



REVISTA ELETRÔNICA
CIENTÍFICA DA UERGS

Avaliação do uso de terra de diatomácea para controle de *Sitophilus zeamais* em grãos de arroz com casca

Luidi Eric Guimarães Antunes

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).

E-mail: luidi-antunes@uergs.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/2562047030562176>

Rafael Gomes Dionello

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

E-mail: rafionello@hotmail.com, <http://lattes.cnpq.br/4395690856432433>

ISSN 2448-0479 Submetido em: 10 jul. 2020. Aceito: 26 jan. 2021.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21674/2448-0479.71.142-151>

Resumo

O arroz está entre os grãos mais consumidos e produzidos no mundo, sendo responsável por alimentar em torno de 2,5 bilhões de pessoas, porém muito se perde devido ao ataque de insetos no armazenamento. Baseado nisso, se objetivou avaliar o uso da terra de diatomácea em grãos de arroz com casca quando infestados por adultos de *Sitophilus zeamais*. Foram utilizados grãos com teor de umidade inicial de 12 e 14%, sendo cada umidade tratada com doses de 0, 500, 1500 e 2500 g t⁻¹ em dois períodos de infestação: 1 hora e 15 dias após a aplicação. Cada dose foi composta de cinco repetições contendo 100 g de grãos e 20 insetos adultos, para cada teor de umidade e período de infestação. Aos 30 e 60 dias após cada infestação, a mortalidade e emergência de *Sitophilus zeamais* foram analisadas. Perda de peso dos grãos e teor de umidade foram verificados somente aos 60 dias. Grãos livres de tratamento apresentaram menores valores de mortalidade de *Sitophilus zeamais*, diferindo estatisticamente dos demais, independente dos períodos de infestação. Independente do teor de umidade inicial e período de infestação, doses de terra de diatomácea de 1500 e 2500 g t⁻¹ apresentaram mortalidade de *Sitophilus zeamais* entre 98 e 100%. Todos os tratamentos apresentaram teor de umidade final abaixo de 12%. Maiores perdas de peso foram verificadas em grãos com maior teor de umidade inicial. Desta forma, pode-se concluir que a terra de diatomácea apresenta ação satisfatória no controle de *S. zeamais* em grãos de arroz com casca quando estes entram em equilíbrio higroscópico abaixo de 12%.

Palavras-chave: Gorgulho do milho. Pó-inerte. Perda de peso. Mortalidade.

Abstract

Evaluation of the use of diatomaceous earth to control *Sitophilus zeamais* in rice husks

Rice is among the most consumed and obtained grains in the world, being responsible for feeding around 2.5 billion people, but much is lost due to the attack of insects in storage. Based on this, the objective is to evaluate the use of diatomaceous earth in paddy rice grains when infested by adults of *Sitophilus zeamais*. Grains with an initial moisture content of 12 and 14% were used, each moisture being treated with doses of 0, 500, 1500 and 2500 g t⁻¹ in two infestation periods: 1 hour and 15 days after application. Each dose was composed of five replicates containing 100 g of grains and 20 adult adults, for each moisture content and infestation period. At 30 and 60 days after each infestation, the mortality and emergence of *Sitophilus zeamais* were analyzed. Loss of grain weight and moisture content were verified only at 60 days. Grains free from treatment lower mortality values of *Sitophilus zeamais*, differing statistically from the others, regardless of the infestation periods. Regardless of the initial moisture content and infestation period, doses of diatomaceous



earth of 1500 and 2500 g t-1 mortality rate of *Sitophilus zeamais* between 98 and 100%. All sinusities final moisture content below 12%. Greater weight losses were observed in grains with higher initial moisture content. In this way, it can be conquered that the diatomaceous earth has a satisfactory action in the control of *S. zeamais* in rice husks when they enter hygroscopic balance below 12%.

Keywords: Corn weevil. Inert powder. Weight loss. Mortality.

Resumen

Evaluación del uso de tierra de diatomeas para controlar *Sitophilus zeamais* en granos de arroz en cáscara

