

FERNANDA NOEMBERG LAZZARI

**Controle de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833)
(Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) e qualidade do
feijão (*Phaseolus vulgaris* Linnaeus, 1753) tratado com
terra de diatomácea**

CURITIBA
2005

FERNANDA NOEMBERG LAZZARI

**Controle de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833)
(Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) e qualidade do feijão
(*Phaseolus vulgaris* Linnaeus, 1753) tratado com terra de
diatomácea**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre ao curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Área de Concentração em Entomologia, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientação: Prof^a. Dr^a. Cibele Stramare Ribeiro-Costa

CURITIBA
2005

OFEREÇO

A Deus, pelo dom do amor e da vida.

DEDICO

Ao meu pai Flavio, à minha mãe Sonia, às minhas irmãs, Elisa e Flavia, às minhas avós Zeni e Ephigênia e ao meu namorado André, pelo amor e apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

À amiga Dra. Cibele Stramare Ribeiro-Costa pela valiosa orientação, apoio e dedicação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia do Departamento de Entomologia de Universidade Federal do Paraná, pela dedicação e ensinamentos.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Arroz e Feijão de Goiás pelo envio de bruquíneos.

Ao amigo Dr. Edilberto Possamai, professor do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná, pelo apoio e disponibilização do laboratório e câmara de germinação para o teste de germinação e vigor.

À Dra. Sila Maria Ferreira e ao técnico Diomar Augusto de Quadros do Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Paraná, pelo auxílio e disponibilização do laboratório e das cabines para as análises sensoriais.

À Dra. Thelma Ludwig, professora do departamento de Botânica do Laboratório de Ficologia pelas câmaras de Neubauer e identificação das algas diatomáceas.

À Elisa Noemberg Lazzari, estudante de Pós-Graduação do Departamento de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos do curso de Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina (UEL), pela valiosa ajuda com a elaboração e análise estatística das análises sensoriais.

À Dra. Sonia Maria Noemberg Lazzari, professora do Departamento de Entomologia da Universidade Federal do Paraná, pelas excelentes sugestões e revisão da dissertação.

Ao Professor Edílson de Oliveira, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Florestas) pela valiosa ajuda com as análises estatísticas.

Ao M.Sc. Jonny Edward Duque Luna, pela ajuda com programas e análises estatísticas.

À Mafalda e Regina do Centro de Microscopia Eletrônica (CME) da Universidade Federal do Paraná, pela ajuda com as micrografias.

Aos amigos e colegas do Programa de Pós-Graduação em Entomologia do Departamento de Entomologia da Universidade Federal do Paraná, pela amizade, carinho e apoio nestes dois anos.

ÍNDICE

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL	01
BIBLIOGRAFIA	08
CAPÍTULO I - A utilização de terra de diatomácea no controle de <i>Zabrotes subfasciatus</i> (Boheman, 1833) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) em <i>Phaseolus vulgaris</i> Linnaeus, 1753 (Fabaceae) armazenado em diferentes temperaturas em laboratório	13
• INTRODUÇÃO	14
• MATERIAL E MÉTODOS	17
1. Microscopia eletrônica de varredura de <i>Z. subfasciatus</i>	19
2. Mortalidade, fecundidade e período de oviposição.....	20
3. Teste de repelência.....	21
4. Teste de umidade.....	22
5. Teste de alteração de peso, número de ovos, adultos e orifícios de emergência em feijão infestado por <i>Z. subfasciatus</i>	23
• RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
1. Microscopia eletrônica de varredura de <i>Z. subfasciatus</i>	24
2. Mortalidade, fecundidade e período de oviposição.....	27
3. Teste de repelência.....	36
4. Teste de umidade.....	40
5. Teste de alteração de peso, número de ovos, adultos e orifícios de emergência em feijão infestado por <i>Z. subfasciatus</i>	41
• CONCLUSÕES	43
• BIBLIOGRAFIA	44

