



Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Brasil

Antunes, Luidi E. G.; Ferrari Filho, Edar; Gottardi, Roberto; Sant'Ana, Josué; Dionello, Rafael G.

Avaliação do uso de terra de diatomácea contra a infestação de grãos de milho

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 6, núm. 4, octubre-diciembre, 2011, pp. 662-669

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119021237017>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

**AGRÁRIA**

Revista Brasileira de Ciências Agrárias  
ISSN (on line): 1981-0997  
v.6, n.4, p.662-669, out-dez., 2011  
Recife, PE, UFRPE. [www.agraria.ufrpe.br](http://www.agraria.ufrpe.br)  
DOI:10.5039/agraria.v6i4a1486  
Protocolo 1486 – 19/04/2011 \*Aprovado em 10/06/2011

Luidi E. G. Antunes<sup>1</sup>

Edar Ferrari Filho<sup>1</sup>

Roberto Gottardi<sup>1</sup>

Josué Sant'Ana<sup>1</sup>

Rafael G. Dionello<sup>1</sup>

## Avaliação do uso de terra de diatomácea contra a infestação de grãos de milho

### RESUMO

Estima-se que são perdidos 10% do total produzido na pós-colheita de grãos no Brasil com o ataque de pragas. Entre os principais insetos que atacam produtos armazenados, destacam-se as espécies *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*, que podem ser controladas com terra de diatomácea. Objetivou-se verificar a eficiência de diferentes dosagens de terra de diatomácea no controle de adultos de *S. zeamais* e *T. castaneum* em grãos de milho durante o armazenamento. Utilizaram-se grãos de milho com 12, 14 e 16% de umidade, com 92,35% de grãos inteiros, e doses de 1000 e 2000 g t<sup>-1</sup> de terra de diatomácea. Cada tratamento foi composto por cinco repetições com 100 g de grãos tratados, ou não no caso do controle, infestados com 10 adultos de ambas as espécies. Ocorreram três períodos de infestações: 1 hora, 10 dias e 20 dias após a aplicação do produto. Verificou-se a mortalidade dos insetos e a análise tecnológica dos grãos aos 60 dias após cada período de infestação. Maiores médias de mortalidade (100%) foram obtidas no menor teor de umidade (12%) e maiores níveis de grãos carunchados (44,15% e 24,55%) nos tratamentos controle dos grãos com os maiores teores de umidade (14 e 16%, respectivamente). Conclui-se, assim, que o tratamento com terra de diatomácea é eficiente para o controle de *S. zeamais* e *T. castaneum*, reduzindo os danos nos grãos de milho, especialmente com teor de umidade em torno de 12%.

**Palavras-chave:** Análise de defeitos, pó-inerte, *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum*.

## Evaluation of the use of diatomaceous earth against the corn grains infestation

### ABSTRACT

Grains postharvest losses in Brazil are estimated to be about 10%, mainly due to insects infestation. The species *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum*, which can be controlled by diatomaceous earth, are the principal insects infesting stored products. The objective of this study was to determine the effectiveness of different diatomaceous earth doses on the control of adult *S. zeamais* and *T. castaneum* in stored corn grains. Corn grains at 12, 14 and 16% humidity, with 92.35% of whole grain, were treated with 1000 and 2000 g t<sup>-1</sup> doses of diatomaceous earth. Each treatment was composed by five replications with 100 g of treated grains, or not (control), infested with 10 adult insects of each species. Three infestation periods were observed: 1 hour, 10 days and 20 days after the application of the product. The insect mortality and the technological grain analysis were verified 60 days after each infestation period. Higher mortality means (100%) were obtained with the lowest (12%) humidity content, and higher rotten grain levels (44.15% and 24.55%) were observed in control treatments of grains with the highest humidity contents (14 and 16%, respectively). Therefore, it is possible to conclude that diatomaceous earth effectively controls *S. zeamais* and *T. castaneum* and reduces damages to stored grains, especially when humidity contents after harvest is around 12%.

**Key words:** Defect analysis, inert powder, *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum*.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia Av. Bento Gonçalves 7712 Departamento de Fitossanidade, CEP 91540-000, Bairro Agronomia, (51) 3308 7404. E-mail: luidieric.antunes@gmail.com; edarff@gmail.com; r.gottardi@yahoo.com.br; josue.santana@ufrgs.br; rafdionello@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

Estima-se que, no Brasil, as perdas nas etapas de pós-colheita de grãos são de aproximadamente 10% do produzido, sendo causadas principalmente por insetos-praga, fungos e roedores (IBGE, 2011).

Grãos podem ser infestados por insetos ainda no campo, durante o armazenamento, na industrialização, em armazéns, supermercados e no nível doméstico. A presença de insetos nos diferentes produtos agrícolas apresenta relevância econômica devido aos diferentes tipos de danos provocados ou pela contaminação com seus fragmentos, resultando em deságios e, em alguns casos, na recusa do produto na comercialização (Pinto Jr, 2008).

De acordo com Elias et al. (2009), dentre os principais insetos de grãos armazenados, destacam-se *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) e *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae).

A espécie *S. zeamais* é uma praga primária interna, ou seja, é capaz de danificar o grão ainda sadio e seu desenvolvimento nas fases imaturas (ovo, larva e pupa) ocorre no interior de apenas um grão. De acordo com Lorini (2008), esta espécie apresenta elevado potencial de multiplicação e capacidade de infestar os grãos ainda no campo, e possui muitos hospedeiros como, por exemplo, milho, trigo, arroz e triticale.

