente, podem ser observadas a formação de odores e sabores estranhos, oxidação lipídica e perda de alguns nutrientes, principalmente vitaminas. A intensidade e natureza destas alterações estão relacionadas ao tipo, à variedade e a composição dos alimentos, dose de radiação aplicada e às condições de armazenamento após o tratamento. Investigações subsequentes determinaram que os radicais livres e outros compostos produzidos são idênticos aos formados durante o cozimento, a pasteurização, o congelamento e outras formas de preparo e processamento. Não existem evidências de que tais radicais sejam tóxicos, carcinogênicos, mutagênicos ou teratogênicos (SOARES et al., 2008).

Com relação ao valor nutritivo dos alimentos irradiados, as perdas de nutrientes são pequenas e isso se deve ao fato de a irradiação não elevar substancialmente a temperatura do alimento. Os resultados obtidos em pesquisas mostraram, com segurança, que a

irradiação adequada dos alimentos não produz substâncias nocivas à saúde, sendo praticamente inexistentes os riscos toxicológicos associados ao consumo de produtos irradiados (SOARES et al., 2008).

Na irradiação de alimentos, os principais fatores que influenciam a economia incluem: parâmetros de projeto de irradiação tais como dose aplicada, densidade de acondicionamento dos produtos, condições de manuseio como produtos secos, deterioráveis, que necessitam de temperatura de conservação controlada, uniformemente da dose e produtividade operacional. Os custos de irradiação variam de US\$ 10 a 15 por tonelada para uma aplicação de baixa dose (como por exemplo, para inibir o crescimento de brotos em batatas e cebolas) e de US\$ 100 a 250 por tonelada para aplicação de altas doses (por exemplo, para assegurar a qualidade higiênica de especiarias) (ICGFI, 1999; ALVES, 2007).

2.5. Controle com terras de diatomáceas

O combate às pragas que ocorrem no armazenamento é realizado tradicionalmente com inseticidas químicos, que consiste em matar os insetos em um dos seus estádios biológicos (ovo, larva, pupa e adulto), visando atingir 100% de controle (SMIDERLE et al., 1998). Tal método oferece risco ao trabalhador e aos consumidores devido à toxicidade dos produtos químicos e possível presença de resíduos tóxicos nos alimentos. Outro problema associado é o desenvolvimento de resistência das pragas aos inseticidas comumente utilizados em grãos armazenados (ALMEIDA et al., 1999; GUEDES et al., 2006; SOUZA et al., 2009).

A preocupação dos consumidores em relação ao ambiente, à qualidade do alimento e aos efeitos colaterais causados pelos inseticidas sintéticos, tem incentivado os pesquisadores a testar alternativas para o controle de pragas de grãos armazenados. (LIMA-MENDONÇA et al., 2013).

Dentre as formas de controle estudadas nas últimas décadas, destaca-se o uso de terra de diatomáceas (pó-inerte) considerada uma prática segura que pode causar a morte do inseto em um período variável de dias (SOUZA et al., 2009).

Pós-inertes usados para controlar pragas de grãos armazenados são compostos provenientes de minerais extraídos de rochas que, moídos e misturados a grãos, causam a morte de insetos por dessecação (LORINI et al., 2001).

A terra de diatomáceas é proveniente de algas diatomáceas fossilizadas que possui o dióxido de sílica como principal ingrediente. Segundo Korunic (1998), a terra de diatomáceas é um depósito geológico que consiste de esqueletos petrificados de numerosas

espécies de silícios e organismos unicelulares marinhos e outras algas. É um produto natural, estável, não produz resíduos químicos e não reage com outras substâncias. A sílica tem a capacidade de desidratar os insetos por danos provocados na cutícula, causando a morte em um período variável de um a sete dias, dependendo da espécie-praga. Trata-se de um produto seguro para operadores e consumidores dos grãos, com ação inseticida duradoura, pois não perde efeito ao longo do tempo. A terra de diatomáceas não compromete o meio ambiente, pois seu uso não produz nenhum resíduo com características contaminantes. É usada como aditivo alimentar em outros países, tanto para rações como para consumo humano (LORINI et al., 2001).

A terra de diatomáceas tem se mostrado eficiente para o controle das principais pragas do milho armazenado. Coitinho et al. (2006) constataram, em estudo realizado com dióxido de sílica para o controle de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), que o produto proporcionou mortalidades de até 46,7, além de se obter efeito residual no controle de *S. zeamais* por 120 dias de armazenamento de milho. Em outro estudo, reportado por Arthur (2001), grãos de trigo foram tratados com terra de diatomáceas, na proporção de 10,5 mg por 35 g de trigo e provocaram mortalidade de 95% de adultos de *O. surinamensis*, após três dias de exposição. Arnaud et al. (2005) constataram controle satisfatório de *T. castaneum* com terras de diatomáceas provenientes de quatro formulações comerciais testadas.

Chaves (2007) recomenda o uso de terra de diatomáceas com a técnica de envelopamento. Sabe-se que *Ephestia elutella* (Hübner) e *Sitotroga cerealella* (Olivier), demoram muito para penetrar em massa de grãos, chegando há 10 semanas para atingir 12 cm em milho e seis cm em sorgo. Enquanto que, *P. interpunctella* oviposita no máximo até oito cm em milho. Dessa forma o posicionamento estratégico da terra de diatomáceas irá funcionar como agente de mortalidade pela desidratação das formas imaturas dessas traças.

O estudo realizado por Souza et al. (2009) objetivou avaliar o efeito de pós de quatro espécies vegetais e terra de diatomáceas, em diferentes concentrações, para controle de *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann) (Coleoptera, Bruchidae) em grãos de feijão armazenado. Avaliaram como parâmetros biológicos, a oviposição, viabilidade larval, número e peso de adultos emergidos. Os resultados obtidos da interação dos diferentes pós foram significativos para os parâmetros avaliados. Os tratamentos à base de pó de folhas de *Mentha pulegium* (L.) e terras de diatomáceas indicaram elevada eficiência na inibição do desenvolvimento de *Z. subfasciatus* quando confinados em ambientes vedados.

Pinto Jr. et al. (2005) testaram a eficiência de pós-inertes de terras de diatomáceas como alternativa na substituição de inseticidas para o controle de *Acanthoscelides obtectus*

(Say) (Coleoptera: Bruchidae), caruncho do feijão, nas dosagens de 0, 250, 500 e 750 g/ton por cinco dias. A maior mortalidade foi observada no quinto dia para 750 g/ton que controlou 81,2% da população. Para a dosagem de 100 g/ton, a população testada apresentou mortalidade de 100% após quatro dias de exposição.

Em estudo semelhante, Marsaro Jr. et al. (2009), testaram a eficiência da terra de diatomáceas para controle de *T. castaneum*. Com dosagens de 1000 g/ton de milho, obtiveram 95% de mortalidade após o 6º dia de tratamento, apresentando alta eficiência de controle em curto espaço de tempo. Para as dosagens de 800g, 600g e 400g, respectivamente, a mortalidade ocorreu em 7, 8 e 10 dias. Com a dosagem de 200g alcançaram 42% de mortalidade após 28 dias de exposição.

Yang et al. (2010), realizaram estudos com óleo essencial de alho e/ou combinado com terra de diatomáceas para o controle de *S. oryzae* e *T. castaneum*. Os resultados mostraram que o óleo essencial aplicado em combinação com terra de diatomáceas apresentou melhores resultados, inclusive com inibição dos estágios de ovo e larva para o adulto, nas duas espécies, além de um longo efeito residual. Os resultados obtidos com emprego de óleo essencial de alho em combinação com terra de diatomáceas indicam bom potencial de uso desses produtos como alternativa aos inseticidas sintéticos para o controle de insetos-praga de produtos armazenados.

Estudos realizados por Rossato et al. (2013), com o objetivo de avaliar a suscetibilidade de pragas de grãos armazenados ao inseticida à base de terra de diatomáceas, em função do tempo de exposição, constatou-se um TL_{50} de 9,9; 4,9 e 2,3 dias, para *T. castaneum*, para as doses de 0,5; 1,0 e 2,0 g de terra de diatomáceas por quilograma de grãos, respectivamente. Nas doses de 1,0 e 2,0 g/Kg de grãos, obtiveram mortalidade de 100% no primeiro dia de avaliação.

Nos Estados Unidos, este produto é reconhecido como seguro e é registrado como aditivo alimentar pelo Food and Drug Administration. Uma desvantagem do uso de terra de diatomáceas em grão a granel é que, em doses mais elevadas, ela pode afetar as propriedades físicas dos grãos, como a capacidade de escoamento na correia transportadora (PINTO JUNIOR et al., 2008). Korunic (1998) aponta que há diversos fatores que afetam a eficácia da terra de diatomáceas aplicada em grãos armazenados, pois diferentes formulações e origens, por exemplo, apresentam variações em toxicidade e em características físicas que afetam sua eficácia. Da mesma forma, diferentes espécies de insetos variam quanto à sua suscetibilidade ao produto. Contudo, a terra de diatomáceas é efetiva, de baixo custo e de fácil manejo e, segundo Yang et al. (2010), formulações comerciais de terra de diatomáceas apresentam baixa toxicidade para mamíferos e podem ser removidos dos grãos durante o processo de moagem.

2.6. Controle com óleos essenciais

Embora o controle químico de pragas, quando bem realizado, pode resultar em boa eficácia, as condições de armazenamento disponíveis para a maioria dos agricultores permitem reinfestações. Por outro lado, as limitações de ordem econômica e suas desvantagens, como a toxicidade, dificultam o emprego dessa forma de controle com sucesso (BRITO et al., 2006).

A aplicação de plantas com atividade inseticida no controle de pragas no armazenamento se deve, sobretudo, ao surgimento da resistência dos insetos a inseticidas organossintéticos, à contaminação por eles causada, à presença de resíduos químicos tóxicos nos alimentos e à intoxicação dos operários aplicadores de inseticidas (ESTRELA et al., 2006). Pereira et al. (2008) e Queiroga et al. (2012) também ressaltam que a resistência dos insetos-praga aos inseticidas sintéticos exige o emprego de concentrações mais elevadas desses produtos para seu controle. Dessa forma, o uso de óleos essenciais vegetais apresenta as vantagens de menor impacto ambiental e maior segurança para o homem, tanto para aplicadores quanto para o consumidor final.

As plantas inseticidas são uma alternativa viável por ter baixo custo, ser de fácil preparação e facilmente encontradas. Elas têm sido muito utilizadas no controle de insetos durante o armazenamento de grãos de feijão, em países da América Latina, África e Ásia (PEREIRA et al., 2008; QUEIROGA et al., 2012)

Os óleos essenciais provocam mortalidade, repelência, inibição da oviposição, além da redução do desenvolvimento larval, da fertilidade e da fecundidade dos adultos, apresentando também, propriedades antifúngicas, antissépticas, bacterianas e atividade antioxidante (OLIVEIRA et al., 1997; BRITO et al., 2006; ANDRADE et al., 2012).

Os óleos essenciais, também conhecidos como óleos voláteis, etéreos ou simplesmente óleo essencial, são definidos pela International Standard Organization (ISO) como produtos obtidos de partes de plantas através da destilação por arraste com vapor d'água bem como produtos obtidos por prensagem dos pericarpos dos frutos (VITTI et al., 2003; BIZZO et al., 2009).

As denominações dadas a estes óleos são devido às suas características físico-químicas. São considerados óleos por serem, geralmente, líquidos de aparência oleosa à temperatura ambiente. Por apresentarem volatilidade, recebem ainda o nome de óleos voláteis, e são chamados de essenciais devido ao aroma agradável e intenso da maioria de seus representantes. A denominação de óleos etéreos é referente ao fato dos mesmos serem solúveis em solventes orgânicos apolares, como o éter (VITTI et al., 2003).

Há mais de 300 tipos de óleos essenciais de importância comercial no mundo. O Brasil tem lugar de destaque na produção de óleos essenciais, ao lado da Índia, China e Indonésia, que são considerados os quatro maiores produtores mundiais. A posição do Brasil deve-se aos óleos essenciais de citros, que são subprodutos na indústria de sucos. No passado, o país teve destaque como exportador de óleo essencial de pau rosa, sassafrás e menta (BIZZO et al., 2009).

Os óleos essenciais são originários do metabolismo secundário das plantas e possuem composição química complexa (OLIVEIRA et al., 2011). Segundo Vitti et al. (2003), uma gama bastante ampla de constituintes químicos pode ser identificada nos óleos essenciais, havendo referência da presença de hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples e terpênicos, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, éteres, peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas, cumarinas, etc. Entre os constituintes do óleo essencial, alguns apresentam maior concentração e, são conhecidos como componentes principais. Aqueles que se apresentam em baixíssimas concentrações são chamados de componentes traços.

Os óleos essenciais são geralmente produzidos por estruturas secretoras especializadas, tais como: pelos glandulares, células parenquimáticas, canais oleíferos ou bolsas específicas (VITTI et al., 2003). Tais estruturas podem ser localizadas em algumas partes específicas ou em toda planta, tais como: na parte aérea, nas flores, nas folhas, nos frutos, na madeira, nas cascas do caule, nas raízes, nos rizomas e nas sementes (VITTI et al., 2003; BIZZO et al., 2009)

As plantas sintetizam e emitem inúmeros compostos voláteis com a finalidade de se defenderem ou de atrair os polinizadores. Por isso, os óleos essenciais são considerados fontes em potencial de substâncias biologicamente ativas, principalmente contra microrganismos como bactérias, fungos filamentosos e leveduras (OLIVEIRA et al., 2011). Silva e Bastos (2007) observaram que o óleo essencial extraído de *Caesulia axillaris* Roxb. (Asteraceae) foi superior a 8 fungicidas sintéticos e foi mais eficaz no controle da mancha foliar do arroz, causada por *Helminthosporium oryzae*.

Os óleos essenciais são cada vez mais estudados como antioxidantes e para controle de microrganismos. Eles ocupam lugar preponderante nas indústrias de insumos farmacêuticos, perfumarias e cosméticos, devido não somente à possibilidade de obtenção de compostos aromáticos, mas também de compostos com propriedades terapêuticas e de proteção contra os processos de oxidação e deterioração por microrganismos, como na indústria de agroalimentos (BAKKALI et al., 2008; ANDRADE et al., 2012).

O Brasil, devido à riqueza e abundância de espécies vegetais, pode ser considerado um celeiro para a descoberta de efeitos inseticidas de espécies vegetais antes exploradas

para outros fins, mas que seus subprodutos podem ser aproveitados para o controle de pragas em diversas formas (BRITO et al., 2006).

Contudo, o Brasil sofre problemas crônicos como a falta de manutenção do padrão de qualidade dos óleos, representatividade nacional e baixos investimentos governamentais no setor, que levam a um quadro estacionário (BIZZO et al., 2009).

2.6.1. Óleo essencial de citronela (*Cymbopogon* spp.)

O capim citronela (*C. nardus*), planta originária da Índia (Ceilão), é utilizada na Indonésia como chá calmante e digestivo. O gênero *Cymbopogon* pertence à família Poaceae, subfamília Panicoideae. Este gênero é constituído por mais de 100 espécies nos países tropicais, inclusive no Brasil, dentre as quais, aproximadamente 56 são aromáticas. Os principais constituintes para o óleo essencial de *C. nardus*, são: citronelal (36,67%), geraniol (25,05%), citronelol (11,40%) e elenol (6,99%). É mais conhecido pelo poder repelente do constituinte citronelal, devido à ação fungicida, bactericida e também, na medicina popular como uso terapêutico, além da fabricação de cosméticos e perfumes (LORENZI; MATOS, 2002; CASTRO et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2011; ANDRADE et al., 2012).