CAPÍTULO II – Efeito do tratamento de <i>Phaseolus vulgaris</i> Linnaeus, 1753 (Fabaceae) com terra de diatomácea para o controle de <i>Zabrotes subfasciatus</i> (Boheman, 1833) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) sobre a qualidade sensorial, intenção de consumo, germinação e vigor do feijão.....	50
• INTRODUÇÃO.....	51
• MATERIAL E MÉTODOS.....	54
1. Teste de diferença de controle.....	54
2. Teste de aceitação.....	56
3. Contagem de partículas de carapaças de algas diatomáceas.....	57
4. Avaliação da germinação e vigor.....	59
• RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
1. Teste de diferença de controle.....	61
2. Teste de aceitação.....	61
3. Contagem de partículas de carapaças de algas diatomáceas.....	62
4. Avaliação da germinação e vigor.....	63
• CONCLUSÕES.....	65
• BIBLIOGRAFIA.....	66
ANEXOS.....	68

RESUMO

O feijão, *Phaseolus vulgaris* Linnaeus, 1753 (Fabaceae), é a leguminosa de maior importância como fonte de proteína vegetal no Brasil. Os danos causados pelos insetos ao grão de feijão reduzem a qualidade, afetando a aparência, palatabilidade e aceitabilidade pelo consumidor. Em sementes, a germinação e o vigor podem ser drasticamente reduzidos. O caruncho-do-feijão, *Zabrotes subfasciatus* (Boheman 1833) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) é a principal praga do feijão armazenado. A terra de diatomácea (TD) é um produto não tóxico e muito eficiente no controle de insetos praga em armazenamento. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da TD no controle de *Z. subfasciatus*, em feijão e seu impacto na qualidade sensorial. Para verificar a mortalidade, casais de *Z. subfasciatus* foram colocados em feijão carioca tratado com 0,00; 0,50; 0,75 e 1,00 g de TD/kg, mantido a 15, 20, 27 e 30°C a 70±10% de UR e escotofase total. Todas as dosagens de TD foram eficientes no controle de *Z. subfasciatus*, resultando em mortalidade significativa em todas as temperaturas. A partir do quinto dia de exposição de *Z. subfasciatus* ao feijão tratado com TD, nas temperaturas a partir de 20°C, a mortalidade foi de aproximadamente 100%, no entanto, a 27°C os insetos reproduziram-se e fizeram posturas significativamente elevadas. O uso de TD em nas concentrações de 0,75 e 1,00 reduziu a influência da temperatura na duração do período de oviposição e no número de ovos. Para observar a repelência, realizou-se um teste com chance de escolha. O índice de repelência (IR) demonstrou que feijão tratado com TD conferiu repelência ao *Z. subfasciatus*. Para verificar a perda de peso foram utilizados casais virgens de *Z. subfasciatus* a 30°C com contagem no 45º dia. Nas amostras tratadas com TD, em todas as dosagens, houve menor perda de peso e menor número de adultos emergidos. Porém, o número de feijões com ovos e orifícios de emergência foi menor apenas nas concentrações de 0,75 e 1,0 g de TD/kg. O tratamento com TD não afetou as características sensoriais do feijão, conforme verificado em teste de diferença do controle. A alteração visual do feijão foi aceita pelo consumidor com a garantia de ser um alimento seguro e livre de contaminantes, pois os resíduos de TD são eliminados com duas lavagens. A germinação e vigor do feijão não foram afetados pela TD.