A espécie *T. castaneum* é uma praga secundária devido a não apresentar a capacidade de danificar os grãos ainda sadios. Esta espécie alimenta-se de diversos grãos (milho, trigo e arroz) e causa prejuízos ainda maiores do que os resultantes do ataque de pragas primárias que permitem sua infestação (Lorini, 2008).

É comum o uso de produtos químicos para a proteção dos grãos armazenados contra o ataque de pragas, como inseticidas piretróides, organofosforados e fumigantes, em geral, sendo todos de alta periculosidade e com período de carência específico. Porém, existem os métodos físicos de controle, como temperatura, radiação, som e o uso de pós-inertes.

A terra de diatomácea (TD) é um pó-inerte obtido a partir de depósitos sedimentares de dióxido de sílica de águas doces e salgadas (Chanbang et al, 2007a, b; Lorini, 2008). Segundo Lorini (2008), esse produto confere longo período de proteção à massa de grãos, sem deixar resíduos em alimentos destinados ao consumo. De acordo com Ebeling (1971), deve-se usar a TD, preferencialmente, em grãos com menores teores de umidade, pois o modo de ação desse produto é por dessecção.

Desta forma, objetivou-se com este trabalho verificar a eficiência da terra de diatomácea aplicada em grãos de milho no controle de adultos de *S. zeamais* e *T. castaneum*, assim como a inibição dos danos causados por esses insetos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os insetos foram criados em sala climatizada ( $25 \pm 5^\circ\text{C}$ ;  $60 \pm 5\%$  UR e fotofase de 16 horas) e mantidos em recipientes plásticos com tampa apresentando abertura vedada com tecido tipo voile para permitir as trocas gasosas.

Os indivíduos da espécie *S. zeamais* foram alimentados com grãos de milho híbrido AS32, a mesma variedade utilizada no experimento. As trocas de dieta ocorreram em intervalos de 15 dias, com armazenagem dos grãos, que saiam do contato com os insetos, para permitir as possíveis emergências. Este procedimento ocorreu visando aumentar a população de insetos na criação, pois o período de duração do ciclo ovo-adulto em nossa sala climatizada era de aproximadamente 36 dias.

A espécie *T. castaneum* foi mantida em dieta composta por farelo de trigo integral tostado, gérmen de trigo e levedo de cerveja, na mesma proporção. As fases de ovo, larva, pupa e adulto foram isoladas e mantidas em recipientes plásticos separados devido ao canibalismo verificado.

Foram utilizadas estas duas espécies por se tratarem de pragas primária e secundária, sendo cada uma responsável por severos danos nos grãos, assim como pelo interesse de se verificar a ação conjunta destas em grãos de milho.

Os grãos de milho foram secos em secador estacionário com ar natural, até teores de água de 12, 14 e 16%, em base úmida. Após a secagem, estes foram expurgados em sacos, envoltos por lona plástica com espessura de 200 micras. Utilizou-se gás fosfina (GASTOXIN), na concentração de  $2 \text{ g m}^{-3}$ , conforme recomendação dos fabricantes.

Aplicou-se a TD em 12 kg de grãos de milho no total dos tratamentos, sendo 2 kg para cada tratamento. A aplicação ocorreu em bandejas retangulares, com homogeneização durante dois minutos, e o armazenamento foi feito em recipientes plásticos de 2 L. Essa homogeneização foi realizada manualmente com o uso de luvas cirúrgicas, sendo um par para cada dosagem de TD.

Os grãos de milho apresentavam, aproximadamente, umidades de 12, 14 e 16% (base úmida) e cada uma das bases foi tratada com 1000 e 2000 g de TD por tonelada de grãos de milho. O controle constou de grãos sem tratamentos, ou seja, livres de TD. O produto utilizado foi o da empresa Bernardo Química, com nome comercial Insecto®, com 86,7% de dióxido de sílica.

Cada tratamento foi composto por cinco repetições, sendo que para cada repetição foram colocados 100 g de grãos de milho, em recipientes plásticos de 300 mL fechados com tecido tipo voile, juntamente com 10 adultos de *S. zeamais* e de *T. castaneum*, com idades variando de 20 a 50 dias, sem padronização sexual. Esses insetos foram identificados com tinta témpera, para evitar problemas nas verificações devido às emergências de novos insetos. Este experimento foi conduzido em sala climatizada nas mesmas condições da criação ( $25 \pm 5^\circ\text{C}$ ;  $60 \pm 5\%$  UR e fotoperíodo de 16L:8E).

As infestações ocorreram em três tempos distintos: 1 hora, 10 dias e 20 dias após a aplicação do produto nos grãos de milho. Os grãos foram armazenados por um período de 60 dias. Ao final deste período, realizou-se a análise de defeitos, também realizada nos grãos “in natura” (12% de umidade), que são os grãos prontos para a comercialização e que apresentavam 92,35% de grãos inteiros. Também foi realizada a classificação quanto ao tipo de grão (Brasil, 1996).

A análise de defeitos compreende os parâmetros descritos na Portaria nº11 de 12 de abril de 1996, a qual se refere aos conceitos e classificação do milho (Brasil, 1996).

Os principais defeitos, segundo esta portaria, são grãos carunchados, quebrados, fragmentados, ardidos, brotados, chochos, fermentados e mofados.