El arroz se encuentra entre los cereales más consumidos y obtenidos del mundo, siendo el responsable de alimentar cerca de 2.500 millones de personas, pero mucho se pierde con el ataque de los insectos almacenados. En este sentido, se objetivó evaluar el uso de tierra de diatomeas en granos de arroz en cáscara cuando están infestados por adultos de *Sitophilus zeamais*. Fueron utilizados granos con humedad inicial de 12 y 14%, siendo tratada cada humedad con dosis de 0, 500, 1500 y 2500 g t-1 en dos periodos de infestación: 1 hora y 15 días después de la aplicación. Cada dosis fue compuesta por cinco repeticiones que contenían 100 g de granos y 20 adultos, por cada período de humedad e infestación. A los 30 y 60 días después de cada infestación, la mortalidad y la emergencia de *Sitophilus zeamais* fueron analizadas. La pérdida de peso del grano y el contenido de humedad fueron checados solamente a los 60 días. Los granos libres de tratamiento redujeron los valores de mortalidad de *Sitophilus zeamais*, difiriendo estadísticamente de los demás, independientemente de los períodos de infestación. Independientemente del contenido de humedad inicial y el período de infestación, dosis de tierra de diatomeas de 1.500 y 2.500 g t-1 presentaron una tasa de mortalidad de *Sitophilus zeamais* entre 98 y 100%. Todos los tratamientos presentaron tasa de humedad final inferior al 12%. Se observaron mayores pérdidas de masa en los granos con mayor contenido de humedad inicial. De esta forma, se puede concluir que la tierra de diatomeas presenta una acción satisfactoria en el control de *S. zeamais* en cáscaras de arroz cuando entran en equilibrio higroscópico debajo de 12%.

Palabras clave: Gorgojo del maíz. Polvo inerte. Pérdida de peso. Mortalidad.

Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.), consiste em uma espécie vegetal que pertence à família Poaceae e é considerado o produto de maior importância econômica em muitos países em desenvolvimento (JANUARIO *et al.*, 2018). Cultivado e consumido em todos os continentes, o arroz se destaca pela produção e área de cultivo, desempenhando papel estratégico tanto em nível econômico quanto social para os povos das nações mais populosas (VITERI, ZAMBRANO, 2016), alimentando mais de 2,5 bilhões de habitantes no mundo (SRIVASTAVA *et al.*, 2019), os quais consomem aproximadamente 489 milhões de toneladas por ano, sendo o Brasil o maior mercado consumidor da América do Sul, com aproximadamente 11 milhões de toneladas por ano (CONAB, 2018).

Segundo a USDA (2020), a produção mundial de arroz na safra 2019/2020 será de aproximadamente 494 milhões de toneladas. Conforme a CONAB (2020), a produção brasileira na safra 2019/2020 foi de, aproximadamente, 11 milhões de toneladas, das quais 10% é estimado ser perdido na pós-colheita devido ao ataque de insetos (LORINI *et al.*, 2015).

Conforme Gusmão e Leon (2017) a cada ano cresce o desafio de manter a qualidade dos produtos devido ao crescimento populacional, o que acarreta uma demanda crescente para suprir a necessidade mundial de alimentos. Aliado a isso estão os mercados cada vez mais exigentes em produtos de qualidade e as indústrias que buscam agregar qualidade ao mesmo tempo que visam minimizar as suas perdas, principalmente as perdas internas, que ocasionam o aumento dos custos e também a redução dos estoques. Nestas perdas internas estão as aferidas pelas diversas pragas que danificam os grãos armazenados, entre eles o arroz. Segundo Colares, Dionello e Radunz (2016), em geral, os grãos são atacados por pragas durante o armazenamento, especialmente insetos e fungos, que causam perdas irreversíveis, seja quantitativo ou qualitativo.

Entre os insetos que se destacam por danificar grãos armazenados está o gorgulho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) (FONTES, ALMEIDA FILHO, ARTHUR, 2003), que, segundo Lorini *et al.* (2015), é um gorgulho considerado praga primária interna capaz de danificar o grão ainda sadio, sendo que o desenvolvimento das fases imaturas do inseto (ovo, larva e pupa) ocorre no interior do mesmo grão. Quando o grão é atacado pelo gorgulho, são observadas perfurações quase circulares, que determinam o carunchamento do grão, fragmentos de grãos e, conforme o tempo de exposição do grão ao inseto, somente a camada mais externa devido a alimentação de toda a parte interna do grão.

O uso de inseticidas químicos é comum no controle de *S. zeamais*, porém, segundo Lorini *et al.* (2015), existem, entre os métodos de controle de insetos de grãos armazenados, métodos físicos como, por exemplo, temperatura, radiação e pós-inertes, com destaque para a terra de diatomácea (TD) como tratamento protetor dos grãos. Segundo o mesmo autor, a TD é um pó inerte obtido a partir de depósitos sedimentares de dióxido de sílica em águas doces e salgadas e apresenta como vantagens o controle de diversas pragas que atacam grãos armazenados, efeito residual duradouro, segurança para as pessoas que entram em contato com o pó e ausência de desenvolvimento de resistência por parte dos insetos.

A TD elimina os insetos por desidratação, podendo ser usada no controle de insetos ao longo do tempo e, segundo os fabricantes, deve ser aplicada em grãos com umidade em torno de 13% e em doses de 1000 a 2000 g t⁻¹ (LORINI *et al.*, 2015). Não há registros de problemas relacionados à saúde humana e animal independente do grão utilizado.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da aplicação de diferentes doses de TD no controle de *S. zeamais* em grãos de arroz com casca com teores de umidade distintos nos períodos de 30 e 60 dias após a infestação.