Medice et al. (2012) constataram que os óleos de tomilho, eucalipto, nim e citronela, inibiram em 100% a germinação dos urediniósporos, fungo *Phakopsora pachyrhizi*, em meio ágar-água. Oliveira et al. (2011) verificaram que o óleo essencial de *C. nardus*, em diversas concentrações, foi eficiente na inibição do crescimento da bactéria *Listeria monocytogenes*, comum na indústria de alimento. Em outro estudo, Castro et al. (2010) verificaram que este óleo apresentava atividade fungicida, bacteriana, antioxidante e de repelência para insetos.

Andrade et al. (2012), realizando um estudo com o óleo essencial de *C. nardus*, constataram atividade bactericida deste óleo para bactérias Gram-positivas e Gram-negativas (*Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella choleraesuis* e *Pseudomonas*). Também foi observada atividade antioxidante de *C. nardus*, evidenciado pelo teste β -caroteno/ácido linoleico e pelo teste DPPH (difetil-picril-hidrazina).

2.6.2. Óleos essenciais de eucalipto (*Eucalyptus* spp.)

Entre as aproximadamente 600 espécies de eucalipto descritas, pouco mais de 200 foram examinadas com relação à produção e ao teor de óleo essencial, e menos de 20

delas têm sido citadas como usadas na exploração comercial. Os óleos de essenciais de eucalipto estão divididos em três grupos principais, medicinais, industriais e perfumarias. Ocorrem, principalmente, nas folhas, onde são produzidos em pequenas cavidades globulares, chamadas glândulas. Estas glândulas encontram-se distribuídas em todo o parênquima foliar da maioria das espécies de eucalipto (VITTI et al., 2003).

As principais espécies produzidas no Brasil são os eucaliptos das espécies *Eucalyptus globulus* Labill., cujo principal componente é o cineol (no mínimo 70%), destinada à fabricação de produtos farmacêuticos. No Brasil, a espécie *E. citriodora* é a principal espécie explorada, sendo que, o componente principal, o citronelal, está presente na indústria de perfumes e produtos de limpeza. *E. staigeriana*, que possui como componente químico principal o citral, é cultivado em pequena escala no país. É caracterizada como uma árvore de tamanho médio, podendo chegar a 22m de altura. As folhas desta espécie apresentam cheiro caracteristicamente cítrico, proveniente do citral (VITTI et al., 2003; BIZZO et al., 2009).

As exportações brasileiras dos óleos essenciais de eucalipto, no período de 2005-2008, somaram US\$ 9,6 milhões relativos a 1237 toneladas, sendo 66% do estado de São Paulo e 33% de Minas Gerais (BIZZO et al., 2009).

Brito et al. (2006), conduzindo estudos de fumigação com três óleos essenciais de plantas do gênero eucalipto (*E. globulus*, *E. citriodora* e *E. staigeriana*) para o controle de *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera: Bruchidae), observaram que a porcentagem de ovos viáveis e as de adultos emergidos de carunchos sofreram redução com a aplicação dos três óleos essenciais, e os óleos de *E. staigeriana* e *E. citriodora* induziram os menores valores de ovos viáveis e insetos emergidos (BRITO et al., 2006).

Alves et al. (2003) relataram a eficiência dos óleos de *C. nardus*, *C. citratus* e *E. citriodora* no controle in vitro dos fungos *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum musae* e *Fusarium subglutinans*.

Coutinho et al. (2006) testaram o efeito residual de inseticidas naturais (óleo de nim, eucalipto, eugenol, andiroba, alecrim, cedro e pequi) no controle de *Sitophilus zeamais* (Mots.) em milho armazenado. No período inicial de armazenamento, todos os óleos ocasionaram mortalidade de *S. zeamais* acima de 79% e aos 60 e 120 dias, a mortalidade foi inferior a 2,5%. A emergência de adultos aumentou com o período de armazenamento, no entanto, aos 120 dias o melhor desempenho foi obtido com o óleo de *E. globulus*.

Em outro estudo, óleos essenciais foram avaliados quanto à influência sobre a mortalidade e a eclosão de juvenis de segundo estágio (J2) do nematoide *Meloidogyne exigua* Goeldi. Entre os óleos empregados constavam *Cymbopogon nardus* (L.) e óleos do gênero *Eucalyptus*, que, embora não tenham inibido a eclosão, causaram alta mortalidade

dos J2 de *M. exigua*, o que demonstra bom potencial nematicida de suas substâncias bioativas (SALGADO et al., 2003).

2.7. Controle com inseticidas

Pesticidas ou praguicidas são substâncias ou misturas de substâncias utilizadas para matar ou controlar a ação de quaisquer formas de vida reconhecidas como pragas ou pestes, como ácaros, moluscos, roedores, nematoides, plantas invasoras, patógenos e insetos, entre outros (GUEDES et al., 2008).

Segundo Nakano (2007), praguicida é um produto químico ou biológico que aplicado direta ou indiretamente sobre os insetos, em doses adequadas, provoca sua morte. Seu efeito é determinado estabelecendo-se a dose mínima necessária para atingir o objetivo. Essa dose, por sua vez, é variável em função da substância ativa presente, da sensibilidade de cada organismo a essa substância, e da estabilidade da mesma no meio ambiente.

Os praguicidas são introduzidos no meio ambiente obedecendo a critérios técnicos, com o objetivo de impedir a ação ou destruir direta ou indiretamente formas de vida animal ou vegetal prejudiciais à agricultura (insetos, ácaros, fungos, plantas daninhas etc.), sendo, portanto, substâncias com capacidade de produzir efeitos prejudiciais aos organismos vivos, isto é, possuem toxicidade. Os inseticidas atuam sobre os organismos vivos por meio do bloqueio de algum processo fisiológico ou bioquímico, seu exato mecanismo de ação é geralmente difícil de ser definido. O principal alvo de ação dos inseticidas tem sido o sistema nervoso, devido à alta eficácia e rápida resposta que proporcionam no controle de pragas. Após a descoberta da grande atividade inseticida do DDT e seus análogos por volta de 1940, foram lançados outros grupos de inseticidas organossintéticos, tais como ciclodienos, organofosforados, carbamatos e piretróides, sendo todos neurotóxicos (GALLO et al., 2002).

No setor de armazenamento, o principal método de controle adotado é o uso de inseticidas, os quais constituem a forma mais simples, rápida e econômica de conter infestações de insetos em produtos armazenados. Os compostos mais utilizados são os inseticidas protetores pertencentes aos grupos químicos piretróides e organofosforados, uma vez que apresentam alta eficácia no controle de pragas e curta persistência no ambiente. No Brasil são indicados para o tratamento de grãos de milho armazenados, dentre outros produtos, a bifentrina e o pirimifós-metílico (FREITAS et al., 2014).

A bifentrina é um piretróide largamente utilizado para o controle de diversas pragas, em uma ampla gama de culturas, em diversos países, e também para o controle de pragas residenciais em áreas urbanas, como por exemplo, os cupins (FREITAS et al., 2014).

O organofosforado pirimifós-metílico é também amplamente utilizado para o controle de pragas em todo o mundo. Embora seja comumente utilizado para o tratamento de sementes, grãos e produtos armazenados, é também indicado para o controle de pragas no campo (FREITAS et al., 2014).

A falta de estruturas adequadas à armazenagem dos grãos e a falta de mão de obra especializada, aliadas à baixa disponibilidade de técnicas alternativas para o controle das pragas tem gerado o uso abusivo de inseticidas nas unidades armazenadoras. Esta situação tem sido motivo de grande preocupação, haja vista que tem se observado a persistência dos princípios ativos nos grãos e seus subprodutos, na forma de resíduos danosos aos consumidores e ao meio ambiente (FREITAS et al., 2014).

O uso de inseticidas é o principal método de controle de insetos-praga de produtos armazenados em países tropicais, dentre eles o Brasil. Porém, a utilização destes produtos tem sido limitada pela evolução de resistência a esses compostos em várias espécies de insetos-praga (Subramanyam, 1998; Arthur, 2004), sendo particularmente sério em insetos de produtos armazenados devido, em grande parte, à estreita dependência do uso de inseticidas para seu controle em regiões tropicais, aliada ao risco de dispersão de insetos resistentes via comércio internacional (GUEDES et al., 2006).

A resistência a fosfina, por exemplo, foi inicialmente detectada em populações brasileiras de insetos de produtos armazenados, em um levantamento global realizado pela FAO (Food Administration Organization) entre as décadas de 1960 e 70. Após este esforço inicial, e a conseqüente constatação da existência de resistência a fosfina no país, estudos subsequentes com populações brasileiras de *Rhizopertha dominica*, *Cryptolestes* spp., *Sitophilus oryzae*, *Tribolium castaneum* e *Sitophilus zeamais* confirmaram o fato e indicaram que os níveis de resistência observados ainda eram baixos e não comprometiam o controle dessas espécies com esse fumigante (GUEDES et al., 2006).

Níveis baixos a moderados de resistência a fosforados foram recentemente relatados em populações brasileiras de caruncho do milho. Em investigação sobre resistência ao DDT, aos piretróides deltametrina, cipermetrina e permetrina, e ao fosforado pirimifós-metílico, constatou-se um preocupante padrão de resistência a DDT e a todos os piretróides estudados em populações de seis localidades provenientes de armazéns de sementes em quatro estados (Goiás, Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul) brasileiros. O fenômeno da resistência aos inseticidas é um problema grave, apresentando sérias implicações socioeconômicas (GUEDES et al., 2006).

Pereira et al. (2005) avaliaram o efeito de inseticidas no controle de *S. oryzae* e *R. dominica* em grãos de cevada pelos períodos de 30, 60 e 90 dias. Para *S. oryzae*, bifetrina mostrou-se ineficiente em todas as avaliações, enquanto que, deltametrina foi eficiente até

30 dias, perdendo gradativamente a eficiência a partir dos 60 dias após a aplicação. Para o controle de *R. dominica*, somente bifentrina foi eficiente até 90 dias após a aplicação.

Antunes et al. (2011) investigaram a mortalidade de *S. zeamais*, *T. castaneum* e *C. ferrugineus* com uso de fosfina, na concentração de 1 e 2 g por m³. Em todos os tratamentos de expurgo, foram obtidos 100% de mortalidade para as três espécies estudadas, em ambas as concentrações de fosfina. Embora a concentração de gás fosfina tenha diminuído ao longo do tempo, não houve emergência de prole no período de 30 dias. Concluiu-se que a fosfina nas concentrações supracitadas foi eficaz no controle de *S. zeamais*, *T. castaneum* e *C. ferrugineus*, sem a produção de descendentes.

Guedes et al. (2006) relataram que *Cryptolestes* spp. apresentaram resistência para os inseticidas malatim e fenitrotion e, que *T. castaneum* apresentou resistência aos inseticidas malatim, fenitrotion, pirimifós-metílico e fosfina.

Silveira et al. (2006) avaliaram a persistência e eficiência biológica do inseticida bifentrina no controle de *S. zeamais* e *T. castaneum* e observaram que tanto a persistência quanto a eficácia biológica de bifentrina reduziram à medida que o período de armazenamento e a temperatura do grão aumentaram. Observou-se ainda, que *S. zeamais* apresentou maior tolerância à bifentrina que *T. castaneum*, e que a degradação dos inseticidas se intensifica logo após a sua aplicação, especialmente em condições tropicais, em que a temperatura do grão dificilmente é mantida abaixo de 25°C, no momento da aplicação do inseticida, o que é suficiente para afetar a persistência e a eficácia da bifentrina ao longo do período de armazenamento.

O controle de insetos de grãos armazenados deve fazer parte de um sistema de manejo integrado, baseando-se no monitoramento e nos procedimentos básicos de limpeza das estruturas, associando diversas estratégias de controle, evitando assim, a utilização indiscriminada de inseticidas químicos (GALLO et al., 2002; PINTO Jr. et al., 2008)

2.8. Impacto do uso de agrotóxicos

2.8.1. Histórico

De modo geral, o conceito de defensivo agrícola reveste-se de certa impropriedade, porque procura difundir a noção que seu uso aumenta a produtividade das lavouras. Na verdade, os agrotóxicos constituem uma categoria especial de insumos, diferente dos fertilizantes, corretivos e semente melhoradas. A diferença reside no fato de que tais produtos, ao serem utilizados dentro das técnicas recomendadas, têm sempre como resposta uma produtividade agrícola maior. Por outro lado, no sentido estrito, o papel do

defensivo é evitar a quebra de safras por ataque de pragas ou doenças às culturas, ou de servir como coadjuvante na preservação das safras armazenadas (LUCHINI et al., 2000; PERES et al., 2005).

Uma definição mais precisa do termo encontra-se no Decreto nº 4074, de 04 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei nº 7802/1989 (Lei dos agrotóxicos) (BRASIL, 2002). Os defensivos agrícolas são produtos e agentes de processos físicos, químicos e biológicos destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento (SPADOTO, 2004).

Os defensivos são utilizados desde o século XIX, quando surgiram os primeiros fungicidas, como enxofre, cobre, calda bordalesa, nicotina, piretrinas, acetato de chumbo, acetatos mercuriais, entre outros. Na década de 1940, os avanços na área foram impulsionados pela segunda Guerra Mundial, em que as tecnologias desenvolvidas para uso militar foram adaptadas para a produção de substâncias tóxicas, como o organoclorado DDT, de modo a combater pragas e doenças. Entretanto, no começo da década de 1960, teve início uma forte reação, nos Estados Unidos e Europa, contra o uso dos defensivos agrícolas. Tal reação encerrou a fase de euforia com que os agrotóxicos foram saudados, nos anos 40, a partir da descoberta do DDT, que para muitos cientistas especializados em produção agrícola e saúde pública, tal descoberta abriria um caminho no campo científico que possibilitaria a erradicação de todas as pragas do planeta (EMBRAPA, 2004; OLIVEIRA, 2010).

A partir da década de 1960, começaram a surgir os indícios de que a agricultura fundamentada na utilização de insumos modernos vinha causando graves problemas ambientais, como os relatados pela bióloga marinha Rachel Carson, em seu livro “*Silent Spring*” (Primavera Silenciosa), que questionava os impactos secundários que substâncias tóxicas causavam no ambiente. Com o livro publicado em 1962, Carson conseguiu sensibilizar a opinião pública americana e mundial sobre os efeitos colaterais dos praguicidas no ambiente. Posteriormente, destinada a resolver o problema da fome no mundo através da melhoria dos índices de produtividade agrícola, por meio da utilização de variedades melhoradas geneticamente e de um conjunto de insumos e práticas agrícolas, surge a chamada “Revolução Verde”, também conhecida por “pacote tecnológico” (MOREIRA, 2000; GARCIA, 2001; LUNA et al., 2014).

No Brasil, o uso de agrotóxicos se difundiu na década de 1940 e teve seu consumo acelerado na década de 1960, devido à isenção de impostos como ICM e o IPI, e das taxas

de importação de produtos não produzidos no país. Aumento que foi reforçado em 1975, pelo lançamento do Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (PNDA). A vinculação entre a ampliação de crédito agrícola subsidiado e a compra de agroquímicos foi um dos principais instrumentos específicos voltados para a difusão desses insumos. Ao condicionar o crédito rural à compra do agrotóxico, o Estado foi o principal incentivador do pacote tecnológico que representava a “modernidade na agricultura”, passando o mercado brasileiro a figurar entre os mais importantes para a indústria de agrotóxicos (SOARES; PORTO, 2009).

A política de subsídios contribuiu para o uso indiscriminado dos agrotóxicos, que passaram a ser utilizados não somente pelos agricultores mais bem capacitados, mas também por produtores familiares compelidos e impulsionados a adquirir esse “pacote tecnológico” de uma forma passiva e sistematicamente descontrolada. Como resultado, observou-se um grande desrespeito às prescrições técnicas, como o receituário agrônômico e práticas agrícolas que sobre-expõem os agricultores e trabalhadores rurais aos riscos dos agrotóxicos (SOARES; PORTO, 2009).