A classificação quanto ao tipo de grãos compreende os seguintes parâmetros, conforme a mesma portaria:

- Tipo 1: constituído de milho seco, são, de grãos regulares e com umidade máxima de 14,5%. Tolerância máxima de 1,5% de matérias estranhas, impurezas e fragmentos; 11% de grãos avariados, com o máximo de 3% de grãos ardidos e brotados (percentagem em peso);

- Tipo 2: constituído de milho seco, são, de grãos regulares e com umidade máxima de 14,5%; Tolerância máxima de 2% de matérias estranhas, impurezas e fragmentos; 18% de grãos avariados, com o máximo de 6% de grãos ardidos e brotados (percentagem em peso);

- Tipo 3: constituído de milho seco, são, de grãos regulares e com umidade máxima de 14,5%. Tolerância máxima de 3% de matérias estranhas, impurezas e fragmentos; 27% de grãos avariados, com o máximo de 10% de grãos ardidos e brotados (percentagem em peso).

- Abaixo do nível padrão de comercialização: mais de 27% de grãos avariados. O milho assim classificado poderá, conforme o caso, ser submetido ao rebeneficiamento.

Verificou-se também a emergência e a sobrevivência dos adultos em cada recipiente, através da sua contagem. Considerou-se como emergência qualquer adulto sem marcação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No tratamento com infestação 1 hora após a aplicação de TD, obtiveram-se médias significativamente maiores de grãos carunchados somente para os tratamentos controle com teor de umidade de 14 e 16%, sendo essas médias de 23,98 e 23,50%, respectivamente (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores médios (%) de defeitos em grãos de milho "in natura", tratados sem e com terra de diatomácea (1000 e 2000 g t<sup>-1</sup>), infestados com insetos adultos de *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* 1 hora após a aplicação, armazenados por 60 dias ( $25 \pm 5^\circ\text{C}$ ; 60 ± 5% UR; fotoperíodo 16L:8D)

Dose (g t <sup>-1</sup> )/Danos (%)	—	12 %			14%			16%		
		0	1000	2000 g	0 g	1000 g	2000 g	0 g	1000 g	2000 g
Carunchado	0,26 b**	4,64 b	0,14 b	0,42 b	23,98 a	0,99 b	1,51 b	23,50 a	1,11 b	0,67 b
Quebrado	4,36 ab	2,83 b	3,99 ab	4,33 ab	6,52 a	5,54 a	5,21 ab	2,79 b	4,10 ab	4,93 ab
Fragmentado	1,15 bc	2,39 b	4,26 a	3,23 a	2,38 b	2,37 b	2,40 b	0,24 c	1,31 bc	0,73 bc
Ardido	1,44 b	0,67 c	0,94 c	0,89 c	0,70 c	1,18 c	1,69 a	0,86 c	1,63 ab	1,38 b
Brotado	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,15 a	0,06 a	1,18 a	0,00 a	0,27 a	0,47 a
Chocco	0,39 a	0,32 a	0,00 a							
Fermentado	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Mofado	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Impurezas	0,05 a	1,39 a	1,04 a	1,66 a	0,30 a	0,81 a	0,95 a	0,22 a	0,43 a	0,90 a
Inteiro	92,35 a	87,86 a	89,63 a	89,47 a	65,97 b	89,05 a	87,06 a	72,39 b	91,15 a	90,92 a

\*I = "In natura"

\*\*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 1% de probabilidade

Em estudo realizado em grãos de milho, com umidade de 11,97%, infestados por *S. zeamais*, Antunes et al. (2010) observaram um índice de carunchamento aos 60 dias de armazenamento de 9,77%, sem aplicação de nenhum produto para controle. Desta forma, o presente trabalho corrobora o obtido por estes autores em relação ao aumento do nível de carunchamento em grãos livres de tratamentos.

Essas maiores médias estão relacionadas à maior umidade dos grãos, o que favorece os danos. Grãos com altos teores de água tornam-se muito vulneráveis a ataques de grandes populações de insetos e fungos (Kawamoto et al., 1992; Lorini, 2002).

Os tratamentos com aplicação de TD não diferiram do produto "in natura", mostrando que a TD não permitiu um aumento de grãos carunchados.

No parâmetro grão quebrado, a maior média foi no controle dos grãos com teor de umidade igual a 14% (6,52%), que diferiu estatisticamente dos demais controles.

As maiores médias de grãos fragmentados ocorreram nos tratamentos com 1000 e 2000 g t<sup>-1</sup> dos grãos com 12% de umidade e diferiram dos demais tratamentos. Esse aumento de grãos fragmentados em relação ao produto "in natura", na umidade de 12%, ocorreu devido a uma redução dos grãos quebrados, ou seja, como *T. castaneum* é praga secundária, apresenta maior preferência por grãos quebrados e fragmentados, não atacando grãos inteiros. *S. zeamais* é praga primária interna, que ataca tanto grãos inteiros quanto quebrados (Lorini, 2002).

Nos tratamentos com umidades de 14 e 16%, os danos causados foram maiores tanto para os defeitos de grãos quebrados, quanto para os fragmentados, mostrando que grãos mais úmidos são atacados com maior facilidade pelos insetos.

Em relação aos grãos inteiros, a maior média ocorreu nos grãos "in natura" (92,35%) com 12 % de umidade, diferindo estatisticamente dos tratamentos controle, dos grãos com

umidade de 14 e 16%. Já os demais tratamentos foram iguais estatisticamente.

Ao se realizar a classificação desses lotes, conforme Brasil (1996), levando-se em consideração o total de grãos avariados, permanecem como Tipo 1 os tratamentos: 1000 e 2000 g t<sup>-1</sup> TD com 12% de umidade, 1000 g t<sup>-1</sup> TD com 14% de umidade e 1000 e 2000 g t<sup>-1</sup> com 16% de umidade, além do lote “in natura”. Como grãos Tipo 2, ficaram os tratamentos controle com 12% e 2000 g t<sup>-1</sup> TD com 14% de umidade. Já os tratamentos controle dos grãos com 14 e 16% de umidade ficaram classificados como abaixo do nível padrão de comercialização, mostrando que a utilização de TD diminui a infestação, resultando em melhor qualidade dos grãos. Não ocorreu classificação Tipo 3 para nenhum tratamento.