Material e Métodos

Foram utilizados grãos de arroz com casca, cultivar IRGA 424, obtidos na Estação Experimental do Arroz em Cachoeirinha – RS e levados até o Laboratório de Pós-colheita na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O experimento foi organizado em delineamento inteiramente casualizado, seguindo esquema fatorial 2 x 4 x 2, referente ao teor de água, doses de TD e infestação por *S. zeamais*. Os grãos de arroz apresentavam umidades de 12 e 14% em base úmida (b.u.) e cada uma foi tratada com 500, 1500 e 2500 g de TD comercial (87,7% de dióxido de sílica) por tonelada de grãos. As infestações ocorreram em dois tempos distintos: 1 hora e 15 dias após a aplicação do produto nos grãos. O controle constou de grãos livres de TD infestados por *S. zeamais*.

As doses foram aplicadas, individualmente, em 2000 gramas de arroz com casca seguindo a proporção da aplicação que ocorreria por tonelada. Essa quantidade foi usada devido a quantidade de grãos disponibilizados para o experimento. A aplicação ocorreu em bandejas retangulares, com homogeneização durante três minutos e o armazenamento em recipientes plásticos de 2 L. Realizou-se esse procedimento manualmente com uso de luvas cirúrgicas, sendo um par para cada dose de TD, com o objetivo de evitar a presença de grãos sem o produto.

Os insetos utilizados para o experimento foram criados em ambiente climatizado, com temperatura de 25 ± 2 °C e umidade relativa de 65 ± 10%. A obtenção de insetos, com faixa etária conhecida, foi realizada em recipientes plásticos de 5 L contendo grãos de milho e 50 insetos adultos sem padronização do sexo, permanecendo nesta condição por 15 dias. Depois que os insetos eram removidos da massa de grãos, estes retornavam para o recipiente até o surgimento da progênie. Muitos adultos permaneciam no interior do grão após a sua emergência, o que dificultou precisar a idade correta dos insetos, porém o ciclo (ovo-adulto) nas condições impostas variou de 25 a 30 dias.

Os tratamentos, as doses utilizadas e a testemunha foram compostas por 10 repetições, sendo cinco para cada período de infestação, onde se depositou 100 g de grãos em recipientes plásticos de 300 mL fechados com tecido tipo voile, juntamente com 20 adultos de *S. zeamais*, com idades variando de 20 a 50 dias, sem padronização do sexo. Estes insetos foram identificados, com tinta têmpera branca, para evitar problemas nas verificações devido à emergência de sua prole, ou mesmo da prole já existente nos grãos, já que estes não foram expurgados.

O armazenamento de cada parcela experimental ocorreu por 30 e 60 dias após a infestação, mesmas condições da criação, pois as análises de mortalidade foram realizadas aos 30 e 60 dias de contato dos insetos

com os grãos. Devido à tanatose apresentada pelos insetos, foi considerado morto o inseto que não se moveu durante três minutos de observação, pois verificou-se na criação duração de dois minutos da mesma.

Verificou-se a emergência e a sobrevivência dos adultos em cada recipiente, através da sua contagem. Considerou-se como emergência qualquer adulto sem marcação. Aos 60 dias após cada período de infestação também foram analisados a umidade e perda de peso.

Analisou-se estatisticamente as médias de mortalidade, emergência e sobrevivência obtidas entre e dentro de cada dose, entre e dentro de cada período de infestação, por teor de umidade inicial; o teor de umidade inicial e final entre cada dose para cada período de infestação; e a perda de peso entre e dentro de cada dose, entre e dentro de cada teor de umidade inicial, por período de infestação. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade com uso do programa estatístico BioEstat 5.0 (AYRES *et al.*, 2007).

Resultados e Discussão

Quando analisadas as médias de mortalidade obtidas aos 30 dias após cada infestação, não se verificaram diferenças estatísticas entre as doses utilizadas, independente do período de infestação e do teor de umidade inicial dos grãos, com exceção para 500 g t⁻¹ a 14% de umidade, sendo os tratamentos controle os que apresentaram as menores taxas de mortalidade (Tabela I).

Tabela I - Número médio (\pm EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* mortos avaliados aos 30 dias em função do tempo de infestação (1 hora e 15 dias), da umidade dos grãos de arroz com casca (12 e 14%) e das doses de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t⁻¹). (25 \pm 5 °C; 60 \pm 5% UR) (n=20).*

Umidade do grão (%)	Tempo de infestação	Doses de terra de diatomácea (g t ⁻¹)				CV** (%)
		0	500	1500	2500	
12	1 hora	6,4 \pm 1,43Ab	17,4 \pm 0,75Aa	20,0 \pm 0,00Aa	20,0 \pm 0,00Aa	0,366
	15 dias	6,2 \pm 1,60Ab	19,8 \pm 0,20Aa	19,8 \pm 0,20Aa	20,0 \pm 0,00Aa	0,372
14	1 hora	8,2 \pm 1,43Ac	15,8 \pm 1,24Ab	19,8 \pm 0,20Aa	19,6 \pm 0,24Aa	0,320
	15 dias	9,4 \pm 1,50Ab	17,6 \pm 0,24Aa	19,6 \pm 0,40Aa	20,0 \pm 0,00Aa	0,274