O complexo industrial brasileiro é constituído por todas as culturas, o que coloca o país atualmente na posição de principal mercado consumidor de agrotóxicos do mundo, à frente dos Estados Unidos, consumindo 733,9 milhões de toneladas. Esse volume pode ser considerado um “tsunami” na agricultura brasileira, visto que os impactos sociais, ambientais e à saúde encontram-se ainda “invisíveis” perante boa parte da sociedade (PORTO; SOARES, 2012).

O modelo hegemônico do agronegócio e o uso intensivo de agrotóxicos geram diversas externalidades negativas, ou seja, impactos sociais, ambientais e à saúde que não são incorporados pela cadeia produtiva e são pagos pela sociedade como um todo através de gastos públicos, para resolver problemas de doenças e mortes, que poderiam ser evitadas (PORTO et al., 2012).

2.8.2. Impacto ambiental

Embora tenha sido um sucesso, o crescimento da produção mundial de cerca de 700 milhões para 1,8 bilhões de toneladas, se transformaria em uma série de preocupações relacionadas aos seus impactos nos mais diversos campos. O aumento da produtividade muito serviu para mascarar os efeitos da degradação do solo em função da mecanização pesada e do próprio uso desses insumos na agricultura moderna. O incremento sobre os rendimentos das culturas atribuídas ao uso dos agrotóxicos desviou o olhar mais crítico para

o uso dessa tecnologia e acabou retardando a introdução ou a continuidade das práticas mais ecológicas (SOARES, 2005; PORTO et al., 2012).

O modelo criado em países desenvolvidos foram implantados nos países subdesenvolvidos sem levar em conta as características intrínsecas de cada região, resultando em graves impactos ambientais, por não terem sido consideradas as diferenças ecológicas entre as regiões temperadas e tropicais. Dessa forma, nos trópicos, a ausência de uma estação fria faz com que o equilíbrio de cada sistema dependa inteiramente da diversidade biológica, ou seja, das interações entre os vários níveis tróficos das cadeias alimentares para a estabilidade das populações das espécies animais e vegetais. Além disso, nas condições tropicais, a uniformidade climática permite que, no caso das pragas, se desenvolva um maior número de gerações de uma espécie por ano. Desse modo, a monocultura, nessas regiões, tem necessidade de um controle químico mais rigoroso para ser viável, agravando problemas ambientais. Contudo, problemas referentes ao uso excessivo de defensivos agrícolas foram observados como, resíduos no solo, na água, nos lençóis freáticos e alimentos e, também, o desenvolvimento de resistência (EMBRAPA, 2004; PERES et al., 2005).

O desequilíbrio biológico se deve ao fato de que os agrotóxicos são geralmente mais prejudiciais aos inimigos naturais do que às próprias pragas, pelos seguintes fatores: a população dos inimigos naturais é menor do que as populações de pragas de que se alimentam. Nas populações reduzidas das espécies predadoras e parasitas, há menor variabilidade genética que nas grandes populações. Por fim, as espécies fitófagas adquiriram, ao longo de sua evolução, certa resistência aos produtos químicos elaborados pelas plantas como defesa contra os ataques dos herbívoros. Por não sofrerem esse tipo de pressão seletiva, os predadores e parasitos não apresentam resistência como mecanismo pré-adaptativo, sendo, portanto, mais sensíveis aos inseticidas. Dessa forma, muitas pragas foram elevadas a essa categoria devido ao desequilíbrio biológico causado pelos praguicidas. Contudo, a monocultura apresenta sistemas ecológicos muito simplificados que são bastante instáveis o que favorece o estabelecimento, a multiplicação e a propagação de pragas, doenças e ervas invasoras. Além disso, as variedades disseminadas na revolução verde, e ainda utilizadas atualmente, contribuem para agravar esse problema. Devido ao fato de serem menos rústicas e geneticamente uniformes, elas são mais vulneráveis ao ataque das pragas e doenças e menos competitivas com as ervas invasoras, principalmente nos trópicos. Nessa região, o número de espécies fitófagas e ervas invasoras são muito maiores, como também os patógenos, que são favorecidos pela grande umidade presente. Dessa maneira, as monoculturas nos trópicos requerem aplicações frequentes de

agrotóxicos, o que agrava os problemas ambientais (EMBRAPA, 2004; OLIVEIRA, 2010; LUNA et al., 2014).

A destruição da fauna benéfica também traz prejuízos. Inimigos naturais como predadores e parasitas poderiam contribuir com cerca de 50% do controle das pragas e doenças, e a resistência das plantas e outros fatores dos agroecossistemas contribuiriam com mais 40%, ficando apenas os restantes 10% para os agrotóxicos. Porém o uso intensivo e indiscriminado de agrotóxicos pode alterar esta relação, interferindo nas relações de competição, predação e parasitismo, provocando aumento das populações das espécies de pragas e desencadeando o estabelecimento de espécies secundárias como pragas (GARCIA, 2001)

No meio ambiente, os agrotóxicos também agem de duas maneiras: acumula-se na biota e contaminam a água e o solo. A dispersão de agrotóxicos no ambiente pode causar um desequilíbrio ecológico na interação natural entre duas ou mais espécies. Alguns tipos de agrotóxicos, como os organoclorados, já amplamente proibidos, porém com passivo ambiental decorrente de sua elevada persistência acumulam-se ao longo da cadeia alimentar por meio da biomagnificação, que é o aumento do nível trófico. A contaminação de peixes, crustáceos, moluscos e outros animais representa uma fonte potencial de contaminação humana, cujos riscos podem ser aplicados a todos os consumidores desses animais como fonte de alimento. Alguns agrotóxicos, além de controlar as pragas, também eliminariam seus inimigos naturais, ou seja, seus predadores e competidores (SOARES et al., 2007).

Outra via de impacto ambiental é a contaminação na água e no solo, tendo em vista que a degradação da qualidade de águas subterrâneas e superficiais tem sido identificada como a principal preocupação no que diz respeito ao impacto da agricultura no ambiente. A contaminação de coleções de águas superficiais e subterrâneas tem um potencial poluente. Na contaminação do solo, o acúmulo dos agrotóxicos pode fragilizar e desencadear absorção de elementos minerais, principalmente em solos desnudos, concorrendo para a redução do grau de fertilidade do mesmo (SOARES et al., 2007).

A ampla utilização desses produtos, o desconhecimento dos riscos associados à sua utilização, o consequente desrespeito às normas básicas de segurança, à livre comercialização, à grande pressão comercial por parte das empresas distribuidoras e produtoras e os problemas sociais encontrados no meio rural constituem importantes causas que levam ao agravamento dos quadros de contaminação humana e ambiental observados no Brasil (MOREIRA et al., 2002).

A falta de informações parece ser o maior efeito dos agrotóxicos sobre o meio ambiente. Desenvolvidos para terem ação biocida, são potencialmente danosos para todos

os organismos vivos, todavia, sua toxicidade e comportamento no meio ambiente variam muito. Esses efeitos podem ser crônicos quando interferem na expectativa de vida, crescimento, fisiologia, comportamento e reprodução dos organismos e, ou, ecológicos quando interferem na disponibilidade de alimentos, de habitats e na biodiversidade, incluindo os efeitos sobre os inimigos naturais das pragas e resistência induzida aos próprios agrotóxicos. Sabe-se que há interferência dos agrotóxicos sobre a dinâmica dos ecossistemas, como nos processos de quebra da matéria orgânica e de respiração do solo, ciclo de nutrientes e eutrofização de águas. Pouco se conhece, entretanto, sobre o comportamento final e os processos de degradação desses produtos no meio ambiente. Os dados de contaminação ambiental que mais parece preocupar a opinião pública nos países desenvolvidos são as contaminações do ar, do solo e, principalmente, das águas. Contudo, produtos banidos na União Europeia e Estados Unidos continuam sendo empregados nas lavouras brasileiras (PIGNATI, 2011; LUNA et al., 2014).

2.9.3. Impacto socioeconômico

A política de modernização da agricultura, que subsidiou o crédito e estimulou a implantação de indústrias de agrotóxicos no país, ignorou carências estruturais e institucionais, como o despreparo da mão de obra para os novos pacotes tecnológicos de difícil execução e a fragilidade das instituições voltadas à proteção ambiental e da saúde dos trabalhadores. A negligência de fatores como a capacitação e o treinamento dos trabalhadores rurais tornou os mesmos um grupo particularmente vulnerável diante da expansão de uma tecnologia com expressivos riscos ambientais e ocupacionais (SOARES et al., 2007).

Apesar do aumento da capacidade de geração de oferta de alimentos sem precedentes no mundo e no Brasil, é importante salientar que o aumento da produtividade agrícola, associado às monoculturas e ao agronegócio de exportação, tem sido responsável por inúmeros impactos, tais como: a concentração da terra, renda e poder político dos grandes produtores, o desemprego e a migração campo-cidade com impacto no caos urbano das cidades e regiões metropolitanas, o não atendimento às demandas de segurança e soberania alimentar dos países mais pobres, quando estes produzem mercadorias agrícolas que não são alimentos (biocombustíveis e árvores), ou exportados como commodities para os países mais ricos, como a soja. O uso intensivo de agroquímicos, em especial os agrotóxicos, é uma das marcas da modernização agrícola brasileira (PORTO et al., 2012).

A externalidade é um importante conceito econômico utilizado para se entender como a economia e a formação de preços frequentemente deixam de incorporar os impactos sociais, ambientais e sanitários consequentes das atividades produtivas que geram produtos e serviços. Desta forma, a “competição” entre agentes econômicos por melhores preços oferecidos ao mercado, longe de otimizar o funcionamento da economia, pode se constituir num dos maiores entraves para a sustentabilidade do desenvolvimento, pois externaliza diversos custos sociais, ambientais e sanitários que permanecem ocultos nos preços das mercadorias e terminam por serem socializados. Isso ocorre quando florestas são desmatadas, rios e solos são poluídos, trabalhadores e consumidores são contaminados, e as doenças e mortes frequentemente invisíveis no conjunto das estatísticas de saúde, acabam sendo coletivamente absorvidos pela sociedade e pelos sistemas públicos previdenciários e de saúde (SOARES et al., 2007).

Assim, se por um lado o custo marginal do uso de agrotóxicos pelo agricultor inclui itens tal como o preço do insumo, o custo do trabalho do aplicador e o material usado na aplicação, por outro lado não inclui os danos à fauna e flora, a qualidade da água e do solo e a saúde humana. Dessa forma, o uso de agrotóxicos gera externalidades, quando os custos externos ou os custos sociais impostos por essa atividade não são levados em consideração, quando os agentes econômicos tomam a decisão de aplicar o produto. No caso dos agrotóxicos aplicados pelo próprio produtor, há ainda outro fator complicador: a ignorância ou desprezo quanto aos efeitos de médio e longo prazo a própria saúde humana (SOARES et al., 2007).

Oliveira-Silva et al. (2001) constataram que o perfil do grupo estudado de trabalhadores, aponta para a população constantemente exposta a pesticidas, devido à atividade de policultura, despreparada para a manipulação dessas substâncias e sem o apoio técnico necessário. Os resultados relacionados ao papel que desempenham alguns indicadores socioeconômicos sobre o processo de exposição/intoxicação levantaram evidências acerca de sua relevância para a avaliação de riscos do uso de pesticidas no meio rural. Sendo assim, os resultados obtidos mostraram a grande influência que o nível de escolaridade e, principalmente, da leitura dos rótulos, exerceram sobre a contaminação.

A maioria dos trabalhadores rurais possuía curso primário como grau de escolaridade, sendo que 32% não haviam frequentado escola (analfabetos e alfabetizados em casa por pai e/ou mãe). Sabendo-se que o ensino no Brasil apresenta sérias deficiências de qualidade, pode-se depreender que aqueles que não completaram o curso primário, por abandono, possuem elementos mínimos de leitura e de compreensão de textos, fatos estes comprovados pelas observações de campo. De fato, cerca de 58% da população local (analfabetos, alfabetizados em casa e aqueles com curso primário incompleto)

apresentavam nenhuma ou mínima habilidade de leitura e/ou escrita, configurando um perfil de escolaridade baixo como observado no homem do campo, em níveis regional e nacional (OLIVEIRA-SILVA et al., 2001; MOREIRA et al., 2002).

Diversos determinantes socioeconômicos estão relacionados com a amplificação e a redução do impacto da contaminação humana por agrotóxicos, dentre os quais destacam-se: o nível educacional, a habilidade de escrita e leitura, a renda familiar, etc. (MOREIRA et al., 2002).

A visão predominante no meio técnico-científico e institucional do setor é que tudo se resume a uma questão de “educação” do usuário desses produtos, alegando-se que os problemas ocorrem porque eles não estariam preparados para utilizá-los, pois não respeitam os cuidados necessários para seu manuseio e aplicação, não seguem as recomendações dos rótulos e não utilizam os equipamentos de proteção. Dessa forma, a segurança no trabalho rural com agrotóxicos é tratada de modo simplista, superficial e parcial e coloca sob a responsabilidade do usuário todos os problemas decorrentes do emprego de agrotóxicos. Sob este enfoque simplista, a segurança no trabalho com agrotóxicos fica restrita apenas à recomendação de equipamentos de proteção individual e de uma série de cuidados a serem observados pelos trabalhadores, como não fumar, beber ou comer durante a aplicação, trocar e lavar a roupa e tomar banho frio após o trabalho com agrotóxicos, observar o vento e outros. Por sua vez, são consequências de diversos fatores socioeconômicos (condições de saúde e educação da população rural, relações de trabalho no campo, política agrícola etc.) (GARCIA, 2001).

2.9.4. Impacto à saúde

O uso de agrotóxicos gera externalidades, também na saúde, sendo que muitos desses impactos em longo prazo ainda são desconhecidos. Na saúde humana, existem dois tipos de efeitos toxicológicos, por meio direto, através da intoxicação do trabalhador rural, e por via indireta, prejudicando a saúde do consumidor quando ingere um alimento cujo nível residual se encontra em níveis prejudiciais à saúde. Os efeitos agudos são mais visíveis, sendo que, o intoxicado apresenta sintomas de convulsões, vômitos, náuseas, dentre outros, ao passo que os crônicos podem aparecer semanas, anos ou décadas após o período de uso. Fatores como a desinformação e o despreparo dos sistemas de saúde podem fazer com que os casos passem despercebidos, gerando subnotificação. Estudos correlacionam o uso de agrotóxicos à redução da fecundidade e a alguns tipos de cânceres (SOARES et al., 2007).

A esses fatores podem ser acrescentados a deficiência da assistência técnica ao homem do campo, a dificuldade de fiscalização do cumprimento das leis e a culpabilização dos trabalhadores como contribuintes para a consolidação do impacto sobre a saúde humana, decorrente da utilização de agrotóxicos, como um dos maiores problemas de saúde pública no meio rural, principalmente nos países em desenvolvimento (MOREIRA et al., 2002). Acredita-se que o número de indivíduos contaminados por agrotóxicos no Brasil deve ser de aproximadamente 540.000 com cerca de 4.000 mortes por ano. Além disso, estes dados não consideram o impacto indireto resultante da utilização de tais produtos. É importante realçar que, com exceção de alguns grandes exportadores, a agricultura próxima dos grandes centros e de pequeno porte é uma atividade eminentemente familiar, em que adultos e crianças se ajudam mutuamente no trabalho. Isto faz com que as crianças e os jovens também estejam sujeitos a elevado risco de contaminação. Esse problema é ainda mais preocupante uma vez que pouco se sabe sobre a ação de uma exposição continuada a compostos sobre o corpo humano ainda em desenvolvimento e que várias substâncias utilizadas como agrotóxicos são suspeitas de apresentarem atividade carcinogênica ou hormonal (MOREIRA et al., 2002).