Essa quantidade de tratamentos classificados como Tipo 1 está relacionada à presença de TD e à umidade, pois em tratamentos sem a sua presença e elevada umidade, os insetos tendem a causar maiores danos.

O percentual de grãos inteiros do tratamento controle da umidade de 12% foi estatisticamente igual aos tratamentos com aplicação de TD, mostrando que a secagem de grãos para umidades iguais ou inferiores a 12%, dificulta o ataque de insetos (Elias et al., 2009).

Na análise de defeitos realizada nos grãos infestados 10 dias após a aplicação, novamente os maiores valores percentuais de grãos carunchados, 44,15 e 16,30%, foram verificados nos tratamentos controle dos grãos com 14 e 16% de umidade, respectivamente (Tabela 2). A maior média de grãos carunchados nos tratamentos controle ocorreu provavelmente devido à maior emergência de insetos da espécie *S. zeamais* (188,0) nesse tratamento.

A maior média para grãos quebrados foi observada no tratamento 1000 g t<sup>-1</sup> TD com 14% de umidade (6,58%) e diferiu estatisticamente dos tratamentos controle dos grãos com 12 e 16% de umidade, assim como do tratamento 2000 g t<sup>-1</sup> TD dos grãos com 16% de umidade. Essa diferença com os

mesmos está relacionada à maior quantidade de grãos carunchados nos controles. Já o tratamento 16% apresentou maior valor destes. A ocorrência de grãos ardidos deve-se à perda da coloração ou cor característica, por ação do calor e umidade ou fermentação em mais de 1/4 (um quarto) do tamanho do grão (Brasil, 1996).

Na categoria grãos fragmentados, a maior média foi de 2,79% (tratamento controle dos grãos com 12% de umidade) que diferiu estatisticamente apenas do tratamento controle dos grãos com 16% de umidade (0,08%). Esta menor quantidade de grãos fragmentados deve-se ao aumento de grãos ardidos neste tratamento, devido à maior umidade destes grãos, o que facilitou o desenvolvimento de fungos. Em relação ao produto “in natura” não tivemos diferenças significativas nos grãos fragmentados.

A maior média de impurezas, 1,58%, foi verificada no tratamento controle dos grãos com 12% de umidade e somente não diferiu dos demais tratamentos de grãos com a mesma umidade.

Na categoria grãos inteiros, a maior média foi verificada nos grãos “in natura”, 92,35%, diferindo estatisticamente dos tratamentos controle nas três umidades estudadas, mostrando que os grãos antes de serem tratados com TD e infestados apresentavam a melhor qualidade e tipificação para comercialização (Brasil, 1996).

Ao classificar esses lotes estudados conforme Brasil (1996), levando-se em consideração o total de grãos avariados, os tratamentos “in natura”, 1000 e 2000 g t<sup>-1</sup> dos grãos com 16% de umidade, são classificados como grãos Tipo 1. Tipo 2 são os tratamentos 1000 e 2000 g t<sup>-1</sup> dos grãos com teores de umidade de 12 e 14%; e Tipo 3, os tratamentos controle dos grãos com 12 e 16% de umidade. O tratamento controle dos grãos com 14% de umidade fica classificado como abaixo do nível padrão para comercialização.

Esta classificação dos grãos em Tipo 1, com 16% de umidade, provavelmente ocorreu pelo fato de que o produto

**Tabela 2.** Valores médios (%) de defeitos em grãos de milho “in natura”, tratados sem e com terra de diatomácea (1000 e 2000 g t<sup>-1</sup>), infestados com insetos adultos de *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* 10 dias após a aplicação, armazenados por 60 dias (25 ± 5 °C; 60 ± 5% RH; fotoperíodo 16L:8D)

Dose (g t <sup>-1</sup> )/Danos (%)	I*		12 %			14%			16%		
	—	0	1000	2000 g	0 g	1000 g	2000 g	0 g	1000 g	2000 g	
Carunchado	0,26 c**	9,39 bc	0,06 c	0,15 c	44,15 a	1,90 c	0,90 c	16,30 ab	1,53 c	0,73 c	
Quebrado	4,36 ab	3,14 b	5,46 ab	4,30 ab	6,39 a	6,58 a	6,17 ab	3,47 b	4,10 ab	3,76 b	
Fragmentado	1,15 ab	2,79 a	2,32 ab	2,60 ab	1,39 ab	2,61 ab	2,35 ab	0,08 b	0,41 ab	0,63 ab	
Ardido	1,44 ab	1,97 a	2,24 a	2,45 a	0,78 b	0,96 b	2,25 a	2,60 a	1,30 ab	2,01 a	
Brotado	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,31 a	0,00 a	0,24 a	0,40 a	0,00 a	0,19 a	0,32 a	
Chocco	0,39 a	0,32 a	0,00 a	0,53 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	
Fermentado	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	
Mofado	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,36 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	
Impurezas	0,05 b	1,58 a	0,93 ab	1,01 ab	0,15 b	0,25 b	0,46 b	0,09 b	0,20 b	0,30 b	
Inteiro	92,35 a	80,81 bc	88,99 abc	88,28 ab	47,14 d	87,46 ab	87,47 ab	77,42 c	92,27 a	92,25 a	

\*I = “In natura”

\*\*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 1% de probabilidade

foi aplicado e somente 10 dias após houve a infestação, permitindo que a terra diatomácea retirasse umidade dos grãos, dificultando o ataque de insetos. Segundo Brooker et al. (1992), grãos de milho em condições de temperatura de 25 e UR de 60% apresentam equilíbrio higroscópico com umidade de 12,3%.