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

** CV (%): coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2020).

Nos grãos com teor de umidade inicial de 12% a menor mortalidade ocorreu na dose de 500 g t⁻¹, representando 87%, valor que se assemelha com o relatado por Antunes *et al.* (2012), que verificaram menor mortalidade, 88%, de *S. zeamais* em grãos de milho tratados com a mesma dose de TD, teor de umidade inicial com menos de 1% de variação e mesmas condições de armazenamento. Desta forma, é possível verificar que o tipo de grão, arroz ou milho, não influencia na eficácia da TD, quando os teores de umidade e dose são similares.

A menor porcentagem de mortalidade, 79%, que ocorreu na dose de 500 g t⁻¹ nos grãos com teor de umidade inicial de 14% e infestação de 1 hora, não se assemelhou ao relatado por Wille *et al.* (2014), que verificaram mortalidade de 4% de adultos de *S. zeamais* após 10 dias de contato com grãos de arroz sem casca tratados com 1000 g t⁻¹ de TD com teor de umidade de 13%. Os autores creditam a baixa mortalidade à hipótese de baixa aderência da TD aos grãos de arroz sem casca. Como neste experimento foram utilizados grãos com casca, pode-se considerar a hipótese de essa diferença ser devido à presença da casca, a qual facilita a aderência da TD devido a sua rugosidade.

Analisando as médias de mortalidade aos 60 dias após cada período de infestação, percebe-se que houve aumento na mortalidade de *S. zeamais* na dose 500 g t⁻¹ em ambos os períodos de infestação após a aplicação (Tabela 2).

Tabela 2 - Número médio (\pm EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* mortos avaliados aos 60 dias em função do tempo de infestação (1 hora e 15 dias), da umidade dos grãos de arroz com casca (12 e 14%) e das doses de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t⁻¹). (25 \pm 5 °C; 60 \pm 5% UR) (n=20).*

Umidade do grão (%)	Tempo de infestação	Doses de terra de diatomácea (g t ⁻¹)				CV** (%)
		0	500	1500	2500	
12	1 hora	12,4 \pm 1,03Bb	19,6 \pm 0,40Aa	20,0 \pm 0,00Aa	20,0 \pm 0,00Aa	0,190
	15 dias	15,2 \pm 2,24Ab	20,0 \pm 0,00Aa	19,8 \pm 0,20Aa	20,0 \pm 0,00Aa	0,162
14	1 hora	18,2 \pm 1,32Aa	18,8 \pm 0,37Aa	20,0 \pm 0,00Aa	20,0 \pm 0,00Aa	0,082
	15 dias	17,2 \pm 1,32Aa	19,8 \pm 0,20Aa	20,0 \pm 0,00Aa	20,0 \pm 0,00Aa	0,093

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

** CV (%): coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2020).

O aumento de mortalidade observado corrobora com o relatado por Ribeiro e Vendramim (2019) que, trabalhando com doses de 213 e 248 ppm de TD, verificaram aumento da mortalidade ao longo do tempo, passando de 18% aos dois dias para 80% aos 10 dias de contato com o TD, tratamento 213 ppm, encerrando a exposição de 50 adultos de *S. zeamais* em 50 g de milho. Em outro trabalho semelhante, Kljajic *et al.* (2009) registraram aumento da mortalidade em *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Rhyzoperta dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) em grãos de trigo tratados com doses de TD de 150, 300 e 200 g t⁻¹, respectivamente, e expostos por 7 e 21 dias. Os resultados deste trabalho e dos citados acima demonstram que o tempo de exposição do gorgulho à TD auxilia na eficácia, independentemente do tipo de grãos, arroz ou trigo, tratado com a mesma.

Analisando todas as variáveis, entre o período de 30 e 60 dias de armazenamento após infestações, o menor percentual de mortalidade passou de 79 para 94% e esse aumento de mortalidade também foi verificado por Ribeiro e Vendramim (2019), os quais obtiveram progressão até a taxa de 100% de mortalidade aos seis dias de exposição de 50 gorgulhos a 50 g de milho tratado com 248 ppm de TD. Este tempo menor para a maior eficácia do produto pode estar relacionado à quantidade de grãos disponíveis para os insetos, pois foi observado na criação para este experimento que, quanto maior a relação inseto/grãos, maior é a atividade dos insetos.