No que tange ao impacto sobre a saúde humana causado por agrotóxicos no meio rural, moradores de áreas próximas e, eventualmente, os do meio urbano também encontram-se sob risco, devido a contaminação ambiental dos alimentos (MOREIRA et al., 2002).

Outro fator importante é a utilização de equipamento de proteção individual (EPI), que, embora 90% dos trabalhadores considerem importante a utilização de medidas de segurança, somente 70% destes as utilizam, e somente 63% recebem assistência técnica especializada pelo contato com entidades estaduais de atenção ao agricultor. Os compostos pertencentes à categoria dos organofosforados e a dos carbamatos apresentam mecanismo comum de ação baseado na inibição da acetilcolinesterase e são os responsáveis pelo maior número de intoxicações no meio rural (OLIVEIRA-SILVA et al., 2001),

Segundo Habib (2011), produtos como o herbicida glifosato (Roundup®) podem provocar anomalias congênitas, causando problemas de desenvolvimento embrionário, atingindo células de tecidos do corpo humano e prejudicando o desenvolvimento de crianças.

Intoxicações crônicas, que em longo prazo podem resultar em câncer, descontrole da tireoide, do sistema neurológico em geral, surdez, diminuição da acuidade visual e até mesmo mal de Parkinson, são possíveis problemas de saúde causados pelos agrotóxicos. A situação é tão grave que, além de serem encontradas nos alimentos, na água, no solo e no ar, essas substâncias podem estar presentes, inclusive, no leite materno (ex.: endosulfan),

ao se depositar em gorduras. Mesmo que sejam usados equipamentos de proteção individual pelos trabalhadores que fazem as aplicações nas lavouras, esses produtos penetram pela mucosa da pele, do olho, da orelha e inclusive pela respiração (PIGNATI, 2011).

A literatura médica fornece um conjunto de indicadores que relacionam os efeitos na saúde devido à exposição em longo prazo aos agrotóxicos. Problemas oculares, no sistema respiratório, cardiovascular, neurológico, assim como efeitos cutâneos e problemas gastrointestinais podem estar relacionados ao uso desses produtos (PINGALI et al., 1994).

O risco de intoxicação aguda de trabalhadores rurais está fortemente associado a estabelecimentos rurais com características de pequeno agricultor, pois é onde se vê o maior emprego de equipamentos costais de aplicação, o não respeito dos prazos de carência, a não utilização do receituário agrônomo e de equipamentos de proteção individual (EPI), a venda direta por vendedores, dentre outros fatores (SOARES, 2010). Isso não significa que as monoculturas estariam isentas desses riscos, pois se tratam de problemas crônicos de impactos sobre o ambiente, elas são as grandes vilãs e causadoras de desastres ambientais graves, como também dos impactos decorrentes das fábricas de agrotóxicos, que afetam tanto os trabalhadores, como o ambiente e as populações em geral que vivem nas áreas contaminadas (RIGOTTO, 2009),

Evidências científicas mostram que a exposição aos pesticidas pode levar a danos à saúde, muitas vezes irreversíveis, como o caso da neuropatia tardia por sobre-exposição à organoclorados. As consequências neurotóxicas da exposição aguda por altas concentrações de pesticidas também estão bem estabelecidas, sejam os efeitos muscarínicos, nicotínicos e no sistema nervoso central e periférico. A exposição também está associada a uma larga faixa de sintomas, bem como déficits significativos da performance neurocomportamental e anormalidades na função do sistema nervoso. Também foram diagnosticados (12,8%) quadros de neuropatia tardia e (28,5%) quadros de síndrome neurocomportamental e distúrbios neuropsiquiátricos associados ao uso crônico de agrotóxicos. Os resultados apontam para a ocorrência de episódios recorrentes de sobre-exposição múltipla, a elevadas concentrações de diversos produtos químicos, com grave prejuízo para as funções vitais desses trabalhadores, especialmente por se encontrarem em uma faixa etária jovem (35 ± 11 anos) e período produtivo de vida. Estes dados demonstram a importância do monitoramento da múltipla exposição a agrotóxicos, uma cadeia de eventos de grande repercussão na saúde pública e para o meio ambiente, que tem nos organofosforados e carbamatos os principais causadores das intoxicações humanas no campo, a ponto de alguns estudos relacionarem a exposição aos inseticidas com sintomas

de depressão, contudo, para Bombardi (2011), trata-se de uma nova e silenciosa forma de violência no campo.

O quadro de morbimortalidade dos expostos aos agrotóxicos inclui: neurotoxicidade retardada, redução da fertilidade, reações alérgicas, formação de catarata, evidências de mutagenicidade, lesões no fígado, efeitos teratogênicos entre outros. O setor agrícola que se desenvolve, nas distintas regiões de intensa produção agrícola, tem utilizado agrotóxicos incorretamente, pois os trabalhadores rurais não são capazes de entender as recomendações contidas nos rótulos dos produtos. Os mais sérios problemas estão nos métodos de aplicação, na frequência e quantidade utilizadas, geralmente maior que o recomendado (LUNA et al., 2011)

Com o intuito de reduzir o quadro atual de intensa utilização de produtos químicos, os empregos da radiação gama, dos óleos essenciais de origem vegetal, ou ainda, da terra de diatomáceas, surgem como alternativas (KORUNIC, 1998; PINTO Jr. et al., 2008) mais seguras para operadores e consumidores. Nesse aspecto, a ação inseticida duradoura, redução dos custos, preservação do meio ambiente e eficiência devem ser investigados, a fim de promover métodos de controle que possam ser eficientes, economicamente viáveis, ambientalmente seguros e socialmente mais justos e, assim, integrar e ampliar o leque de opções para o manejo integrado de pragas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Artrópodes do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal do Instituto Biológico, localizado na cidade de São Paulo.

Os insetos *T. castaneum* e *C. ferrugineus* foram escolhidos devido ao fato de serem importantes pragas secundárias, cada vez mais comuns em ambientes urbanos de comercialização de alimentos *in natura*.

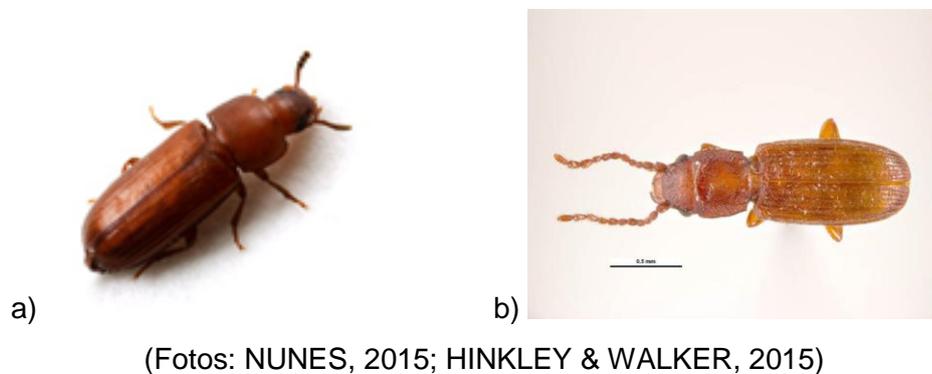


Figura 1. Adultos de *Tribolium castaneum* (a) e *Cryptolestes ferrugineus* (b).

3.1. Criação de insetos

Os insetos utilizados neste trabalho foram provenientes da criação do Laboratório de Artrópodes do Instituto Biológico. Os insetos foram mantidos em sala de criação climatizada a $27 \pm 2^\circ$ e umidade relativa de $60 \pm 10\%$.

3.2. Bioensaio com radiação gama

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Artrópodes do Instituto Biológico em São Paulo-SP e as irradiações realizadas no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN, localizado no município de São Paulo. Foi utilizado um irradiador multipropósito de Cobalto-60 (Figura 2).



Figura 2. Irradiador de Cobalto-60, IPEN/CNEN, São Paulo, SP (Fotos: FARIAS, 2014)

O experimento foi conduzido visando-se à estimativa da dose letal para adultos de *C. ferrugineus*. Cada parcela experimental constou de 20 insetos adultos, confinados em recipiente de polietileno de 10mL.

As unidades experimentais, em número de 10 por dose, foram submetidas às doses crescentes de radiação gama: 0; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,50; 1,75 e 2,00 kGy.

A mortalidade foi avaliada em um período de duas a quatro horas após a irradiação (POTENZA, 1999; ALVES, 2007; ZANÃO et al., 2009). Os dados obtidos foram submetidos à análise de Probit (FINNEY, 1971), utilizando-se o programa POLO PLUS (LEORA SOFTWARE, 2003).

3.3. Bioensaios com terras de diatomáceas

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Artrópodes do Instituto Biológico. Foram utilizados somente indivíduos adultos de *T. castaneum* e *C. ferrugineus*, que foram mantidos a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e 65% de umidade relativa (UR) e fotoperíodo de 12 horas. Foi utilizada terra de diatomáceas de origem brasileira (Insecto[®]), formulada na concentração de 867g/Kg de terra de diatomácea (dióxido de sílica).

Os tratamentos consistiram de um grupo controle e 5 repetições nas concentrações de 0,01; 0,02; 0,03 e 0,04g de terras de diatomáceas (proporcional aos valores preconizados pelo fabricante: 1000g/t de grão), para uma massa de grãos (arroz integral, milho e trigo) de 20g, que foram acondicionados em recipientes plásticos com tampas nas dimensões de 3,7 x 3,7 x 3,6 cm, sendo em seguida, infestados com *C. ferrugineus*.

Para a espécie *T. castaneum*, os tratamentos também consistiram de um grupo controle e 5 repetições para as concentrações de 0,03; 0,06; 0,09 e 0,12g de terras de diatomáceas (proporcional aos valores preconizados pelo fabricante). Porém, utilizou-se 60g de grãos (arroz integral, milho e trigo), que foram acondicionados em recipientes plásticos com tampas de dimensões 6,5 x 6,5 x 3,5 cm com vinte insetos adultos cada.



Figura 3. Potes e grãos (arroz integral) utilizados nos experimentos com terras diatomáceas
(Fotos: FARIAS, 2014)

Os grãos foram previamente tratados a frio, a -5°C por 24 horas, para eliminação de qualquer tipo de infestação residual de insetos. Posteriormente, cada parcela foi tratada com terra de diatomáceas (TD), nas concentrações citadas, e infestadas com insetos adultos (Figura 4). A avaliação da mortalidade foi realizada diariamente pelo período de sete dias após a infestação e expresso em porcentagem do número total de indivíduos.

O delineamento experimental foi fatorial com três fatores, 2 espécies de insetos (*C. ferrugineus* e *T. castaneum*), 3 substratos (arroz, milho e trigo) e 4 doses de TD (0,01; 0,02; 0,03 e 0,04 g de TD por 20 g de grãos] e 5 repetições. Para comparação das médias entre os tratamentos, utilizou-se o teste *t* a 5% de significância.



Figura 4. Potes contendo grãos infestados com *Tribolium castaneum* ou *Cryptolestes ferrugineus* e tratados com terras diatomáceas (Fotos: FARIAS, 2014)

3.4. Bioensaios com óleos essenciais

Para estes testes, foram empregados os óleos essenciais de formulação comercial de *Eucalyptus staigeriana*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus citriodora*, *Cymbopogon nardus* e *Cymbopogon citratus*, nas concentrações de 5, 10, 25, 50, 75 e 100 mL/10L de água.

Os adultos de *T. castaneum* e *C. ferrugineus* foram submetidos a diferentes dosagens dos óleos essenciais. Os insetos foram colocados sobre uma superfície de cimento que recebeu previamente o tratamento com os óleos essenciais.

A superfície de cimento foi utilizada para representar as frestas e os pisos no ambiente de armazenamento. Uma mistura de cimento, previamente preparada, foi distribuída em placas de 10 cm de diâmetro por 2 cm de altura, de maneira uniforme. Após a secagem por um período de 24 horas, as superfícies receberam o tratamento (Figura 5).



Figura 5. Unidades experimentais utilizadas nos estudos com óleos essenciais e inseticidas para o controle de *Tribolium castaneum* e *Cryptolestes ferrugineus* (Fotos: FARIAS, 2014).

As superfícies de cimento foram tratadas com as diferentes concentrações dos óleos, utilizando-se pulverizador de pressão constante equipada com bico cônico.

Os insetos foram confinados por meio de anéis de plástico (Figura 5) e mantidos em sala climatizada a $27 \pm 2^\circ\text{C}$. As avaliações foram realizadas com 1, 2, 3, 4, 24, 48 e 72 horas e avaliada a mortalidade acumulada. Cada parcela experimental constou de 20 insetos adultos em uma unidade experimental.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 10 repetições e os dados submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (ESTRELA et al., 2005; BRITO et al., 2006; COSIMI et al., 2009).

3.5. Bioensaios com Inseticidas

Unidades experimentais constituídas com superfície de cimento foram tratadas com diferentes concentrações de inseticidas, utilizando um pulverizador de pressão constante com bico cônico.

Foram avaliados os inseticidas pirimifós-metílico (Actellic® 500 EC a 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 mL de p.c./L), lambda-cialotrina (Actelliclambda® 50 EC a 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 mL de p.c./L), deltametrina (K-Biol® 25 EC a 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 e 20 mL/L de água) e bifentrina (Starion® 25 EC a 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16mL/L água).

Adultos de *T. castaneum* e *C. ferrugineus* foram submetidos às diferentes dosagens dos inseticidas. Cada parcela experimental constou de 20 insetos adultos em uma unidade experimental, descrita no item 3.5.

Os insetos adultos foram confinados no interior de uma unidade experimental, sobre uma superfície que recebeu, previamente, o tratamento com um dos inseticidas. Os insetos foram confinados por meio de cones invertidos e mantidos em sala climatizada a $27 \pm 2^\circ\text{C}$. As avaliações foram realizadas após 1, 2, 3, 4, 24, 48 e 72 horas, registrando-se a mortalidade acumulada.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco repetições.

Os dados de mortalidade de *T. castaneum* e *C. ferrugineus* foram submetidos à análise de Probit (FINNEY, 1971), utilizando-se o programa POLO PLUS (LEORA SOFTWARE, 2003).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Bioensaio com radiação gama

Nos bioensaios de irradiação para desinfestação de adultos de *C. ferrugineus* e *T. castaneum*, foram verificadas doses letais médias (DL₅₀) de 2,38 kGy e 1,89 kGy, respectivamente (Tabela 1).

As doses de radiação gama necessárias para matar 90% (DL₉₀) dos insetos em um período de 4 horas foram, respectivamente, de 2,73 kGy e 2,91 kGy, para *C. ferrugineus* e *T. castaneum*. Não foram detectadas diferenças significativas entre as duas espécies com relação à suscetibilidade à radiação gama (Tabela 1).

Tabela 1. Testes com irradiação em *Cryptolestes ferrugineus* e *Tribolium castaneum*. Estimativa da DL₅₀ (kGy), DL₉₀ (kGy) e intervalo de confiança (I.C.) a 95%; coeficiente angular e erro-padrão da média (EP); Qui-quadrado (X^2) e graus de liberdade (G.L.)

Espécie	<i>n</i>	DL ₅₀ (kGy) (IC 95%)	DL ₉₀ (kGy) (IC95%)	Coeficiente angular ± EP	X^2	GL
<i>C. ferrugineus</i>	600	2,387 (2,279-2,472)	2,731 (2,621-2,943)	2,904 ± 0,738	1,715	4
<i>T. castaneum</i>	600	1,890 (1,638 – 3,001)	2,909 (2,217 – 5,415)	6,841 ± 0,674	5,32	4

Os resultados corroboram os de Ayvaz et al. (2002) e Silva e Arthur (2004), que empregaram doses entre 2 e 5 kGy para o controle de diversas pragas de grãos armazenados, incluindo *S. oryzae*, *R. dominica*, *T. castaneum* e *T. confusum*.