O aumento de tratamentos classificados como Tipo 2 está relacionado ao aumento de danos causados pelos insetos, principalmente em grãos carunchados.

A classificação Tipo 3 dos tratamentos controle dos grãos com 12 e 16% pode estar relacionada ao equilíbrio higroscópico que os grãos tendem a apresentar com as condições do ambiente onde estão armazenados e por estarem sem tratamento o que pode ter facilitado o ataque.

Na infestação realizada aos 20 dias, novamente, a maior média de grãos carunchados, 34,87%, foi observada no tratamento controle dos grãos com 14% de umidade, o qual diferiu estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 3). Esse resultado está relacionado ao fato desse tratamento apresentar a maior média de emergência, evidenciando, mais uma vez, que umidades mais altas sem aplicação de TD levaram a maior ataque das pragas.

A maior média de grãos fragmentados, 3,43%, foi verificada no tratamento 2000 g t<sup>-1</sup> dos grãos com 14% de umidade. Essa média diferiu estatisticamente de todos os tratamentos dos grãos com 16% de umidade, que apresentaram os menores valores. Isto está relacionado ao aumento de grãos ardidos nestes tratamentos, devido à maior umidade destes grãos, o que facilitou o desenvolvimento de fungos. Em relação ao produto "in natura", não tivemos diferenças significativas nos grãos fragmentados.

O tratamento com 2000 g t<sup>-1</sup> TD em grãos com 12% de umidade apresentaram as maiores médias de impurezas. Estas não deferiram em grãos com este teor de umidade, mas foram diferentes dos demais.

Novamente os grãos "in natura" apresentaram as maiores

médias de grãos inteiros, diferindo estatisticamente dos tratamentos controle dos grãos com 14 e 16% de umidade.

Na classificação destes tratamentos, levando-se em consideração o total de grãos avariados, são classificados como tipo 1 os tratamentos "in natura", 1000 e 2000 g t<sup>-1</sup> TD dos grãos com 16% de umidade. Tipo 2 são os tratamentos 1000 e 2000 g t<sup>-1</sup> TD dos grãos com teor de umidade de 12 e 14%, assim como o tratamento controle dos grãos com 12% de umidade. Já os tratamentos controle dos grãos com 14 e 16% de umidade são classificados como abaixo do nível padrão para comercialização. Nenhum destes tratamentos foi classificado como Tipo 3.

Esta classificação dos grãos em Tipo 1, com 16% de umidade, provavelmente ocorreu pelo fato de que o produto foi aplicado e somente 20 dias após houve a infestação, permitindo que a terra diatomácea retirasse umidade dos grãos, dificultando o ataque de insetos. Segundo Brooker et al. (1992) grãos de milho em condições de temperatura de 25 e UR de 60% apresentam equilíbrio higroscópico com umidade de 12,3%.

O aumento em relação às análises anteriores de tratamentos classificados como Tipo 2 está relacionado aos maiores valores de grãos carunchados, fragmentados e quebrados verificados nos tratamentos infestados 20 dias após a aplicação.

Os tratamentos classificados como abaixo do nível padrão para comercialização mostram que grãos com umidade elevada sem tratamento tendem a ser mais suscetíveis aos danos causados pelos insetos.

Analizando a mortalidade de *S. zeamais*, percebe-se que não ocorreram diferenças estatísticas entre as concentrações, exceto em relação aos controles, mostrando desta forma que a umidade não interferiu na eficiência da TD, durante 60 dias de exposição, em relação às duas doses aplicadas (Tabela 4).

Da mesma forma, Vayias & Stephou (2009) observaram que o aumento no tempo de exposição de 7 para 14 dias incrementou a mortalidade de *S. oryzae* e *T. castaneum*.

**Tabela 3.** Valores médios (%) de defeitos em grãos de milho "in natura", tratados sem e com terra de diatomácea (1000 e 2000 g t<sup>-1</sup>), infestados com insetos adultos de *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* 20 dias após a aplicação, armazenados por 60 dias (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR; fotoperíodo 16L:8E)

**Table 3.** Mean values (%) of defects on grain "in natura", treated with and without diatomaceous earth (1000 and 2000 g t<sup>-1</sup>), infested with adult *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum* insects 20 days after the application, stored for 60 days (25 ± 5 °C, 60 ± 5% RH, photoperiod 16L: 8D)

Dose (g t <sup>-1</sup> )/Danos (%)	I*			12 %			14%			16%		
	—	0	1000	2000 g	0 g	1000 g	2000 g	0 g	1000 g	2000 g	0 g	1000 g
Carunchado	0,26 d**	5,78 c	0,56 d	0,37 d	34,87 a	1,29 cd	1,25 d	24,55 b	0,48 d	0,11 d	—	—
Quebrado	4,36 a	5,09 a	5,05 a	5,68 a	5,18 a	5,05 a	6,21 a	3,34 a	4,14 a	4,00 a	—	—
Fragmentado	1,15 ab	3,24 a	2,45 ab	2,63 ab	3,24 a	2,64 ab	3,43 a	0,11 b	0,05 b	0,42 b	—	—
Ardido	1,44 ab	2,06 ab	2,26 ab	2,65 ab	0,78 b	1,76 ab	0,71 b	1,50 ab	2,68 ab	3,32 a	—	—
Brotado	0,0 a	0,00 a	0,48 a	0,28 a	0,00 a	0,27 a	0,68 a	0,04 a	0,46 a	0,38 a	—	—
Chocho	0,39 a	0,00 a	0,46 a	0,25 a	0,00 a	—	—					
Fermentado	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	—	—
Mofado	0,00 a	0,00 a	0,01 a	0,18 a	0,00 a	—	—					
Impurezas	0,05 b	1,26 a	1,32 a	1,60 a	0,34 b	0,30 b	0,47 b	0,12 b	0,35 b	0,10 b	—	—
Inteiro	92,35 a	82,57 ab	87,41 a	86,36 a	55,59 c	88,69 a	87,35 a	70,34 b	91,84 a	91,67 a	—	—