Nas condições em que foram armazenados os grãos de arroz com casca, somente aos 60 dias ocorreram emergências. Os maiores valores de insetos emergidos, tanto vivos como mortos, para o lote com 12% de teor de umidade inicial, foram verificados na dose 2500 g t⁻¹ em ambos os períodos de infestação, diferindo estatisticamente dos demais. Já para o lote com 14% de teor de umidade inicial a maior média ocorreu com 1 hora após a aplicação da TD na dose de 1500 g t⁻¹ e aos 15 dias no tratamento controle, com diferença estatística dos demais (Tabela 3).

Tabela 3 - Número médio (\pm EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* emergidos, vivos mais mortos, aos 60 dias em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de arroz com casca (12 e 14%) e das doses de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t⁻¹). (25 \pm 5 °C; 60 \pm 5% UR) (n=20).*

Umidade do grão (%)	Tempo de infestação	Doses de terra de diatomácea (g t ⁻¹)				CV** (%)
		0	500	1500	2500	
12	1 hora	8,2 \pm 2,35Bb	9,8 \pm 2,80Bb	5,2 \pm 0,37Ac	33,2 \pm 9,26Ba	1,060
	15 dias	23,2 \pm 6,9Ab	13,4 \pm 3,79Ac	5,4 \pm 0,75Ac	64,2 \pm 4,42Aa	0,918
14	1 hora	5,2 \pm 1,93Bb	0,4 \pm 0,40Bc	10,6 \pm 1,44Aa	9,6 \pm 7,17Aa	1,331
	15 dias	11,4 \pm 1,94Aa	4,4 \pm 0,81Ab	3,8 \pm 1,77Bbc	1,0 \pm 0,32Ac	0,918

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

** CV (%): coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2020).

Os elevados valores de emergência nos grãos contendo TD não corroboram com o relatado por Antunes *et al.* (2012), os quais, trabalhando com grãos de milho, verificaram maiores médias de emergência nos tratamen-



tos controle, o que foi justificado pelo uso de TD nos demais tratamentos. Como os grãos de arroz utilizados neste experimento não receberam tratamento prévio, é possível que os mesmos já estivessem infestados.

Tanto no experimento como na criação, verificou-se a presença de adultos no interior de grãos carunchados, fato que, segundo Antunes *et al.* (2012), facilita a fuga do contato com a terra de diatomácea, podendo estar surgindo uma resistência comportamental desta praga a este produto, pois foram observados alguns gorgulhos, nos grãos contendo TD, passando constantemente suas pernas no corpo, talvez na tentativa de retirar o produto, comportamento que não foi verificado no controle.

Analisando os valores de sobrevivência dos insetos, emergidos mais infestantes, os tratamentos controles apresentaram os maiores valores e diferiram estatisticamente dos demais, independente do teor de umidade inicial e período de infestação (Tabela 4).

Tabela 4 - Número médio (\pm EP) de adultos de *Sitophilus zeamais* vivos, emergidos mais infestantes, aos 60 dias em função do tempo de infestação, da umidade dos grãos de arroz com casca (12 e 14%) e das doses de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t⁻¹). (25 \pm 5 °C; 60 \pm 5% UR) (n=20).*

Umidade do grão (%)	Tempo de infestação	Doses de terra de diatomácea (g t ⁻¹)				CV** (%)
		0	500	1500	2500	
12	1 hora	13,8 \pm 1,39Ba	6,2 \pm 0,97Ab	1,0 \pm 0,54Ac	3,8 \pm 1,02Abc	0,834
	15 dias	37,0 \pm 5,72Aa	7,8 \pm 1,20Ab	0,2 \pm 0,20Ac	3,0 \pm 0,63Ac	1,262
14	1 hora	8,2 \pm 0,66Ba	0,8 \pm 0,58Bc	5,2 \pm 1,24Ab	1,6 \pm 0,51Ac	0,853
	15 dias	12,2 \pm 1,96Aa	3,4 \pm 0,98Ab	1,0 \pm 0,63Bc	0,6 \pm 0,40Ac	1,219

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

** CV (%): coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2020).

A mortalidade dos insetos que emergiram variou de 22,72 a 96,30% na dose de 500 g t⁻¹ com teor de umidade inicial de 14% e infestação de 15 dias e na dose 1500 g t⁻¹ com teor de umidade inicial de 12% e infestação de 15 dias, mostrando, assim, que mesmo a TD não eliminando as fases imaturas (ovo, larva e pupa), os adultos que entrarem em contato com ela irão morrer, mesmo após o contato longínquo entre a TD e os grãos. Emergência ocorrendo aos 60 dias de contato também foi observada por Ribeiro e Vendramim (2019), assim como a mortalidade dos emergidos.

O fato de não ter ocorrido 100% de mortalidade dos insetos emergidos pode estar relacionado com a existência de tempo mínimo de contato da TD com os gorgulhos para ocasionar a sua morte. Não foram encontrados relatos na literatura sobre o mínimo de horas de contato para a TD causar a mortalidade do gorgulho, a qual ocorre devido a desidratação e é influenciada pela composição corporal do inseto. A ocorrência tanto de aumento da mortalidade dos insetos infestantes como dos emergidos demonstra a ação prolongada da TD, a qual esteve em contato com grãos durante 75 dias (60 dias de armazenamento após a infestação realizada aos 15 dias depois da aplicação da TD).