Para *T. castaneum*, as doses letais observadas foram superiores àquelas obtidas por Fontes (1994), que empregou doses de até 1,5 kGy, para o controle da praga.

Segundo Abbas e Nouaddin (2011), a dose de 700 Gy (ou 0,70 kGy) seria suficiente para o controle de *T. castaneum* em produtos armazenados. Os autores observaram que para tratamento de pupas (cinco dias de idade), a dosagem necessária para prevenir a emergência de adultos era de 0,7 kGy.

O uso da radiação gama representa uma importante estratégia para o controle de pragas de grãos armazenados, sendo uma alternativa promissora para a substituição do uso de inseticidas sintéticos para o controle dessas pragas, principalmente devido aos problemas de evolução de resistência dos insetos a esses produtos (ROSSI et al., 2010).

4.2. Bioensaios com terra de diatomáceas

Foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos com terra de diatomáceas ($F_{23,96} = 3,98$; $P < 0,0001$), com influência significativa da espécie avaliada (*C. ferrugineus*, *T. castaneum*) ($F_{1,59} = 23,05$; $P < 0,0001$) e do substrato utilizado (arroz cateto, milho, trigo) ($F_{2,117} = 5,08$; $P = 0,0078$), com interações (espécie x substrato) ($F_{5,114} = 10,73$; $P < 0,0001$), quanto ao número de insetos mortos nos diferentes tratamentos. Não foi observada influência significativa ($F_{2,87} = 0,94$; $P = 0,604$) da dose utilizada da terra de diatomáceas (entre 0,01 a 0,04 g de TD / 20 g de grãos) sobre a mortalidade dos insetos.

Detectou-se elevada eficiência da terra de diatomáceas para o controle de *C. ferrugineus*, quando utilizada nas doses entre 0,01 g e 0,04 de TD por 20 g de grãos, com mortalidades iguais ou acima de 99%, para os três substratos avaliados (Tabela 2).

Para *T. castaneum*, as mortalidades oscilaram entre 74 e 100%, para arroz cateto e milho. No caso de trigo, as mortalidades causadas pela terra de diatomáceas também foram iguais ou acima de 99%, para esta espécie de coleóptero (Tabela 2).

As testemunhas (sem terra de diatomáceas), com mortalidades de insetos iguais ou inferiores a 15%, diferiram significativamente de todos os tratamentos com terra de diatomáceas (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito de terra de diatomáceas (TD) sobre adultos de *Cryptolestes ferrugineus* e *Tribolium castaneum* para diferentes doses (em g TD / 20 g de grãos) substratos (grãos de arroz, milho, trigo): número total de insetos mortos por parcela (20 insetos) e porcentagem de mortalidade, sete dias após o início da exposição.

Espécie	Dose (g / 20g)	Arroz cateto	Mor.(%)	Milho	Mor. (%)	Trigo	Mor. (%)
<i>C. ferrugineus</i>	0,01	20,00 ± 0,00 c	100,0	20,00 ± 0,00 c	100,0	20,00 ± 0,00 b	100,0
<i>T. castaneum</i>	0,01	14,80 ± 2,40 b	74,0	15,60 ± 1,06 b	78,0	19,80 ± 0,20 b	99,0
<i>C. ferrugineus</i>	0,02	20,00 ± 0,00 c	100,0	20,00 ± 0,00 c	100,0	20,00 ± 0,00 b	100,0
<i>T. castaneum</i>	0,02	16,40 ± 1,60 bc	82,0	16,40 ± 1,60 bc	82,0	20,00 ± 0,00 b	100,0
<i>C. ferrugineus</i>	0,03	20,00 ± 0,00 c	100,0	19,80 ± 0,20 bc	99,0	20,00 ± 0,00 b	100,0
<i>T. castaneum</i>	0,03	17,60 ± 0,87 bc	88,0	18,20 ± 0,73 bc	91,0	20,00 ± 0,00 b	100,0
<i>C. ferrugineus</i>	0,04	20,00 ± 0,00 c	100,0	20,00 ± 0,00 c	100,0	20,00 ± 0,00 b	100,0
<i>T. castaneum</i>	0,04	20,00 ± 0,00 c	100,0	18,80 ± 1,20 bc	94,0	20,00 ± 0,00 b	100,0
<i>C. ferrugineus</i>	0,00	3,00 ± 1,47 a	15,0	3,00 ± 0,91 a	15,0	2,25 ± 1,31 a	11,2
<i>T. castaneum</i>	0,00	2,75 ± 1,11 a	13,7	3,50 ± 1,50 a	10,0	3,00 ± 1,32 a	13,7

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de significância.

Foram observadas diferenças significativas entre as duas espécies de insetos-praga quanto ao tempo necessário para a mortalidade, quando expostas aos substratos com terra de diatomáceas. No caso de *C. ferrugineus*, observou-se um pico de mortalidade aos 3 dias (para milho e trigo) ou 4 dias (para arroz cateto) após o início da exposição às TD. No caso de *T. castaneum*, a mortalidade dos insetos ocorreu em um período maior de tempo, entre 3 e 7 dias (Figura 6).

Os tempos letais 90% (TL₉₀) observados para *T. castaneum* foram significativamente superiores aos verificados para *C. ferrugineus*, em todos os tratamentos. No caso dos TL_{50s}, foram detectadas diferenças entre as duas espécies apenas para milho (Tabela 3).

Arnaud et al. (2005) também constataram controle satisfatório de *T. castaneum*, utilizando terras de diatomáceas provenientes de quatro formulações comerciais testadas. Terras de diatomáceas também têm se mostrado efetivas no controle de outras espécies de pragas de grãos armazenados. Para *O. surinamensis*, observaram-se mortalidades em torno de 95%, realizando-se o tratamento de grãos de trigo com terra de diatomáceas na

dosagem de 0,0105 g / 35 g de trigo, que é próxima às doses avaliadas no presente experimento.

Com relação aos tempos letais associados às terras de diatomáceas, Marsaro Jr. (2009) verificaram mortalidades de até 95% de *T. castaneum*, após o sexto dia após o tratamento de grãos de milho, na dosagem de 1000g/t (0,02 g / 20g). No presente experimento, o TL₅₀ foi de 6,0 dias para *T. castaneum*, sendo semelhante ao reportado por esses autores.

Rossato et al. (2013) também detectaram tempos letais médios de terras de diatomáceas entre 2,3 e 9,9 dias para *T. castaneum*, corroborando os resultados obtidos no presente experimento.

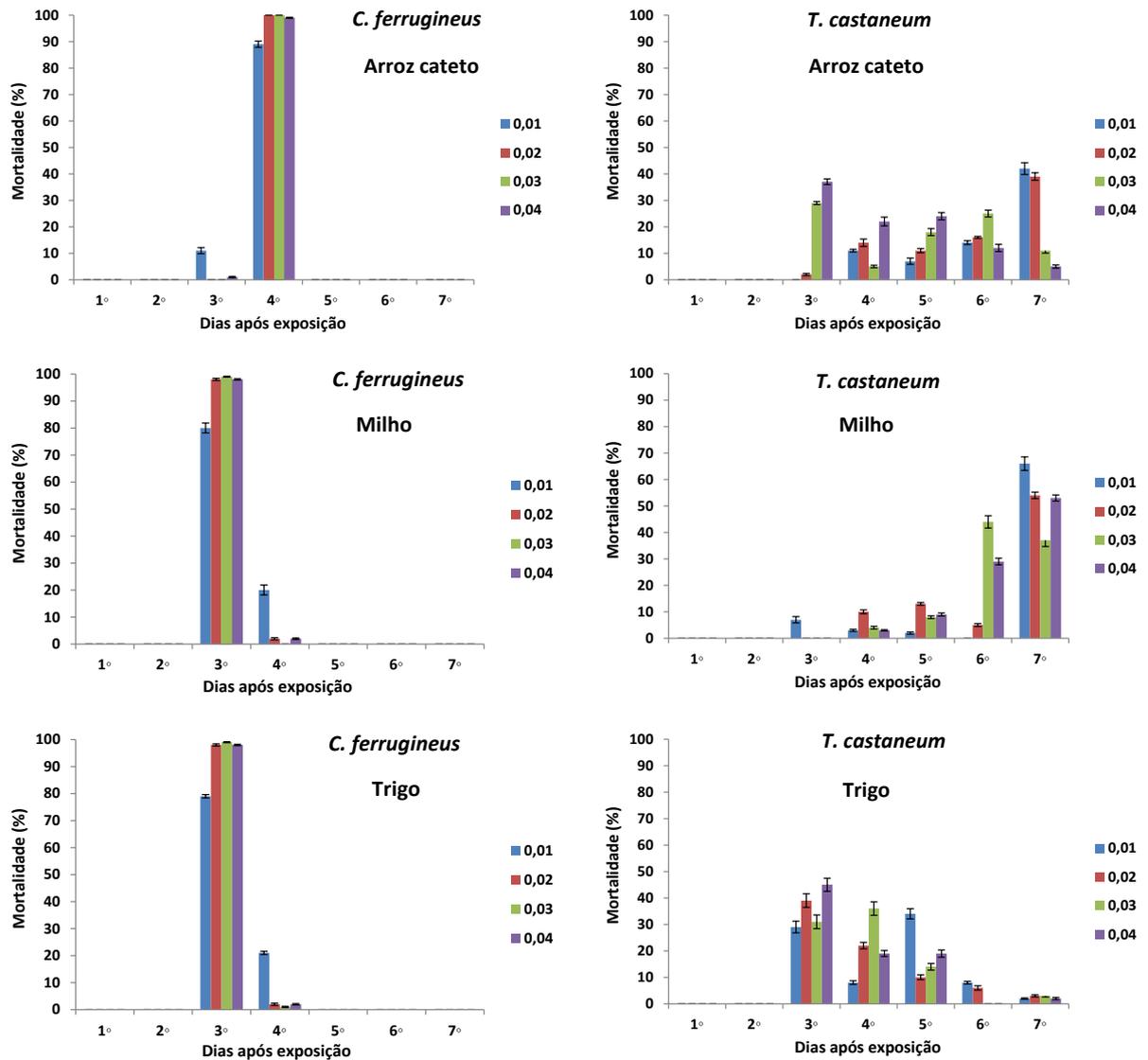


Figura 6. Efeito de terra de diatomáceas (TD) sobre adultos *Cryptolestes ferrugineus* e *Tribolium castaneum* em diversas dosagens (0,01; 0,02; 0,03; 0,04 g de TD em 20 g de grãos), após diferentes períodos de exposição em diferentes substratos (grãos de arroz cateto, milho, trigo).

Tabela 3. Tempos letais de terra de diatomáceas a 0,02 g por 20 g de grãos, após a exposição de adultos de *Cryptolestes ferrugineus* e *Tribolium castaneum*: Estimativas do TL₅₀ (dias), TL₉₀ (dias) e intervalo de confiança (I.C.) a 95%; coeficiente angular e erro-padrão da média (EP); Qui-quadrado (X²) e graus de liberdade (G.L.)

Espécie	Substrato	TL ₅₀ (95% I.C.)	TL ₉₀ (95% I.C.)	Coeficiente Angular ± EP	X ²	G.L.
<i>C. ferrugineus</i>	Arroz cateto	3,0 < TL ₅₀ < 5,0	3,0 < TL ₉₀ < 5,0	-	-	-
<i>T. castaneum</i>	Arroz cateto	4,94 (4,68 – 5,22)	8,75 (7,88 – 10,15)	5,17 ± 0,25	7,48	3
<i>C. ferrugineus</i>	Milho	2,0 < TL ₅₀ < 4,0	2,0 < TL ₉₀ < 5,0	-	-	-
<i>T. castaneum</i>	Milho	6,04 (5,90 – 6,18)	7,91 (7,59 – 8,37)	10,95 ± 0,86	2,193	4
<i>C. ferrugineus</i>	Trigo	2,0 < TL ₅₀ < 4,0	2,0 < TL ₉₀ < 5,0	-	-	-
<i>T. castaneum</i>	Trigo	3,59 (3,19 – 3,91)	8,01 (7,03 – 9,82)	3,68 ± 0,22	3,071	3

4.3. Bioensaios com óleos essenciais

Não foram observadas mortalidades significativas ($P > 0,05$) de *C. ferrugineus* e *T. castaneum* para os tratamentos com *Cymbopogon citratus* e *Cymbopogon nardus*, nas diluições testadas (Tabelas 4).

Apesar da baixa efetividade desses tratamentos sobre os insetos-praga avaliados, Medice et al. (2007) e Andrade et al. (2012) reportaram que esses óleos essenciais foram efetivos para o controle de diferentes organismos, incluindo fungos (ex.: ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*) e bactérias (ex.: *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella cholerasius* e *Pseudomonas* spp.).

Os tratamentos com *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus staigeriana* e *Eucalyptus citriodora*, nas diluições apresentadas, também não causaram mortalidades significativas nas duas espécies de insetos-praga (Tabela 4). Contudo, Brito et al. (2006) e Alves et al. (2003) relataram efeitos tóxicos significativos destes óleos essenciais para o controle de outras espécies de insetos, como *C. maculatus*, *L. serricornis* e *P. interpunctella*.

No caso de *C. maculatus*, Brito et al. (2006) avaliaram o efeito fumigante dos óleos essenciais de *E. globulus*, *E. citriodora* e *E. staigeriana*, e detectaram redução significativa na viabilidade de ovos e na emergência de adultos.

Tabela 4. Avaliação da eficiência de óleos essenciais de *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus staigeriana* e *Eucalyptus citriodora* para o controle de *Cryptolestes ferrugineus* e *Tribolium castaneum*: número total de insetos utilizados (*n*); concentrações avaliadas (5, 10, 25, 50, 75 e 100 mL/L); porcentagem de mortalidade de insetos adultos até 72 horas após o início da exposição em superfície de cimento.

Tratamento	Espécie	Concentrações (mL/L)	<i>n</i>	Mortalidade (%)
<i>Cymbopogon citratus</i>	<i>C. ferrugineus</i>	5 a 100	1200	≤ 0,4
	<i>T. castaneum</i>	5 a 100	1200	≤ 0,8
<i>Cymbopogon nardus</i>	<i>C. ferrugineus</i>	5 a 100	1200	≤ 0,4
	<i>T. castaneum</i>	5 a 100	1200	≤ 0,8
<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>C. ferrugineus</i>	5 a 100	1200	≤ 0,6
	<i>T. castaneum</i>	5 a 100	1200	≤ 0,6
<i>Eucalyptus staigeriana</i>	<i>C. ferrugineus</i>	5 a 100	1200	≤ 1,0
	<i>T. castaneum</i>	5 a 100	1200	≤ 0,6
<i>Eucalyptus citriodora</i>	<i>C. ferrugineus</i>	5 a 100	1200	≤ 0,4
	<i>T. castaneum</i>	5 a 100	1200	≤ 0,6
Testemunha (água)	<i>C. ferrugineus</i>	0	200	0,0
	<i>T. castaneum</i>	0	200	0,0

4.4. Bioensaios com inseticidas

Foram observadas diferenças significativas (baseado na não sobreposição dos intervalos de confiança da CL_{50}) na suscetibilidade de *C. ferrugineus* e *T. castaneum* aos diversos inseticidas avaliados (Tabela 5).

O inseticida pirimifós-metílico aplicado em cimento causou 100% de mortalidade a *C. ferrugineus* e *T. castaneum* na concentração de 50 g i.a./L, ou 250mg i.a./m² de superfície tratada, em 24 horas (Tabela 5). Esta concentração (50 g i.a./L) tem sido a concentração máxima recomendada para o tratamento de superfícies internas de armazéns, visando ao controle de pragas de grãos armazenados (*Sitophilus zeamais*, *S. oryzae*, *Sitotroga cerealella*) no Brasil (AGROFIT, 2014).