\*I = "In natura"

\*\*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 1% de probabilidade

Tabela 4. Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* avaliados após 60 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de milho (12, 14 e 16%) e das dosagens de terra de diatomáceas (1000 e 2000 g $t^{-1}$ ). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR e fotofase de 16 horas) (n=10)

Table 4. Mean number ( $\pm$  SE) of adult *Sitophilus zeamais* insects evaluated after 60 days, as a function of the infestation period, corn grains humidity (12, 14 and 16%) and dosages of diatomaceous earth (1000 and 2000 g $t^{-1}$ ). (25  $\pm$  5 °C, 60  $\pm$  5% RH and photophase of 16 hours) (n = 10)

Dose (g $t^{-1}$ )/Infestação	12 %			14%			16%		
	1000	2000 g	0 g	1000 g	2000 g	0 g	1000 g	2000 g	0 g
1 hora	10,0aA*( $\pm$ 0,00)	9,4aaA( $\pm$ 0,40)	2,0abB( $\pm$ 0,32)	9,4aaA( $\pm$ 0,40)	9,0abA( $\pm$ 0,77)	1,8aB ( $\pm$ 0,28)	8,8aA( $\pm$ 0,58)	9,6 aaA( $\pm$ 0,25)	3,2aB ( $\pm$ 1,56)
10 dias	9,4aAB( $\pm$ 0,44)	10,0aaA( $\pm$ 0,00)	2,0aD( $\pm$ 0,44)	8,2aAB( $\pm$ 0,73)	5,6bBCD( $\pm$ 1,47)	1,6aD ( $\pm$ 0,20)	7,0 aABC ( $\pm$ 1,30)	7,8 aAB ( $\pm$ 1,07)	3,2aCD( $\pm$ 0,60)
20 dias	6,8bA( $\pm$ 0,97)	8,8 aA( $\pm$ 0,73)	3,0aB( $\pm$ 1,30)	9,0aaA( $\pm$ 0,32)	9,8aaA( $\pm$ 0,20)	2,4abB ( $\pm$ 0,40)	7,8 aA ( $\pm$ 0,58)	8,8 aaA ( $\pm$ 0,49)	3,0 aB ( $\pm$ 0,40)
CV*	0,21	0,12	0,68	0,13	0,33	0,35	0,25	0,18	0,64

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 1% de probabilidade.

\*\*CV = coeficiente de variação a 99% de probabilidade.

O mesmo foi constatado por Kljajic et al. (2010), os quais registraram um aumento da mortalidade em *S. oryzae* e *T. castaneum* tratados com TD e expostos por 7 e 21 dias.

Resultado semelhante foi registrado por Canepele et al. (2010), os quais obtiveram 100% de mortalidade de *S. zeamais*, 30 insetos, com 750 g  $t^{-1}$  de TD aos 21 dias em milho com 14% de umidade.

Com as infestações ocorrendo com 1 hora e 10 dias após a aplicação dos produtos, percebe-se que as maiores médias de controle estão nos grãos com menor umidade.

Ao analisar as médias obtidas dentro de cada dose TD, nos diferentes períodos de infestação, se percebem diferenças estatísticas no tratamento 1000 g  $t^{-1}$ , com 12% de umidade, infestados após 20 dias com os demais períodos de infestação. Já no tratamento com 2000 g  $t^{-1}$  TD, com 14% de umidade, é o período de 10 dias após a aplicação que difere dos 20 dias.

Os demais tiveram comportamento igual, nos três períodos de infestação, comprovando o longo período de proteção contra insetos que a TD propicia aos grãos (Lorini, 2008).

Ao verificar a presença de *T. castaneum* 60 dias após a infestação, observou-se que a média de indivíduos mortos variou de 2,8 a 5,2 insetos, respectivamente, para 1000 g  $t^{-1}$  (16% de umidade) e 1000 g  $t^{-1}$  (12%) no período de infestação de 1 hora após a aplicação (Tabela 5).

As baixas médias de mortalidade estão relacionadas ao fato dos insetos da espécie *T. castaneum* permanecerem no interior de grãos já avariados, quebrados ou carunchados principalmente, e ali se alimentarem continuamente, evitando assim a locomoção e, consequentemente, o contato com a TD.

De acordo com Vayias et al. (2008), a baixa mortalidade pode levar à resistência comportamental e não à resistência fisiológica, uma vez que se baseia, principalmente, na diminuição do contato com as partículas do produto.

Com a infestação ocorrendo 10 e 20 dias após a aplicação, ambos os tratamentos dos grãos com 12% de umidade apresentaram maior mortalidade, e diferiram estatisticamente dos demais tratamentos, que não diferiram entre si e dos tratamentos controle, evidenciando que a menor umidade do grão aumenta a eficiência da TD.

Esses resultados corroboram os obtidos por Fields & Korunic (2000), os quais obtiveram sempre maior mortalidade de insetos da espécie *T. castaneum* nas menores umidades estudadas em grãos de trigo tratados com Insecto®.