Ao término dos 60 dias de armazenamento, todos os tratamentos apresentaram redução no teor de umidade e diferiram estatisticamente do lote inicial (Tabela 5). A redução verificada corrobora com o relatado por Amaral *et al.* (2019), que verificaram redução no teor de umidade de grãos de arroz ao longo de 150 dias de armazenamento, tanto não hermético como hermético, com maior redução no não hermético. O mesmo foi relato por Viebrantz, Radunz e Dionello (2016) e por Bezerra *et al.* (2015).

Tabela 5 - Teor de umidade (%) inicial e final de grãos de arroz com casca submetidos à infestação de adultos de *Sitophilus zeamais* avaliada aos 60 dias em função do tempo de infestação e das doses de terra de diatomácea. (25 ± 5 °C; 60 ± 5 % UR).

Tempo de infestação	Teor inicial de umidade dos grãos (%)	Teor de umidade final dos grãos de arroz com casca (%)				
		Doses de terra de diatomácea (g t ⁻¹)				
		0	500	1500	2500	CV (%)
1 hora	12,50a	11,59b	11,13b	11,15b	11,37b	0,021
	14,19a	11,72b	10,15c	11,63b	11,57b	0,121
15 dias	12,50a	11,38b	11,34b	11,51b	11,46b	0,009
	14,19a	11,61b	11,98b	11,94b	11,31b	0,033

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

** CV (%): coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2020).

Observa-se tendência da maioria dos grãos entrarem em equilíbrio higroscópico com o teor de umidade, variando entre 11-12%, e isto está relacionado ao fato do teor de água de equilíbrio ser alcançado quando a pressão parcial de vapor de água no produto se iguala à pressão parcial de vapor do ar que o envolve (CORRÊA *et al.*, 2014).

Quando as condições de temperatura e umidade relativa do ar ambiente variarem, também será variável o teor de umidade de equilíbrio do grão. É importante salientar que quanto menor a umidade relativa do ar, maior o seu poder de secagem, o que é explicado pela capacidade de adsorção/umedecimento e dessorção/secagem dos grãos, visto que a capacidade de dessorção, ou seja, secagem, é até sete vezes maior do que a capacidade de adsorção, ou seja, é mais fácil retirar água dos grãos do que reidratá-los (ANTUNES *et al.*, 2012). Este fato pode ser visto em todos os tratamentos, pois ocorreu redução da umidade, tendendo ao equilíbrio higroscópico, em função das condições do ambiente em que estão armazenados, ou seja, temperatura e umidade relativa, e não por causa da presença da TD e seu modo de ação nos insetos. Como neste experimento foram utilizados grãos de arroz com casca e ocorreu mortalidade ao longo do tempo, pode-se citar considerar que o teor de umidade inicial e o tipo de grão não influenciaram na ação do produto.

Analisando as médias de perda de peso para todos os lotes com a infestação ocorrendo 1 hora após a aplicação, observa-se que as menores médias, 97,94 e 95,18 g, de peso final, ou seja, as maiores perdas foram verificadas para o tratamento controle de cada teor de água estudado, 12 e 14%, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6 - Perda de peso (g) de grãos de arroz com casca infestados com adultos de *Sitophilus zeamais* avaliada após 60 dias, em função de infestação realizada 1 hora após a aplicação das doses de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t⁻¹). (25 ± 5 °C; 60 ± 5 % UR).

Dose (g t ⁻¹)	12%		14%	
	Inicial (g)	Final (g)	Inicial (g)	Final (g)
0	100,04a	97,94Bb	100,05a	95,18Bc
500	100,04a	98,12Bb	100,03a	95,57ABc
1500	100,03a	99,38Aa	100,05a	95,69ABb
2500	100,02a	98,45ABb	100,06a	96,34Ac
CV** (%)	0,002	0,009	0,002	0,007

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

** CV (%): coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2020).

A baixa redução de peso verificada neste experimento está relacionada com o arroz utilizado, IRGA 424, pois, de acordo com Colares, Dionello e Radunz (2016), essa cultivar apresenta baixa suscetibilidade ao ataque de *S. zeamais*, com potencial de perda de 3,6% ao longo de 180 dias de armazenamento com temperatura de 25 ± 2 °C e umidade relativa de 60 ± 5%.

Comparando cada dose entre os teores iniciais de umidade, as maiores perdas de peso ocorreram nos grãos com maior conteúdo de água (14%) e com diferenças estatísticas, o que pode estar relacionada à maior

perda de água nesses grãos, já que os teores finais foram semelhantes.