ABSTRACT

Beans *Phaseolus vulgaris* Linnaeus, 1753 (Fabaceae) are the main source of vegetable protein in the Brazilian diet. The damage caused by insects to beans reduces quality, affecting its appearance and sensory acceptability by the consumer. In bean seeds, the germination and vigor can be reduced by insects. The bean weevil *Zabrotes subfasciatus* (Boheman 1833) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) is the main pest in stored beans. Diatomaceous earth (DE) is a nontoxic and efficient pest control measure in stored products. The objective of the present research was to evaluate the effect of DE on the control of *Z. subfasciatus* on bean seeds, and its impact on sensory quality. To verify the mortality, couples of *Z. subfasciatus* were placed on bean samples treated with 0.0; 0.50; 0.75 and 1.00 g of DE/kg, under temperatures of 15, 20, 27 and 30°C at 70±10% UR and in complete darkness. All doses of DE reduced the survival of *Z. subfasciatus* in all temperatures. After the fifth day of contact of the bean weevil to the beans treated with all doses of DE, in temperatures above 20°C, death rates were almost 100%. However, at 27°C the insects reproduced and laid a significantly higher number of eggs. The use of the two highest doses of DE reduced the influence of temperature in the duration of the oviposition period and in the number of eggs. In order to observe the repellency a test of arena was performed. The repellency index (RI) demonstrated that the beans treated with DE were repellent to *Z. subfasciatus*. In order to verify the weight loss, couples of *Z. subfasciatus* were placed on treated beans at 30°C and observations were made at the 45th day. DE treated beans suffered less weight loss and showed a reduction in the number of emerged adults compared to the untreated beans. The number of eggs and emergency holes was significantly lower in beans treated with 0.75 and 1.00 g/kg of DE. The use of DE in stored beans did not alter its sensory characteristics and the visual difference was accepted by the consumer as long as the product was guaranteed to be safe and free of contaminants. The residuals of DE were totally eliminated simply by rinsing the beans twice in water. The germination and vigor of the bean seeds were not affected by DE.

INTRODUÇÃO GERAL

O feijão, *Phaseolus vulgaris* Linnaeus, 1753 (Fabaceae), é a leguminosa de maior importância como fonte de proteína vegetal que, combinado com o arroz, constitui a dieta básica do brasileiro. O consumo per capita está em torno de 16 kg/habitante/ano (CONAB, 2005). Segundo a CONAB (2005), o Brasil é o segundo maior produtor mundial de feijão, com uma área plantada, na safra 2004/2005, de 3.910,4 mil hectares e uma produção total de 2.837,5 mil toneladas. O Paraná é o maior produtor nacional, participando com 20 a 25% do total produzido, com uma média de 572,1 mil toneladas (safra 2004/2005), alcançando produtividades acima de 2000 kg/ha em lavouras mais tecnificadas. A média da produtividade brasileira na safra 2004/2005 foi em torno de 726 kg/ha.

O feijão, após a colheita, pode perder sua qualidade rapidamente se armazenado de forma incorreta, especialmente devido à contaminação fúngica, infestação por insetos e processos metabólicos que reduzem a germinação e o vigor, causando, entre outros defeitos, o escurecimento do tegumento do feijão (do grupo carioca) devido à oxidação de fenóis na presença de oxigênio. A presença de insetos aumenta ainda mais as perdas qualitativas e quantitativas, pois, além destes se alimentarem do endosperma e do embrião, seu metabolismo eleva a temperatura e a umidade intergranular, criando um ambiente ideal para o desenvolvimento fúngico (Lazzari 1997).

Os danos causados pelos insetos ao grão de feijão reduzem a qualidade do mesmo, afetando sua aparência, palatabilidade e aceitabilidade pelo consumidor. Os grãos carunchados podem tornar-se imprestáveis para o consumo devido ao mau aspecto, mau cheiro e alteração do sabor. Em sementes, a germinação e o vigor podem ser reduzidos, significativamente, devido ao ataque de insetos (Oliveira *et al.* 1979).

As espécies *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) e *Acanthoscelides obtectus* (Say 1831) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae), conhecidos como carunchos-do-feijão, são as principais pragas do feijão armazenado, causando grandes perdas qualitativas e quantitativas em grãos e sementes, especialmente nas regiões mais quentes do mundo. A espécie *A. obtectus* é, na América Latina, a principal praga do grão de feijão armazenado nas regiões temperadas, com altitude em torno de 1500 m;

já *Z. subfasciatus* normalmente predomina nas regiões tropicais em altitudes inferiores a 1500 m (Gallo *et al.* 1988).

Oliveira *et al.* (1979) observaram que, em amostras de feijão armazenadas sem controle para insetos, em menos de 12 meses houve um aumento de 7% no teor de umidade dos grãos e perda total da viabilidade das sementes devido aos danos causados por *Z. subfasciatus* e *A. obtectus* e pelo desenvolvimento de fungos. Portanto, é inviável o armazenamento de feijão sem algum tipo de tratamento por um período mesmo inferior a 12 meses.