No período de infestação de 20 dias após a aplicação de TD, foram obtidas as menores médias de mortalidade, o que pode estar relacionado ao fato de os carunchos permanecerem no interior dos grãos, e de a umidade contida nos grãos, principalmente em 14 e 16%, diminuir o poder de ação deste produto.

Ao compararmos as médias de mortalidade em cada dose de TD avaliada, na mesma umidade, nos três períodos de infestação estudados, podemos observar que ocorreram diferenças estatísticas do período de 20 dias com o de 10 dias na umidade de 12% com 1000 g  $t^{-1}$  TD. Já com 14% de umidade, em ambos os tratamentos (1000 e 2000 g  $t^{-1}$  TD), ocorreram

Tabela 5. Número médio ( $\pm$  EP) de adultos de *Tribolium castaneum* avaliados após 60 dias, em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de milho (12, 14 e 16%) e das dosagens de terra de diatomácea (1000 e 2000 g t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR e fotofase de 16 horas) (n=10)

Table 5. Mean number ( $\pm$  SE) of adult *Tribolium castaneum* insects evaluated after 60 days, as a function of the infestation period, corn grains humidity (12, 14 and 16%) and dosages of diatomaceous earth (1000 and 2000 g t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C, 60  $\pm$  5% RH and photophase of 16 hours) (n = 10)

Dose (g t <sup>-1</sup> )/infestação	12 %			14%			16%		
	1000	2000 g	0 g	1000 g	2000 g	0 g	1000 g	2000 g	0 g
1 hora	5,2 abA* ( $\pm$ 1,02)	4,2 aAB ( $\pm$ 1,24)	2,4 aAB ( $\pm$ 0,40)	3,6 aAB ( $\pm$ 0,93)	0,4 ab ( $\pm$ 0,25)	2,8 aAB ( $\pm$ 0,85)	2,8 aAB ( $\pm$ 1,11)	1,8 aAB ( $\pm$ 0,73)	
10 dias	7,4 aA ( $\pm$ 0,87)	6,8 aA ( $\pm$ 1,14)	2,0 aB ( $\pm$ 1,26)	0,0 bB ( $\pm$ 0,00)	0,6 bB ( $\pm$ 0,25)	2,2 aB ( $\pm$ 1,36)	0,6 ab ( $\pm$ 0,40)	1,4 aB ( $\pm$ 0,51)	1,4 aB ( $\pm$ 0,60)
20 dias	4,0 bA ( $\pm$ 0,55)	3,8 aA ( $\pm$ 0,66)	1,0 aB ( $\pm$ 0,71)	0,4 bB ( $\pm$ 0,25)	0,2 bB ( $\pm$ 0,20)	0,4 ab ( $\pm$ 0,40)	1,0 ab ( $\pm$ 0,55)	1,5 aB ( $\pm$ 0,58)	0,4 aB ( $\pm$ 0,40)
CV*	0,40	0,49	1,04	1,73	1,29	1,86	1,05	0,96	1,11

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

\*\*C.V. = coeficiente de variação a 99% de probabilidade.

Tabela 6. Número médio ( $\pm$  EP) de adultos emergidos de *Sitophilus zeamais* após 60 dias em grãos de milho com diferentes umidades (12, 14 e 16%), tratados com terra de diatomácea (dosagens de 1000 e 2000 g t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% UR e fotofase de 16 horas) (n=10)

Table 6. Mean number ( $\pm$  SE) of adults emerged from *Sitophilus zeamais* after 60 days in corn grains with different humidity levels (12, 14 and 16%), treated with diatomaceous earth (dosages of 1000 and 2000 g t<sup>-1</sup>). (25  $\pm$  5 °C; 60  $\pm$  5% RH and photophase of 16 hours) (n = 10)

Umidade	Tratamentos	Período de infestação de <i>Sitophilus zeamais</i> após a aplicação do produto			CV**
		1 hora	10 dias	20 dias	
12%	1000 g t <sup>-1</sup>	6,8 cA ( $\pm$ 3,87)*	0,6 cA ( $\pm$ 0,50)	3,4 bA ( $\pm$ 2,27)	1,15
	2000 g t <sup>-2</sup>	5,6 ca ( $\pm$ 3,36)	1,0 ca ( $\pm$ 0,59)	2,0 bA ( $\pm$ 1,58)	1,14
	Controle	34,8 bcA ( $\pm$ 18,00)	25,0 ca ( $\pm$ 15,22)	21,6 ba ( $\pm$ 13,95)	0,43
14%	1000 g t <sup>-1</sup>	14,4 ca ( $\pm$ 7,70)	0,0 cb ( $\pm$ 0,00)	7,2 bb ( $\pm$ 4,44)	1,02
	2000 g t <sup>-2</sup>	8,2 ca ( $\pm$ 5,04)	3,8 ca ( $\pm$ 2,38)	4,6 ba ( $\pm$ 2,64)	0,81
	Controle	74,4 bb ( $\pm$ 37,82)	188,0 aa ( $\pm$ 93,16)	123,8 aAB ( $\pm$ 73,70)	0,54
16%	1000 g t <sup>-1</sup>	5,0 ca ( $\pm$ 3,17)	8,8 ca ( $\pm$ 4,92)	2,8 bA ( $\pm$ 1,97)	0,81
	2000 g t <sup>-2</sup>	6,4 ca ( $\pm$ 4,03)	2,0 ca ( $\pm$ 1,45)	0,8 ba ( $\pm$ 0,71)	1,30
	Controle	158,0 aA ( $\pm$ 83,44)	101,4 ba ( $\pm$ 55,26)	107,0 aa ( $\pm$ 52,66)	0,45

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 1% de probabilidade

\*\*C.V. = coeficiente de variação a 99% de probabilidade

diferenças entre 1 hora de infestação com os demais períodos.