Com a infestação sendo realizada aos 15 dias após a aplicação da TD, novamente os grãos com teor de umidade inicial de 14% apresentaram os menores valores e diferiram estatisticamente dos grãos com 12% dentro do mesmo tratamento (Tabela 7).

Tabela 7 - Perda de peso (g) de grãos de arroz com casca infestados com adultos de *Sitophilus zeamais* avaliada após 60 dias, em função de infestação realizada 15 dias após a aplicação das doses de terra de diatomácea (0, 500, 1500 e 2500 g t⁻¹). (25 ± 5 °C; 60 ± 5% UR).

Dose (g t ⁻¹)	12%		14%	
	Inicial (g)	Final (g)	Inicial (g)	Final (g)
0	100,05a	98,21Ab	100,05a	94,71Bc
500	100,03a	98,60Ab	100,04a	95,20ABc
1500	100,18a	98,65Ab	100,04a	95,77ABc
2500	100,02a	98,71Ab	100,04a	96,24Ac
CV** (%)	0,003	0,005	0,001	0,010

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

** CV (%): coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2020).

A maior perda de peso, 5,33%, foi verificada no tratamento controle dos grãos com 14% de umidade inicial. Mais uma vez, podemos associar o resultado à maior quantidade de água inicialmente presente nos grãos, pois, ao final do experimento, os teores de umidade foram semelhantes. Esses resultados não corroboram com Amin *et al.* (2017), que verificaram diminuição de peso de 25,60% em grãos de arroz sem tratamento e 12,90% com uso de TD após 75 dias de armazenamento com 20 adultos de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) em condições de 30 °C e 60±5% de UR. Os autores não indicaram o teor de umidade dos grãos. Desta forma, é possível supor que a casca do arroz pode ter se comportado como uma barreira à alimentação dos insetos, no presente estudo, ocorrendo, assim, menor redução do peso.

Neste trabalho não foi verificada diferença estatística entre os controles e as doses de TD, dentro do mesmo teor de umidade, como foi verificado também por Antunes *et al.* (2014), os quais relatam que quanto maior o conteúdo de água nos grãos de milho, maiores são as perdas de peso nos tratamentos testemunhas, havendo diferenças estatísticas com as doses de TD. Desta forma, pode-se relacionar, novamente, a quantidade de água perdida como o fator de diferença na perda de peso.

Considerações Finais

1. A terra de diatomácea é eficiente no controle de adultos da espécie *S. zeamais* em grãos de arroz com casca, mesmo sendo aplicada em grãos com até 14% de umidade. Porém, os grãos devem entrar em equilíbrio higroscópico com umidade inferior a 12%;
2. As três doses, 500, 1500 e 2500 g t⁻¹, da terra de diatomácea, independente do período de infestação, são satisfatórias para o controle do gorgulho do milho, podendo, então, ser utilizada a menor estudada;
3. A terra de diatomácea não impede a saída de adultos do interior dos grãos, porém apresenta alta eficiência no seu controle;
4. Maiores perdas de peso dos grãos de arroz com casca ocorreram quando o teor de umidade inicial foi de 14%, pois entram em equilíbrio higroscópico em torno de 12% de umidade.

Referências

AMARAL, J. R. S.; PEIXOTO, T.; PIRES, E. K. D.; LACERDA, R. B.; CIRINO, K. F. S.; MILAN, M. D.; FERREIRA, R. B. Efeito do ambiente e da embalagem no teor de água de grãos de arroz armazenados. **Revista Biodiversidade**, n.18, v.3, p.80-88, 2019.

Disponível em: <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/9406/6484>. Acesso em: 07 jul. 2020.

AMIN, M. Y.; AAMIR, M. M. I.; MOHAMED, R. A.; ABD-ALLA, S. M. Efficacy of some inert dusts against the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.) on wheat and rice grains. **Zagazig Journal of Agriculture Research**, v.44, n.1, p.247-259, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.21608/zjar.2017.53954>. Disponível em: https://journals.ekb.eg/article_53954_1865026274d9d49be140be02e19be742.pdf. Acesso em: 09 jul. 2020.

ANTUNES, L. E. G.; LEMCHEN, J. S.; PETRY, P. A. R.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Eficiência da terra de diatomácea no controle do gorgulho do milho ao longo do tempo. **Revista brasileira de milho e sorgo**, v. 11, n. 3, p. 217-224, 2012. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v11n3p217-224>. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/403>. Acesso em: 04 jul. 2020.

ANTUNES, L. E. G.; PETRY, P. A. R.; RIZZOTTO JUNIOR, P. R. J.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Eficiência do uso de terra de diatomácea na proteção de grãos de milho. **Engenharia na Agricultura**, v. 22, n. 6, p. 509-519, 2014. DOI: <https://dx.doi.org/10.13083/1414-3984.v22n06a02>. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/527>. Acesso em: 02 jul. 2020.