A redução do teor de umidade do feijão armazenado para 13%, através de secagem, auxilia na redução das perdas relacionadas ao ataque fúngico, porém não evita o desenvolvimento dos insetos praga. Para o controle destes insetos tem-se utilizado, há muitos anos, em larga escala e com grande eficácia, a fumigação e inseticidas residuais (Lorini *et al.* 2002). Os inseticidas residuais mais utilizados são o fenitrothion ($C_9H_{12}NO_5PS$), a deltametrina ($C_{22}H_{19}Br_2NO_3$) e a malationa ($C_{10}H_{19}O_6PS_2$) e os dois produtos mais comuns para a fumigação são a fosfina (PH_3) e o brometo de metila (CH_3Br).

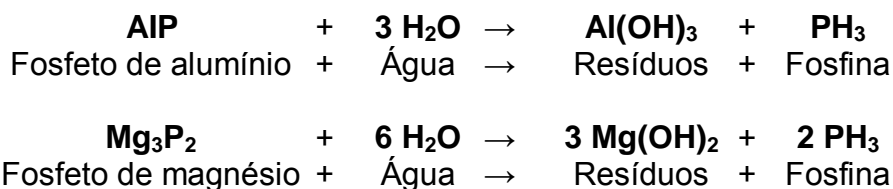
Assim que o grão de feijão é colhido, limpo e seco, normalmente recebe um tratamento preventivo com inseticidas antes de ser ensacado em sacos de juta de 60 kg. O tratamento com fumigação ou outro inseticida é repetido toda vez que se observa, por armadilhas de monitoramento ou visualmente, a presença de insetos. Dessa forma, não se sabe ao certo o número de aplicações de inseticidas que um determinado lote de feijão recebe antes de ir para a prateleira do supermercado. No caso de feijão que é armazenado para ser utilizado como semente, são feitas várias aplicações de inseticidas residuais e expurgos para que seu poder germinativo seja mantido até o momento do plantio.

Nos últimos anos, porém, as objeções com respeito à utilização de produtos de fumigação e outros inseticidas residuais têm sido cada vez maiores. A forma indiscriminada como os inseticidas têm sido utilizados resulta em problemas como a seleção de populações resistentes, ocorrência de resíduos químicos no produto após o tratamento, poucos princípios ativos disponíveis para o controle (Bengston *et al.* 1983; Arthur 1992; Hidalgo *et al.* 1998; Rahim 1998) e complicações legais e comerciais (Padilha & Faroni 1993).

O brometo de metila (CH_3Br) foi utilizado por muitos anos por apresentar várias vantagens, pois além de matar os insetos em qualquer fase do seu desenvolvimento, não é inflamável nem explosivo, é líquido a temperaturas menores de 4°C , apresenta excelente penetração nos produtos armazenados e é de rápida ação. Porém os problemas são que, além de afetar a camada de ozônio e ser cancerígeno, o brometo de metila pode ser absorvido tanto pelas vias respiratórias quanto pela pele e sua ingestão repetida, mesmo em pequenas quantidades, pode levar a um acúmulo no organismo, podendo acarretar um envenenamento crônico que pode levar à morte (Monro 1969).

A utilização do brometo de metila tem sido restrita em muitos países devido ao seu potencial de destruição da camada de ozônio e aos riscos de câncer. Nos países industrializados, espera-se uma interdição geral para o ano 2010. Espera-se para o futuro próximo, inclusive, tolerância zero nos países industrializados em relação aos resíduos desse produto. No Brasil entretanto, o brometo de metila ainda é utilizado no tratamento quarentenário e fitossanitário para fins de importação e exportação para algumas culturas (fumo até 31 de Dezembro de 2004 e sementeiras de hortaliças, flores e formicida até 31 de Dezembro de 2006) e para embalagens de madeira usadas para fins de importação e exportação até 31 de Dezembro de 2015 (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento 2005).

A fosfina (PH_3), entretanto, é largamente utilizada em muitos países como principal agente no controle de pragas de produtos armazenados. O gás fosfina é resultado da ação da temperatura e da umidade do ar com o fosfeto sólido de alumínio ou de magnésio pelas seguintes reações químicas:



A fosfina é largamente utilizada por matar os insetos em qualquer fase do seu desenvolvimento; pela boa propriedade de penetração no produto armazenado; pela boa difusão em lugares fechados; por não apresentar efeito negativo sobre a germinação das sementes; por não deixar resíduos de gases após o arejamento e

pelos produtos comerciais apresentarem um cheiro pungente de amônio para servir como advertência reduzindo os acidentes fatais durante o expurgo.