A elevada toxicidade de pirimifós-metílico a *T. castaneum* e/ou *Crytolestes* spp. também foi mencionada por diversos autores (LAHUE, 1977; BEEMAN; WRIGHT, 1990; HUANG; BHADRIRAJU, 2005; LAGISZ et al., 2010; MUJEEB; SHAKOORI, 2012; VELKI et al., 2014).

Tribolium castaneum mostrou-se significativamente mais tolerante a pirimifós-metílico que *C. ferrugineus*. A concentração letal média (CL_{50}) estimada do inseticida para *T. castaneum* foi de 16,3 g i.a./L., no entanto, para *C. ferrugineus*, concentrações iguais ou inferiores a 10 g i.a./L se mostraram suficientes para causar 100% de mortalidade nos insetos desta espécie, em 24 horas. O valor estimado para a CL_{50} do resíduo tóxico de 30 dias para *T. castaneum* (86,0 g i.a./L) foi 5,2 vezes maior que a CL_{50} do resíduo tóxico de mesma idade para *C. ferrugineus*.

Segundo Lagisz et al. (2010), pirimifós-metílico foi efetivo (100% de mortalidade) para o controle de *T. castaneum* quando os insetos foram expostos ao inseticida em uma superfície tratada (vidro: placa de Petri) na dose de 4,7 mg i.a./m². Esse valor corresponde a apenas 6% dose necessária para matar 50% da população de *T. castaneum* (16,6 g i.a./L ou 83 mg de i.a./m²), estimada no presente experimento. Essa diferença pode estar associada ao efeito da superfície utilizada (cimento) ou à menor suscetibilidade (a pirimifós-metílico) da população testada no experimento conduzido no Instituto Biológico. Nesse último aspecto, Mujeeb e Shakoori (2012) detectaram diferenças significativas na suscetibilidade a pirimifós-metílico, em diferentes populações de *T. castaneum* coletadas no Paquistão.

Mujeeb e Shakoori (2012) observaram uma CL_{50} de 2,67 g i.a./L de pirimifós-metílico para *T. castaneum*, quando insetos adultos (linhagem FSS-II) desta espécie foram expostos ao produto em uma superfície de vidro (Placa da Petri). Esse valor também foi menor que a

CL₅₀ (16,6 g i.a./L) do produto observada para *T. castaneum*, no presente experimento. As diferenças entre os resultados obtidos para as diferentes superfícies testadas (vidro e cimento) também indicam uma influência significativa da superfície tratada na toxicidade do inseticida e/ou possível resistência da população brasileira ao inseticida organofosforado.

O inseticida pirimifós-metílico mostrou-se efetivo para o controle de *C. ferrugineus* até 90 dias após a aplicação, sendo que, para esta espécie, o valor estimado da CL₉₀ do resíduo tóxico de 90 dias (51,7 g i.a./L) foi semelhante à sua concentração recomendada (50 g i.a./L) (AGROFIT, 2015).

Para *T. castaneum*, a concentração recomendada (50 g i.a./L) (AGROFIT, 2015) não foi suficiente para um controle efetivo da praga até 30 dias após a aplicação, sendo que, a CL₅₀ (86,0 g i.a./L) do resíduo tóxico de 30 dias, estimada para esta praga, seria 72% maior que a referida concentração recomendada.

Para deltametrina, não foram observadas diferenças significativas entre *C. ferrugineus* e *T. castaneum* quanto à suscetibilidade ao inseticida, havendo sobreposição dos intervalos de confiança (a 95%) das concentrações letais médias (CL₅₀), para as duas idades (0 e 30 dias) de resíduo tóxico avaliadas. No entanto, observou-se mortalidade total dos insetos, apenas para *T. castaneum*, em concentrações iguais ou inferiores a 0,5 g i.a./L, na primeira avaliação.

Deltametrina tem sido recomendada para o tratamento de superfícies (sacarias, pisos, paredes, etc.), visando ao controle de pragas de grãos armazenados (*Sitophilus* spp., *Tribolium* spp.), em dosagens entre 53 e 80 ml de p.c./100m², diluído em 2 L de calda (AGROFIT, 2015). Assim sendo, a concentração máxima recomendada para o inseticida seria de 40 mL p.c./L ou 1 g i.a./L.

Considerando o critério da concentração recomendada no Brasil (AGROFIT, 2015), deltametrina teria se mostrado eficiente apenas para o controle de *T. castaneum*. Para *C. ferrugineus*, a CL₉₀ observada (4,21 g i.a./L) foi maior que a concentração recomendada, mesmo para o resíduo tóxico com menos de um dia de idade. Entre as possíveis explicações para o resultado estariam o efeito do substrato (cimento) sobre o piretróide e/ou uma baixa sensibilidade desta população da praga ao inseticida.

Alguns casos de resistência de *C. ferrugineus* a inseticidas (ex.: malathion, fosfina) já foram reportados (WHITE; BELL, 1990; NAYAK et al., 2012), indicando a presença de variabilidade genética entre as populações desta espécie quanto à sensibilidade a inseticidas.

Velki et al. (2014), realizando um estudo em laboratório na Croácia, reportaram menor suscetibilidade de *T. castaneum* a deltametrina em comparação com pirimifós-metílico. Entretanto, os resultados do presente experimento indicam uma eficácia maior de deltametrina para o controle de *T. castaneum*. A CL₅₀ de pirimifós-metílico (3,61 g i.a./L) foi consideravelmente (> 36 vezes) maior que a observada para deltametrina (< 0,1 g i.a./L). Para deltametrina, a concentração de 0,1 g i.a./L causou 100% de mortalidade de *T. castaneum* em apenas 3 horas. Esse contraste nos resultados pode estar associado a uma possível resistência da população brasileira de *T. castaneum* a pirimifós-metílico, conforme mencionado anteriormente.

O valor da CL₅₀ de pirimifós-metílico (1,33 mg i.a./L) reportado por Velki et al. (2014) foi 2.700 vezes menor que o observado no presente estudo (3,61 g i.a./L) para *T. castaneum*. Parte desta diferença está provavelmente associada ao substrato utilizado para o tratamento dos insetos [placa de Petri, no trabalho de Velki et al. (2014) e cimento, no experimento conduzido no Instituto Biológico].

A possível resistência desta população de *T. castaneum* a pirimifós-metílico ainda precisa ser estudada. Casos de resistência de *T. castaneum* ao referido inseticida já foram mencionados por outros autores (CHAMP; CAMPBELL-BROWN, 1970).

No caso de bifentrina (Starion 25 EC[®]), não há recomendação definida para o tratamento de superfície, em locais de armazenamento de grãos. A sua recomendação se limita ao tratamento de grãos (arroz, cevada, trigo, milho) através de pulverização de 1 ou 2 litros de calda inseticida por tonelada de grão, na dosagem de 16 mL/ton (AGROFIT, 2015). Assim sendo, a máxima concentração recomendada de bifentrina seria de 16 mL p.c./L ou 0,4 g i.a./L.

Considerando esta concentração recomendada (0,4 g i.a./L), bifentrina teria se mostrado eficiente apenas para o controle de *C. ferrugineus*, por um período inferior a 30 dias (em cimento).

Assim como para pirimifós-metílico, *T. castaneum* se mostrou mais tolerante a bifentrina que *C. ferrugineus*. Para *T. castaneum*, o valor (0,74 g i.a./L) da CL₉₀ inicial (idade do resíduo: 0 dia) foi superior à concentração recomendada.

Para o inseticida lambda-cialotrina (Actelliclambda 50 EC[®]) também não há recomendação para o tratamento de superfície, em locais de armazenamento de grãos. A sua recomendação se limita ao tratamento de grãos (arroz, cevada, trigo, milho), visando ao controle de *R. dominica*, através de pulverização de 1 ou 2 litros de calda inseticida por

tonelada de grão, na dose de 7 a 10 mL/ton (AGROFIT, 2015). Nesse caso, a máxima concentração recomendada de lambda-cialotrina seria de 10 mL p.c./L ou 0,5 g i.a./L. O produto é recomendado apenas.

A concentração recomendada (0,5 g i.a./L) de lambda-cialotrina teria se mostrado eficiente apenas para o controle de *T. castaneum* ($CL_{90} < 0,5$ g.i./L). Para *C. ferrugineus*, a CL_{90} do inseticida, no primeiro dia após a aplicação, foi superior à sua concentração recomendada.

Segundo Khaleqzaman e Nahar (2001), lambda-cialotrina foi o inseticida mais tóxico para *T. castaneum* entre os avaliados (lambda-cialotrina > malation > carbosulfan > clorpirifós > fenitrothion > fosfamidon > cipermetrina > monocrotofós > propoxur) com valor de dose letal média (DL_{50}) equivalente a 2,4 mg i.a./m², aplicado em placa de Petri. Esse valor corresponderia a 0,48 g i.a./L, para a metodologia utilizada no experimento conduzido no Instituto Biológico.

Tabela 5. Suscetibilidade de *Cryptolestes ferrugineus* e *Tribolium castaneum* a pirimifós-metilico (Actellic® 500 EC), deltametrina (K-Obiol® 25 EC), bifentrina (Starion 25 EC®) e lambda-cialotrina (Actelliclambda® 50 EC), para diferentes idades de resíduo em cimento, para 24 horas de exposição dos insetos aos resíduos tóxicos. Número total de insetos utilizados para a obtenção das curvas de concentração-resposta (*n*); estimativas da CL₅₀ (g i.a./L), CL₉₀ (g i.a./L) e intervalo de confiança (I.C.) a 95%; coeficiente angular e erro-padrão da média (EP); Qui-quadrado (X^2) e graus de liberdade (G.L.)

Tratamento	Espécie	Idade do resíduo (dias)	<i>n</i>	CL ₅₀ (95% I.C.)	CL ₉₀ (95% I.C.)	Coeficiente Angular ± EP	X^2	G.L.
Pirimifós-metilico	<i>C. ferrugineus</i>	0	900	< 10,00	< 10,00	-	-	-
	<i>T. castaneum</i>	0	700	16,34 (15,77 – 16,95)	25,11 (23,48 – 27,39)	6,87±0,256	6,95	5
	<i>C. ferrugineus</i>	30	500	16,60 (15,67 – 17,64)	30,70 (27,33 – 36,17)	4,79 ± 0,207	5,95	3
	<i>T. castaneum</i>	30	500	86,02 (66,50 – 204,15)	157,16 (98,52 – 776,01)	4,89±0,189	3,49	3
	<i>C. ferrugineus</i>	60	600	23,82 (22,99 – 24,66)	35,01 (33,01 – 37,78)	7,66 ± 0,345	6,74	4
	<i>T. castaneum</i>	60	600	297,63 (105,16 – 84.578,74)	1.811,18 (275,51 – 7.345.798,58)	1,63±0,055	0,253	4
	<i>C. ferrugineus</i>	90	600	39,49 (38,58 – 40,46)	51,70 (49,49 – 54,80)	10,96 ± 0,796	1,79	4
	<i>T. castaneum</i>	90	420	> 300,00	> 300,00	-	-	-
Deltametrina	<i>C. ferrugineus</i>	0	900	0,033 (0,00082 – 0,077)	4,21 (1,38 – 612,35)	0,610 ± 0,040	0,692	7
	<i>T. castaneum</i>	0	900	< 0,1	< 0,1	-	-	-
	<i>C. ferrugineus</i>	30	900	0,95 (0,60 – 3,38)	37,96 (7,31 – 4.984,82)	0,801 ± 0,041	3,635	7
	<i>T. castaneum</i>	30	900	2,88 (1,30 – 29,94)	64,46 (10,47 – 15.257,74)	0,950 ± 0,059	2,888	7
Bifentrina	<i>C. ferrugineus</i>	0	600	0,062 (0,053 – 0,069)	0,19 (0,16 – 0,25)	2,59 ± 0,092	0,289	4
	<i>T. castaneum</i>	0	400	0,52 (0,46 – 0,70)	0,74 (0,59 – 1,33)	8,21 ± 3,454	3,192	2
	<i>C. ferrugineus</i>	30	500	0,60 (0,48 – 0,95)	3,11 (1,66 – 10,46)	1,80 ± 0,087	2,118	5
	<i>T. castaneum</i>	30	500	> 0,80	> 0,80	-	-	-
Lambda-cialotrina	<i>C. ferrugineus</i>	0	600	0,13 (0,00085 – 0,37)	0,95 (0,27 – 1,33)	1,46 ± 0,239	2,921	4
	<i>T. castaneum</i>	0	600	< 0,5	< 0,5	-	-	-
	<i>C. ferrugineus</i>	30	900	2,61 (2,20 – 3,07)	29,99 (16,52 – 93,44)	1,21 ± 0,038	9,80	7

Para o presente experimento, a ordem dos inseticidas, quando à sua toxicidade, da mais tóxica (menor CL_{50}) para a menos tóxica (maior CL_{50}) para *T. castaneum* foi: deltametrina, lambda-cialotrina, bifentrina e pirimifós-metílico. Para *C. ferrugineus* foi observada a seguinte ordem de toxicidade: deltametrina, bifentrina, lambda-cialotrina e pirimifós-metílico (Tabela 5).

Os tempos letais médios (TL_{50}), assim como as concentrações letais médias (CL_{50}), aumentaram significativamente com o aumento da idade do resíduo tóxico de pirimifós-metílico, assim como dos demais inseticidas testados, para as duas espécies estudadas (Tabela 6).

Para *C. ferrugineus*, o TL_{50} de pirimifós-metílico foi inferior a uma hora no primeiro dia após a aplicação, aumentando, respectivamente, para 3,8; 8,1 e 32,4 horas, aos 30, 60 e 90 dias após a aplicação do inseticida na concentração de 50 g i.a./L.

Lagisz et al. (2010) reportaram um tempo médio para “knock down” (KT_{50}) em torno de 80 minutos (1 h e 20 min) para *C. ferrugineus* exposto a pirimifós-metílico na dose de 4,7 mg i.a./m². No presente experimento, o TL_{50} foi ligeiramente inferior (< 1 h), para o inseticida aplicado na dose de 250 mg i.a./m².

Para *T. castaneum*, os tempos letais foram significativamente maiores que os observados para *C. ferrugineus*, com valores de 3,6 horas (no primeiro dia após a aplicação), aumentando, respectivamente, para 31,1 e 57,7 horas, aos 30 e 60 dias após a aplicação de pirimifós-metílico na sua concentração recomendada. Para o resíduo tóxico de 90 dias, não foi observada mortalidade de adultos de *T. castaneum*, não sendo possível calcular o valor do TL_{50} (Tabela 6).

Os maiores valores dos tempos letais de pirimifós-metílico para *T. castaneum*, em relação a *C. ferrugineus*, também servem de indicativo para a maior tolerância de *T. castaneum* ao referido inseticida.

Os tempos letais de deltametrina e bifentrina também foram maiores para *T. castaneum* que para *C. ferrugineus*, indicando maior tolerância de *T. castaneum* aos referidos inseticidas piretroides.

Para deltametrina aplicado em grãos de milho, Ceruti e Lazzari (2005), registraram mortalidades de *T. castaneum* a partir das primeiras horas (1º dia), chegando a 98% em 72 horas (3º dia). Também foram observados tempos letais bastante curtos para o inseticida na população utilizada de *T. castaneum* no presente estudo.

Tabela 6. Tempos letais de pirimifós-metílico (Actellic® 500 EC) a 50 g i.a./L, deltametrina (K-Obiol® 25 EC) a 0,5 g i.a./L, bifentrina (Starion® 25 EC) a 0,4 g i.a./L e lambda-cialotrina (Actelliclambda® 50 EC) a 1 g i.a./L, após a exposição de adultos de *Cryptolestes ferrugineus* e *Tribolium castaneum*, a diferentes idades de resíduo dos inseticidas em superfície de cimento: Estimativas do TL₅₀ (horas), TL₉₀ (horas) e intervalo de confiança (I.C.) a 95%; coeficiente angular e erro-padrão da média (EP); Qui-quadrado (X²) e graus de liberdade (G.L.)