De acordo com os resultados, quanto maior o tempo que o grão permanece com o produto sem a presença dos insetos, pior é a sua eficiência. Isto está relacionado ao modo de ação do produto, que é a retirada de água; sendo assim, a TD diminui seu poder de ação contra os insetos devido à umidade apresentada pelos grãos.

Em relação às médias de insetos emergidos de *S. zeamais*, estas foram superiores nos tratamentos controles em todas as três umidades, sendo que em todos os períodos de infestação, as menores médias encontradas ocorreram nos grãos com umidade igual a 12% (Tabela 6). Já para *T. castaneum*, as médias de emergências variaram de 0,0 a 0,6% nos grãos tratados com TD, mostrando assim uma inibição de postura devido ao uso deste produto.

De acordo com Elias et al. (2009), ocorre inibição de postura em grãos com teores de umidade inferiores a 12%.

## CONCLUSÕES

Grãos de milho sem terra de diatomácea são danificados facilmente pelos insetos e, em dois meses, podem passar da classificação Tipo 1 para a classificação abaixo do nível padrão de comercialização.

Quanto menor a umidade do grão de milho, maior a mortalidade.

*Sitophilus zeamais* se desenvolve facilmente em grãos livres de tratamentos.

Maiores doses de terra de diatomácea devem ser utilizadas para controlar adultos de *Tribolium castaneum* em grãos de milho.

## LITERATURA CITADA

- Antunes, L.E.G.; Viebrantz, P.C.; Gottardi, R.; Dionello, R.G. Avaliação de danos físicos causados pela infestação de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) em grãos de milho armazenado. In: Conferência Brasileira de Pós-Colheita, 5., 2010, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Abrapos, 2010. p.210-214.
- Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Define os conceitos relativos ao grão de milho que seja considerado como mofado, fermentado até ¼, fragmento e prejudicado por diferentes causas, omitidos na Portaria nº 845/76 e de especial importância na determinação da qualidade do produto. Portaria N° 11, de 12 de abril de 1996. Diário Oficial da União, de 15/04/1996 , Seção 1 , Página 6231.
- Brooker, D.B.; Bakker-Arkema, F.W.; Hall, C.W. Drying and storage of grains and oilseeds. New York: van Nostrand Reinhold, 1992. 450p.
- Canepepele, M. A. B.; Andrade, P. J.; Santaella, A. G. Diferentes dosagens de pó inerte e temperaturas em milho armazenado para controle de gorgulho-do-milho. Scientia Agraria, v.11, n.4, p.343-347, 2010.
- Chanbang, Y.; Arthur, F.H.; Wilde, G.E.; Throne, J.E. Efficacy of diatomaceous earth and methoprene, alone and in combination, against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in rough rice. Journal of Stored Products Research, v.43, n.4, p.396-401, 2007b. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2006.12.003>
- Chanbang, Y.; Arthur, F.H.; Wilde, G.E.; Throne, J.E. Efficacy of diatomaceous earth to control *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in rough rice: Impacts of temperature and relative humidity. Crop Protection, v.26, n.7, p.923-929, 2007a. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crop.2006.08.009>
- Ebeling, W. Sorptive dusts for pest control. Annual Review of Entomology, v.16, p.123-158, 1971. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.en.16.010171.001011>
- Elias, M.C.; Lorini, I.; Mallmann, C.A.; Dilkin, P.; Oliveira, M.; Mallmann, A.O. Manejo integrado no controle de pragas de grãos e derivados. In: Oliveira, M.; Elias, M.C. (Orgs.). Aspectos tecnológicos e legais na formação de auditórios técnicos do sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras. Pelotas: Super Cópias Santa Cruz, 2009. p.305-354.
- Fields, P.G.; Korunic, Z. The effect of grain moisture content and temperatures on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-products beetles. Journal of Stored Products Research, v.36, n.1, p.1-13, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(99\)00021-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(99)00021-1)
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Séries estatísticas. <http://www.ibge.gov.br/home/>. 30 Maio. 2011.
- Kawamoto, H.; Sinha, R. N.; Muir, W. E. Computer simulation modelling for stored-grain pest management. Journal of Stored Product Research, v.28, n.2, p.139-145, 1992. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-474X\(92\)90021-H](http://dx.doi.org/10.1016/0022-474X(92)90021-H)
- Kljajic, P.; Andric, G.; Adamovic, M.; Bodroza-Solarov, M.; Markovic, M.; Peric, I. Laboratory assessment of insecticidal effectiveness of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against three stored-product beetle pests. Journal of Stored Products Research, v.46, n.1, p.1-6, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2009.07.001>
- Lorini, I. Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. v.2, 72p.
- Lorini, I.; Miike, L.H.; Scussel, V. M. Armazenagem de grãos. Campinas: Instituto Biogeneziz, 2002. v.1, 1000p.
- Pinto Jr., A.R. Eficiência de terra de diatomáceas no controle de *Sitophilus oryzae* (L.), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens), *Tribolium castaneum* (Herbst) em milho armazenado a granel. Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia (Uruguiana), v.15, n.1, p. 61-70, 2008.
- Vayias, B.J.; Athanassiou, C.G.; Buchelos, C.T. Evaluation of resistance development by *Tribolium confusum* Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) to diatomaceous earth under laboratory selection. Journal of Stored Products Research, v.44, n.2, p.162-168, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2007.09.001>
- Vayias, B.J.; Stephou, V.K. Factors affecting the insecticidal efficacy of an enhanced diatomaceous earth formulation against three stored-product insect species. Journal of Stored Products Research, v.45, n.4, p.226-231, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2009.03.002>