AYRES, M.; AYRES, M. J.R.; AYRES, D.L.; dos SANTOS, A.S. **BioEstat 5.0 Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém: Sociedade civil Mamirauá/ CNPq, 324p, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/527>. Acesso em: 19 jan 2015.

BEZERRA, P. H. S.; BIAGGIONI, M. A. M.; SILVA, M. A. P.; SPEROTTO, F. C. S.; BRANDÃO, F. J. B. Efeito do armazenamento na qualidade dos grãos e do óleo de crambe para produção de biodiesel. **Energia na Agricultura**, v.30, p.310-318, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.17224/energagric.2015v30n3p310-318>. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/1722>. Acesso em 05 jul. 2020.

COLARES, T.; DIONELLO, R. G.; RADUNZ, L. L. Susceptibility of different genotypes of rice to *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 attack (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 275-279, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n3p275-279>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662016000300275&script=sci_arttext&tlng=en. Acesso em 07 jul. 2020.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Análise mensal, novembro de 2018. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-arroz/item/download/23631_3cd77b324b44ae30ed23ea901e811d9f#:~:text=Para%20a%20safra%202017%2F18,de%20todas%20as%20camadas%20sociais. Acesso em: 19 dez. 2019.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Safra 2019/20, v. 7, n. 9, 2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/32083_394e261c476ea1d66359bed03d095ecb. Acesso em: 06 jul. 2020.

CORRÊA, P.C.; BOTELHO, F.M.; BOTELHO, S.C.C.; GONELI, A.L.D. Isotermas de sorção de água de frutos de *Coffea canephora*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.1047-1052. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p1047-1052>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n10/v18n10a09.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2020.

FONTES, L. S.; ALMEIDA FILHO, A. J.; ARTHUR, V. Danos causados por *Sitophilus oryzae* (Linné, 1763) e *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, v.70, p.303-307, 2003. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/V70_3/fontes.PDF. Acesso em: 01 jul. 2020.



GUSMÃO, N. A. C.; LEON, M. E. S. Implementação de um sistema de manejo e controle integrado de pragas em uma indústria de arroz. **Revista da 14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, vol. 14, n.14, p.1894-1902, 2017. Disponível em: <http://revista.urcamp.tche.br/index.php/rcjppg/article/view/666>. Acesso em: 08 jul. 2020.

JANUARIO, I. R.; DE MENEZES, R. H. N.; BONFIM, O. E. T. Análise de risco climático para semeadura do arroz no Sul do Estado do Maranhão (Climate risk analysis for rice sowing in the South of the State of Maranhão). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.11, n.4, p.1241-1250, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234305/30536>. Acesso em 08 jul. 2020.

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**, Amsterdam, v. 46, n. 1, p. 1-6, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2009.07.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022474X0900054X>. Acesso em: 01 jul. 2020.

LORINI, I., KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A.; HENNING, F. A. **Manejo Integrado de Pragas de Grãos e sementes Armazenadas**. Brasília, DF: Embrapa, v.1, 84p, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129311/1/Livro-pragas.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2020.

RIBEIRO, L. P.; VENDRAMIM, J. D. Associação de extratos vegetais e terra de diatomácea no Controle do gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* mots. (coleoptera: curculionidae). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.9, n.1, p.9-16, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/7966>. Acesso em 07 jul. 2020.

SRIVASTAVA, S.; MISHRA, G.; MISHRA, H. N. Fuzzy controller based E-nose classification of *Sitophilus oryzae* infestation in stored rice grain. **Food Chemistry**, v. 18, p. 604-610, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.076>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030881461930144X>. Acesso em: 06 jul. 2020.

USDA. United States Department of Agriculture. **Foreign Agricultural Service**, 2020. https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde//Secretary_Briefing/Archive/2020/June%202020%20WASDE%20Lockup%20Briefing.pdf Acesso em: 01 jul. 2020.

VITERI, G. I. V.; ZAMBRANO, C. E. Comercialización de arroz en Ecuador: Análisis de la evolución de precios en el eslabón productor-consumidor. **Revista Ciencia y Tecnología**, v.9, n.2, p.11-17, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18779/cytuteq.v9i2.21.g11>. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18779/cytuteq.v9i2.21.g11>. Acesso em: 07 jul. 2020.

VIEBRANTZ, P. C.; RADUNZ, L. L.; DIONELLO, R. G. Mortality of insects and quality of maize grains in hermetic and non-hermetic storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.5, p.487-492, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n5p487-492>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662016000500487. Acesso em 01 jul. 2020.

WILLE, P. E.; PEREIRA, B. A.; FRANCO, C. R.; BOFF, M. I. C.; HOFFER, H. Eficiência da Terra de Diatomácea proveniente do resíduo da indústria cervejeira como método alternativo para o controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em diferentes grãos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 1-5, 2014. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/14532>. Acesso em 07 jul. 2020.