Tratamento	Espécie	Idade do resíduo (dias)	TL ₅₀ (95% I.C.)	TL ₉₀ (95% I.C.)	Coeficiente Angular ± EP	X ²	G.L.
Pirimifós metílico	<i>C. ferrugineus</i>	0	< 1,00	< 1,00	-	-	-
	<i>T. castaneum</i>	0	3,61 (3,32 – 4,05)	8,45 (6,77 – 12,03)	3,37 ± 0,17	4,384	4
	<i>C. ferrugineus</i>	30	3,82 (3,61 – 4,06)	6,98 (6,24 – 8,12)	4,89 ± 0,16	2,147	4
	<i>T. castaneum</i>	30	31,10 (29,29 – 33,15)	62,04 (54,99 – 72,94)	4,27 ± 0,13	1,562	4
	<i>C. ferrugineus</i>	60	8,11 (7,05 – 9,47)	23,10 (18,59 – 30,40)	2,82 ± 0,04	0,723	4
	<i>T. castaneum</i>	60	57,66 (51,07 – 67,69)	210,75 (152,52 – 350,07)	2,28 ± 0,10	0,490	4
	<i>C. ferrugineus</i>	90	32,42 (26,96 – 40,12)	137,91 (98,14 – 223,59)	2,039 ± 0,041	0,065	2
	<i>T. castaneum</i>	90	-*	-*	-	-	-
Deltametrina	<i>C. ferrugineus</i>	0	0,55 (0,22 – 0,99)	70,79 (32,45 – 264,77)	0,61 ± 0,04	0,300	3
	<i>T. castaneum</i>	0	3,61 (3,32 – 4,05)	8,45 (6,77 – 12,03)	3,47 ± 0,17	4,384	4
	<i>C. ferrugineus</i>	30	96,68 (48,30 – 315,32)	47.507,34 (6.105,25 – 22,19 x 10 ⁵)	0,48 ± 0,033	2,440	5
	<i>T. castaneum</i>	30	558,93 (184,31 – 48.510,84)	31,27 x 10 ⁴ (21,80 x 10 ³ – 69,14 x 10 ⁶)	0,47 ± 0,031	0,812	5
Bifentrina	<i>C. ferrugineus</i>	0	0,77 (0,48 – 1,05)	5,81 (4,44 – 8,66)	1,47 ± 0,039	2,860	3
	<i>T. castaneum</i>	0	248,67 (121,06 – 861,95)	4.718,22 (1.232,42 – 52.403,48)	1,00 ± 0,022	2,899	4
	<i>C. ferrugineus</i>	30	24,14 (18,89 – 37,85)	124,53 (66,59 – 418,32)	1,80 ± 0,088	2,118	5
	<i>T. castaneum</i>	30	-*	-*	-	-	-
Lambda-cialotrina	<i>C. ferrugineus</i>	0	0,17 (0,015 – 0,45)	11,97 (6,68 – 46,78)	0,696 ± 0,027	2,158	3
	<i>T. castaneum</i>	0	2,98 (2,86 – 3,10)	4,48 (4,18 – 4,90)	7,25 ± 0,36	0,126	3
	<i>C. ferrugineus</i>	30	69,46 (41,72 – 176,76)	9.064,10 (1.598,53 – 43,81 x 10 ⁴)	0,61 ± 0,014	0,049	3

*Mortalidade nula

5. CONCLUSÕES

A radiação gama, quando utilizada em doses iguais ou acima de 2,91 kGy, mostra-se eficiente para o controle de adultos de *Cryptolestes ferrugineus* e *Tribolium castaneum*. A terra de diatomáceas (em doses iguais ou acima de 0,05%) também se mostra efetiva para o controle das duas espécies de insetos-praga, em grãos de arroz, milho e trigo. Os inseticidas deltametrina, lambda-cialotrina, bifentrina e pirimifós-metílico são úteis para a redução populacional de *C. ferrugineus* e *T. castaneum*, quando empregados em tratamento superfície (ex.: cimento) em locais de armazenamento de grãos, com destaque para os dois primeiros inseticidas. Os óleos essenciais de *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus staigeriana* e *Eucalyptus citriodora*, em concentrações de até 1%, não se mostram eficientes contra *C. ferrugineus* e *T. castaneum*.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBAS, H.; NOURADIN, S. Application of gamma radiation for controlling the red flour beetle *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). **African Journal of Agricultural Research**, v.6, n.16, p.3877-3882, 2011.
- AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 20 jan 2015.
- AHMADI, M.; ABD-ALLA, A. M. M.; MOHARRAMIPOUR, S. Combination of gamma radiation and essential oils from medicinal plants in managing *Tribolium castaneum* contamination of stored products. **Applied Radiation and Isotopes**, v.78, p.16-20, 2013.
- ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. A.; FERREIRA, L.G.; COSTA, A. R.; PIMENTEL, M. A. G. Qualidade de milho armazenado e infestado por *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*. **Reveng Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.19, n.1, p.09-18, 2011.
- ALMEIDA, F. A. C.; GOLDFARB, A. C.; GOUVEIA, J. P. G. Avaliação de extratos vegetais e métodos de aplicação no controle de *Sitophilus* spp. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.1, n.1, p.13-19, 1999.
- ALVES, J. N. **Utilização de radiação gama do cobalto-60 como tratamento quarentenário de plantas medicinais, aromáticas e condimentares desidratadas infestadas por *Lasioderma serricorne* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Anobiidae) e *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera: Pyralidae)**. Dissertação (mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, SP, 69p. 2007.
- ALVES, S. M. **Toxicidade e repelência de óleos essenciais no manejo de *Zabrotes subfasciatus* (BOH.) (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchinae) em grãos de *Phaseolus vulgaris* L.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, PE, 2012.
- ALVES, W. M.; FARONI, L. R. D.; ALENCAR, E. R.; PAES, J. L. Influência do inseto praga *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae) na taxa de respiração e na perda de matéria seca durante o armazenamento de milho. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, MG, v.16, n.3, 260-269p., 2008.
- ANDRADE, M.A.; CARDOSO, M. G.; BATISTA, L.R.; MALLET, A. C. T.; MACHADO, S. M. F. Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Zingiber officinale*:

composição, atividades antioxidante e antibactericida. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.2, p.399-408, 2012.

ANTUNES, L. E. G.; FERRARI FILHO, E.; PIRES, P. D. S.; VIEBRANTZ, P. C.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae) usando duas concentrações de gás fosfina com diferentes períodos de exposição, em grãos de milho armazenado. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.17, n.2, p.167-172, 2011.

ANTUNES, L. E. G.; VIEBRANTZ, P. C.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R.G. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, p.615-620, 2011.

ARNAUD, L.; LAN, H. T. T.; BROSTAU, Y.; HAUBRUGE, E. Efficacy of diatomaceous earth formulations admixed with grain against population of *Tribolium castaneum*. **Journal of Stored Products Research**, v.41, p.121-130, 2005.

ARTHUR, F. H. Evaluation of a new insecticide formulation (F2) as a protectant of stored wheat, maize and rice. **Journal of Stored Product Research**, v. 40, p. 317-330, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PÓS-COLHEITA (ABRAPÓS), 2012. Disponível em: <http://www.abrapos.org.br>. Acesso em: 20 out. 2012.

AYVAZ, A.; OZTURK, F.; YARAY, K.; KARAHACIO, E. Effect of the gamma irradiations and malathion on confused flour beetle, *Tribolium confusum*. J. du Val. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.5, p.560-562, 2002.

BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils. **Food and Chemical Toxicology**, v.46, n.2, p.446-475, 2008.

BEEMAN, R.W.; WRIGHT, V.F. Monitoring for resistance to chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl and malathion in Kansas populations of stored-product insects. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v.63, n.3, p.385-392, 1990.

BECHER, H.; LORINI, I.; LAZZARI, S. M. N. Comportamento de adultos de diferentes raças de *Rhizopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae) em superfície tratada com deltamethrin. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.48, São Paulo, 2004.

BELCHOL, F.S.; TEIXEIRA, I.R.V. Preferência alimentar, performance e aceitabilidade de *Tribolium castaneum* (Coleoptera, Tenebrionidae) na farinha de soja integral. **Revista Analítica**, n.28, 2007.

BIZZO, H.R.; REZENDE, C.M.; HOVELL, A.M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v.32, n.3, p.588-594, 2009.

BOMBARDI, L.M. Intoxicação e morte por agrotóxicos no Brasil: A nova versão do capitalismo oligopolizado. Boletim Data luta. 2011.

BRASIL. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 8 jan. 2002.

BRITO, J. P.; OLIVEIRA, J. E. M.; BORTOLI, S. A. Toxicidade de óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae). **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.6, n.1, 2006.

CAMPOS, T. B.; ZORZENON, F. J. **Pragas dos grãos e produtos armazenados**. São Paulo: Instituto Biológico/Apta, 2006. 1-19p. (Boletim Técnico 17).

CASTRO, H. G.; PERINI, V. B. M.; SANTOS, G. R.; LEAL, T. C. A. B. Avaliação do teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.) em diferentes épocas de colheita. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, n.2, p.308-314, abr-jun, 2010.

CERUTI, F.C.; LAZZARI, SONIA M.N. Combination of diatomaceous earth and powder deltamethrin for insect control in stored corn. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.49, n.4, 580-583, 2005

CHAMP, B.R.; CAMPBELL-BROWN, M.J. Insecticide resistance in Australian *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). II. Malathion resistance in eastern Australia. **Journal of Stored Product Research**, v.6, p.111-31, 1970

CHAVES, L. E. L. Manejo de traças em ambientes urbanos e de armazenamento de grãos. In: **Manejo Integrado de pragas urbanas**. Editora CP2, Piracicaba, 208p. 2007.

COITINHO, R. L. B. C.; OLIVEIRA, J. V.; GONDIM JR, M. G. C.; CÂMARA, C. A. G. Efeito residual de inseticidas naturais no controle de *Sitophilus zeamais* Mots. em milho armazenado. **Caatinga**, v.19, n.2, p.183-191, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Disponível em: [http:// www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br). Acesso em: 21 ago. 2014.

COSIMI, S.; ROSSI, E.; CIONI, P. L.; CANALE, A. Bioactivity and qualitative analysis of some essential oils from Mediterranean plants against stored-product pests: evaluation of repellency against *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and *Tenebrio molitor* (L.). **Journal of Stored Products Research**, v.45,125-132, 2009.

COUTINHO, R. L. B. C.; OLIVEIRA, J. V.; GONDIM JR, M. G. C.; CÂMARA, C. A. G. **Efeito residual de inseticidas naturais no controle de *Sitophilus zeamais* Mots. em milho armazenado**. Caatinga (Mossoró, Brasil), v.19, n.2, p.183-191, abr./jun. 2006.

DOWD, P. F.; MOORE, D. E.; VEGA, F. E.; MCGUIRE, M. R. Occurrence of a *Mermithi dematode* parasite of *Carpophilus lugubris* (Coleoptera: Nitidulidae) in Central Illinois. **Environmental Entomology**, v. 24, p. 1245-1251, 1995.

EBELING, W. **Urban Entomology**: Pests of stored food products, 2014. Disponível em: [http://www. Entomology.ucr.edu/ebeling/](http://www.Entomology.ucr.edu/ebeling/). Acesso em: 20/06/2014.

EL-NAGGAR, S. M.; MIKHAIEL, A. A. Disinfestation of stored wheat grain and flour using gamma rays and microwave heating. **Journal of Stored Products Research**,v.47,p.191-196, 2011.

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa da Embrapa Agropecuária Oeste**: relatório do ano de 2003. Dourados, MS, (Documentos, 66). 97p. 2004.

ESTREJA, J. L. V.; FAZOLIN, M.; CATANI, V.; ALÉCIO, M. R.; LIMA, M. S. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n.2, p.217-222, 2006.

FAO. Food and Agriculture Organization. Conservation agriculture matching production with sustainability. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/ch10/ch104.pdf>. Acesso em 21 de setembro 2014.

FARONI, L.R.A.; SILVA, J.S. Manejo de pragas no ecossistema de grãos armazenados. In: SILVA, J.S. (Org.). **Secagem e Armazenamento de Produtos Agrícolas**.2 ed. Viçosa: Editora Aprenda Fácil. v.1, p.371-406, 2008.

FINNEY, D.J. **Probit analysis**. 3. ed. London: Cambridge University Press, 1971. 315p.

FONTES, L.S. **Efeitos da radiação gama do Cobalto-60 nas fases do ciclo evolutivo de *Tribolium castaneum* (Herbest, 1797) (Coleoptera - Tenebrionidae)**. 1994. 52 f. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

FREITAS, R.S.; QUEIROZ, M.E.L.R.; FARONI, L.R.D.; HELENO, F.F.; MOURA, V.V. Desenvolvimento do método de extração sólido-líquido com partição em baixa temperatura para determinação de inseticidas em grãos de milho ozonizados. **Química Nova**, v.37, n.2, p.238-243, 2014.

GALLI, J.C.; SENÔ, K.C.A.; CARRETO, E.C.B. Flutuação populacional de *Carpophilus* sp. em pomares de goiaba submetidos a dois métodos de pulverização de fenthion. **Manejo integrado de pragas y agroecologia** (Costa Rica), n.74, p.12-16, 2005.

GALLO, D. et. al. **Entomologia Agrícola**, Piracicaba: Fealq, p. 920, 2002.

GARCIA, E. G. **Segurança e saúde no trabalho rural: A questão dos agrotóxicos**. São Paulo: Fundacentro. 182p. 2001.

GUEDES, R.N.C.; FERREIRA, G.H.; CORRÊA, A.S. Resistência a inseticidas em pragas de produtos armazenados: situação atual e perspectivas. In: **Pragas dos grãos e produtos armazenados**. São Paulo Instituto Biológico/Apta, p.31-34, 2006. (Boletim Técnico 16).

GUEDES, R.N.C.; PICANÇO, M.C.; PEREIRA, E.J.G.; SILVA, E.M.; SILVA, G.A.; SOARES, F.F. Características dos principais grupos de inseticidas e acaricidas. In: ZAMBOLIM, L. et al. (ed.). **Produtos fitossanitários (fungicidas, inseticidas, acaricidas e herbicidas)**. Viçosa, MG: UFV/DFP, p.489-518, 2008.

HABIB, M.E.E.D.M. Agricultura brasileira é deficiente. **Revista do Instituto Humanitas Unisinos**, São Leopoldo, ed. 368, ano XI, p.10-11, 2011.

HALLMAN, G. J. Control of stored product pests by ionizing radiation. **Journal of Stored Products Research**, v. 52, p.36-41, 2013.

HUANG, F.; BHADRIRAJU, S. Management of five stored-product insects in wheat with pirimiphos-methyl and pirimiphos-methyl plus synergized pyrethrins. **Pest Management Science**, v.61, n.4, p.356-362, 2005.

INTERNATIONAL CONSULTIVE GROUP ON FOOD IRRADIATION (ICGFI), Viena. **Facts about food irradiation**, 1999.

KORUNIC, Z. Diatomaceous earth, a group of natural insecticides. **Journal of Stored Product Research**, v. 34, p. 87-98, 1998.

KUME, T.; FURUTA, M.; TODORIKI, S.; UENOYAMA, N.; KOBAYASHI, Y. Status of food irradiation in the world. **Radiation Physics and Chemistry**, v.78, p.222-226, 2009.

LADEIRA, W. J.; MARHLER, A. E.; NASCIMENTO, L. F. M. Logística reversa de defensivos agrícolas: fatores que influenciam na consciência ambiental de agricultores gaúchos e mineiros. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v.50, n.1, p.157-174, 2012.

LAGISZ, M.; WOLFF, K.; PORT, G. Time matters: delayed toxicity of pirimiphos-methyl on *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) and its effects on efficacy estimation of residual treatments. **Journal of Stored Products Research**, v.46, n.3, p.161-165, 2010.

LAHUE, D. Pirimiphos Methyl: Effect on Populations of *Tribolium confusum* and *T. castaneum* in wheat. **Journal of Economic Entomology**, v.70, n.1, p.135-137.

LEÃO, J. D. J. **Bioatividade de extratos vegetais no controle de *Sitophilus oryzae* (Linné, 1763) em arroz**. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Maria, RS, 91p. 2007.

LEORA SOFTWARE. Polo. In: ROBERTSON, J.L.; PREISLER, H.K.; RUSSEL, R.M. (Ed.). A user's guide to probit or logit analysis. Berkeley: LeOra Software. 2003. p. 7-11.

LIMA-MENDONÇA, A.; BROGLIO, S.M.F.; ARAÚJO, A.M.N.; LOPES, D.O.P.; DIAS-PINI, N.S. Efeito de pós vegetais sobre *Sitophilus zeamais* (Mots., 1855) (Coleoptera: Curculionidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.80, v.1, p.91-97, 2013.

LÓPEZ, M.D.; JÓRDAN M.J.; PASCUAL-VILLALOBOS, M.J. Toxic compounds in essential oils of coriander, caraway and basil active against stored rice pests. **Journal of Stored Products Research**, v.44, p.273-278, 2008.

LORINI, I.; FILHO, F.; BARBIERI, A.; DEMAMAN, I.; MARTINS, N. A.; OSVALDIR, R. R. D. Terra de diatomáceas como alternativa no controle de pragas de milho armazenado em propriedade familiar. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.2, n.4, 2001.

LORINI, I.; MIKE, L.H.; SCUSSEL, V. M. **Armazenamento de grãos**. Campinas. IBG. 2002.

LUCHINI, L.C.; ANDREIA, M.M. Comportamento ambiental de agrotóxicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.33-55, 2000.

LUNA, A.J.; SALES, L.T.; SILVA, R.F. Agrotóxicos: Responsabilidade de todos (Uma abordagem da questão dentro do paradigma do desenvolvimento sustentável). Disponível em: <https://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.toxnet.com.br%2Fdownload%2Fagrototoxicos-responsabilidade.doc&ei=12QuVO3nCsL4yQSe0oGQAg&usg=AFQjCNHQV7N43q6Ei6u8y4S8eODkzK-ZBg>. Acesso em 20 Dez 2011.

MARSARO Jr, A.L.; MOURÃO Jr, M.; GRIFFEL, S.C.P.; SILVA, W.R.; MELO, A.E.B. Eficiência de terra de diatomáceas no controle de *Tribolium castaneum* em milho armazenado. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 7, n.1, p. 79-84, 2009.

MEDICE, R.; ALVES, E.; ASSIS, R.T.; MAGNO Jr, R.G.; LOPES, E.A.G.L. Óleos essenciais no controle da ferrugem asiática da soja *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.1, p.83-90, 2007.

MOHAN, S.; FIELDS, P.G. A simple technique to assess compounds that are repellent or attractive to stored-product insects. **Journal of Stored Product Research**, v.38, p.23-31, 2002.

MOREIRA, J.C. et al. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. **Ciência e Saúde Coletiva**, v.7, n.2, p.299-311, 2002.

MOREIRA, M.A.B.; ZARBIN, P.H.G.; CORACINI, M.D.A. Feromônios associados aos coleópteros-praga de produtos armazenados. **Química Nova**, v.28, n.3, p.472-477, 2005.

MOREIRA, R.J. Críticas ambientalistas à revolução verde. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, n.15, p.39-52, 2000.

MUJEEB, K.A.; SHAKOORI, A.R. Effect of an organophosphate, pirimiphos-methyl, on esterases of different developmental stages of stored grain pest red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst.), spectrophotometric analysis. **Pakistan Journal of Zoology**, v.44, n.2, p. 301-312, 2012.

NAYAK, M.; HOLLOWAY, J.; EMERY, R.; PAVIC, H.; BARTLET, J.; COLLINS, P.. Strong resistance to phosphine in the rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens)

(Coleoptera: Laemophloeidae): its characterisation, a rapid assay for diagnosis and its distribution in Australia. **Pest Management Science**, v.69, p.48-53,2012.

NODARI, R. Agroecologia: um modelo agrícola sustentável. **Revista do Instituto Humanistas Unisinos**, São Leopoldo, ed. 368, ano XI, 2011.

ODUM, E.P. **Fundamentos de Ecologia**. 7. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004. 927p.

OLIVEIRA, C.S. **Vigilância das intoxicações por agrotóxicos no estado do Mato Grosso do Sul: uma proposta de relacionamento entre banco de dados**. 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado). Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2010.

OLIVEIRA, J.V. Controle de pragas de grãos armazenados com substâncias de origem vegetal. In: congresso Brasileiro de Entomologia, Salvador. **Resumos...**1997, p. 10. 1997.

OLIVEIRA, M.M.M.; BRUGNERA, D.F.; CARDOSO, M.G.; GUIMARÃES, L.G.L.; PICCOLI, R.H. Rendimento, composição química e atividade antilisterial de óleos essenciais de espécies de *Cymbopogon*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.13, n.1, p.8-16, 2011.

OLIVEIRA-SILVA, J.J.; ALVES, S.R.; MEYER, A.; PEREZ, F.; SARCINELLI, P.N.; MATTOS, R.C.O.C.; MOREIRA, J.C. Influência de fatores socioeconômicos na contaminação por agrotóxicos, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v.35, n.2, p.130-135, 2001.

PACHECO, I.A.; PAULA, D.C. de. **Insetos de grãos armazenados – identificação e biologia**. Campinas, Fundação Cargill, 228p. 1995.

PEREIRA, P.R.V.S.; FURIATTI, R.S. Eficiência de inseticidas no controle de *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) e *Rhyzopertha dominica* (FAB.) (Coleoptera: Bostrichidae) em cavada armazenada. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.3, n.1, 2005.

PERES, F.; OLIVEIRA-SILVA, J. J.; DELLA-ROSA, H. V.; LUCCA, S. R. Desafios ao estudo da contaminação humana e ambiental por agrotóxicos. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.10, p.27-37, 2005.

PESSOA, M.C.P.Y.; SÁ, L.A.N.; SAQUI, G.L.; ROCHA, A.B.O.; WILCKEN, C.F. **Indicadores populacionais de machos e fêmeas do psíldeo de concha, *Glycaspis brimblecombei***

(Hemiptera: Psyllidae), em condições de criação em laboratório, longevidade e curvas de sobrevivência. Jaguariúna, São Paulo: Embrapa Meio Ambiente (Boletim de Pesquisa e desenvolvimento – 56), 2010.

PIGNATI, W. Não existe uso seguro de agrotóxicos. **Revista do Instituto Humanistas Unisinos**, São Leopoldo, ed. 368, ano XI, p.5-7, 2011.

PINGALI, P.L.; MARQUEZ, C.B.; PALIS, F.G. Pesticides and Philippine rice farmer health: a medical and economic analysis. **American Journal of Agricultural Economics**, Oxford, v.76, n.3, p. 587-592, 1994.

PINTO Jr, A.R.; LAZZARI, F.A.; LAZZARI, S.M.N. Controle de *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) com diferentes doses de terra de diatomáceas (Dióxido de sílica). **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.3, n.1, 2005.

PINTO Jr, A.R.; 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 diatomáceas em trigo armazenado a granel. **Ciência Rural**, v.38, n.8, Santa Maria, 2008.

PINTO JR. et al., 1997. Avaliação de inseticidas no controle de *Sitophilus oryzae* (L.) e *Rhyzopertha dominica* em arroz armazenado. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.26, n.2, p.285-290,1997.

PORTO, M.F.; SOARES, W.L. Modelo de desenvolvimento, agrotóxicos e saúde: um panorama da realidade agrícola brasileira e propostas para uma agenda de pesquisa inovadora. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v.37, n.125, p.17-31, 2012.

POTENZA, M. R. Insetos em alimentos naturais, beneficiados e industrializados: da matéria prima à mesa do consumidor. **Vetores e Pragas**, Ano XV, n.28, p. 9-11, 2011.

POTENZA, M.R. **Emprego da radiação gama como tratamento quarentenário, visando o controle da traça *Oponga sacchari* (Bojer, 1856) (Lepidoptera: Tineidae) em banana (*Musasp.*) e *Dracaena fragans*.** 1999. Dissertação (mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo. 1999.

QUEIROGA, M.F.C.; GOMES, J.P.; ALMEIDA, F.A.C.; PESSOA, E.B.; ALVES, N.M.C. Aplicação de óleo essencial no controle de *Zabrotes subfascitus* e na germinação de

Phaseolus vulgaris. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.7, p.777-783, 2012.

QUIRINO, J.R.; MELO, A.P.C.; VELOSO, V.R.S.; ALBERNAZ, K.C.; PEREIRA, J.M. Resfriamento artificial na conservação da qualidade comercial de grãos de milho armazenado. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.4, p.378-386, 2008.

RIGOTTO, R.M. Exploring fragility: industrial delocalization, occupational and environmental risks, and non-governmental organizations. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.6, p.990-998, 2009.

RODIGUES, W. C. Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos. **Info insetos** (Informativo dos Entomologistas do Brasil). Ano 01, n.4, p.01-04.

ROSSATO, C.; LORINI, I.; FERRI, G. C. Suscetibilidade de pragas de grãos armazenados em função do tempo de exposição à terra de diatomáceas. Congresso Brasileiro de Soja, 6. Cuiabá - MT, 2012.

ROSSI, E.; COSINI, S.; LONI, A. Insecticide resistance in Italian populations of *Tribolium* flour beetles. **Bulletin of Insectology**, v.63, n.2, p.251-258, 2010.

SALGADO, S.M.L.; CAMPOS, V.P.; CARDOSO, M.G.; SALGADO, A.P.S. Ecloração e mortalidade de juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne exigua* em óleos essenciais. **Nematologia Brasileira**, v.27, n.1, p.17-22, 2003.

SALLES FILHO, S.L.M. **A dinâmica tecnológica da agricultura: perspectivas da biotecnologia**. 1993. 248 f. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

SALMERON, E. Manejo de baratas em áreas urbanas. In: PINTO, A. S. et al. (Ed.). **Manejo de pragas urbanas**. Piracicaba: CP 2, p. 25-40, 2007.

SALMERON, E. Resistência de Pragas Urbanas. **Vetores e Pragas**. Ano XI – n. 18, p. 29-32, 2008.

SILVA, A. A. L. Influência do processo de colheita na infestação do milho (*Zea mays* L.) pelo besouro da farinha (*Tribolium castaneum* Herbst) durante o armazenamento. Campina Grande – PB, DEAG/UFPB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p. 312-315, 1998.

SILVA, D.M.H.; BASTOS, C.N. Atividade antifúngica de óleos essenciais de espécies de *Piper* sobre *Crinipellis pernicioso*, *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora capsici*. **Fitopatologia Brasileira**, v.32, p.143-145, 2007.

SILVA, L.K.F.; ARTHUR, V. Efeito do fracionamento de dose de radiação gama sobre *Sitophilus oryzae* (LINNAEUS, 1763) (Coleoptera: Curculionidae); *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Bostrichidae) e *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.71, n.2, p.253-256, 2004.

SILVEIRA, R.D.; FARONI, L.R.A.; PIMENTEL, M.A.G.; PETERNELLI, L.A.; ZOCOLO, G.J. Eficácia biológica e persistência de bifentrina pulverizada em grãos de milho com diferentes temperaturas. **Neotropical Entomology**, v.35, n.2: p.264-268, 2006.

SIMÕES, R.O.; PIMENTEL, M.A.G.; SOUSA, A.H.; FARONI, L.R.D.A.; SANTOS, J.C. *Carpophilus hemipterus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera, Nitidulidae), primeiro registro de ocorrência em ração canina na região de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. **Revista Caatinga**, v.21, n.2, p.1-2, 2008.

SMIDERELE, O.J.; CICERO, S.M. Tratamento inseticida e qualidade de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.2, p.223-230, 1998.

SOARES, C. M.; GERMANO, M. I. S.; SPOLAORE, A. J. G.; GERMANO, P. M. L. Irradiação de alimentos. In: GERMANO, P.M.L. et al. (Ed.) **Higiene e vigilância sanitária de alimentos**. 3.ed. Barueri, SP: Manole, 2008.

SOARES, W.L.; PORTO, M.F. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. **Ciência e Saúde Coletiva**, v.12, n.1, p.131-143, 2007.

SOARES, W.L.; PORTO, M.F.S. Estimating the social cost of pesticide use: an assessment from acute poisoning in Brazil. **Ecological Economics**, v.68, n.10, p.2721-2728, 2009.

SOUZA, E.S.; BALDIN, E.L.L. Efeito de pós de origem vegetal e de terra de diatomáceas sobre aspectos da biologia de *Zabrotes subfasciatus* (BOH., 1833) em feijão armazenado. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.76, n.3, p.401-408, 2009.

SPADOTTO, C. A. **Avaliação de riscos ambientais de agrotóxicos em condições brasileiras**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente (Documentos, 58), 20p. 2006.

SPADOTTO, C. A. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, (Documentos, 42), 29p. 2004.

SUBRAMANYAM, B. et al. Insect applied to shelled maize against stored-product insect larvae. **Journal of Economic Entomology**, v.91, p.280-286, 1998.

TAKEMOTO, E.; SAUWTARI, J. H.; GERMANO, P. M. L. Qualidade dos óleos, gorduras e similares. In: GERMANO, P.M.L.; GERMANO, M.I. (Eds.) **Higiene e vigilância sanitária de alimentos**. 3. ed. Cap. 10. Barueri: Manole, p.195-258, 2008.

VELKI, M.; PLAVŠIN, I.; DRAGOJEVIĆ, J.; HACKENBERGER, B.K. Toxicity and repellency of dimethoate, pirimiphos-methyl and deltamethrin against *Tribolium castaneum* (Herbst) using different exposure methods. **Journal of Stored Products Research**, v.59, p.36-41, 2014.

VITTI, A.M.S.; BRITO, J.O. Óleo essencial de eucalipto. **Documentos florestais**, n.17, p.1-26, 2003.

WANG, J.; ZHU, F.; ZHOU, X.M.; NIU, C.Y.; LEI, C.L. Repellent and fumigant activity of essential oil from *Artemisia vulgaris* to *Tribolium castaneum* (Herbst). **Journal of Stored Products Research**, v.42, p.339-347, 2006.

WHITE, N.D.G.; BELL, R.J. Relative fitness of a malathion-resistant strain of *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae) when development and oviposition occur in malathion-treated and untreated wheat kernels. **Journal of Stored Products Research**, 26 23-27, 1990.

YANG, F.L.; LIANG, G.W.; XU, Y.J.; LU, Y.Y.; ZENG, L. Diatomaceous earth enhances the toxicity of garlic, *Allium sativum*, essential oil against stored-product pests. **Journal of Stored Products Research**, v.46, p.118-123, 2010.

ZAMBOLIM, L. et al. **Produtos Fitossanitários (fungicidas, inseticidas, acaricidas e herbicidas)**. Viçosa, MG: UFV/DEP. 652p. 2008.

ZANÃO, C.F.P.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; SARMENTO, S.B.S.; ARTHUR, V. Efeito da irradiação gama nas características físico-químicas e sensoriais do arroz (*Oryza sativa* L.) e no desenvolvimento de *Sitophilus oryzae* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.29, n.1, p.46-55, 2009.