Entretanto, alguns problemas decorrentes do seu uso, além da alta toxicidade para animais de sangue quente, são: a ação relativamente lenta; ser auto-inflamável no caso de se encontrar no ar numa concentração maior de 1.8% vol. e por oxidar metais, especialmente cobre utilizado em cabos elétricos e conexões.

O maior problema da fosfina, porém é a crescente resistência desenvolvida pelas pragas de produtos armazenados. A resistência das pragas é consequência de práticas incorretas, particularmente pela falta de hermeticidade e perda do gás durante a fumigação, pois a penetração da fosfina nos insetos se dá pelo aparelho respiratório. Nos adultos, pupas e larvas, a fosfina penetra pelos espiráculos e nos ovos pelo córion. Portanto, os fatores que reduzem o ritmo respiratório podem tornar o inseto menos sensível ao gás (Monro 1969). Assim, a concentração de gás inicial pode apresentar um efeito anestésico sobre os insetos, resultando numa redução da atividade respiratória o que significa também uma redução da absorção do gás. Caso a concentração de gás baixe rapidamente como consequência de falta de hermeticidade ou de lonas defeituosas, as pragas podem recuperar-se depois de um determinado período de tempo sem ter recebido uma dose letal. Todos esses fatores restringem, consideravelmente, as possibilidades de aplicação da fosfina (Monro 1969).

Quanto menor a temperatura e/ou a umidade relativa, mais lenta é a reação química para gerar a fosfina, o que aumenta o tempo de exposição necessário. A fumigação é ineficaz se a umidade relativa for inferior a 30% e/ou se a temperatura estiver inferior a 5°C. Por essas razões, os períodos mínimos de fumigação devem ser observados rigorosamente. Para temperatura entre 10-15°C o período varia de 5-8 dias; para temperaturas entre 16 e 25°C varia de 4 a 6 dias e acima de 25°C o período de fumigação fica entre 4 e 5 dias; desde que a umidade esteja acima de 60% (Monro 1969).

O período de carência é o tempo necessário para que a mercadoria tratada possa ser consumida sem a presença de resíduos perniciosos à saúde. Os limites máximos de resíduos permitidos são de 0,1 ppm para grãos e rações e 0,01 ppm para alimentos elaborados. Deste modo, depois de concluído o trabalho de fumigação, deve-se aguardar pelo menos quatro dias para que a mercadoria seja colocada ao alcance do consumidor. Os resíduos dos comprimidos, das pastilhas e dos saquinhos devem

ser recolhidos depois da fumigação, por motivos de segurança, pois os resíduos de pó contém ainda aproximadamente 2% de fosfeto de alumínio sem reação (ou 0,2% no caso do fosfeto de magnésio) (Monro 1969).

Nos Estados Unidos, a fumigação com fosfina está registrada na “United States Environmental Protection Agency” (EPA) para controle de insetos nos mais diversos produtos alimentícios (industrializados ou não), móveis, embalagens, livros, papelão, etc. No Brasil, a fosfina está permitida para sementes e grãos armazenados de milho, sorgo, trigo, feijão, arroz, amendoim, café, sementes e subprodutos de algodão e cacau, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2005).

O uso de variedades resistentes de feijão, resfriamento artificial (Moreira 1994; Pinto Jr. 1999), pós-inertes (Subramanyam & Roesli 2000; Lorini *et al.* 2002), inimigos naturais (Kistler 1985), óleos e pós de vegetais repelentes (Oliveira & Vendramim 1999; Mazzone & Vendramim 2003) e outras medidas integradas de manejo de insetos praga, têm recebido cada vez mais atenção como alternativas para o controle dos carunchos, sem as desvantagens dos inseticidas químicos. As medidas de controle devem ser sempre aplicadas dentro de um programa de manejo racional e economicamente viável, adaptado ao tamanho e à necessidade do armazém.

Utilizados como um método alternativo no controle de pragas em grãos armazenados, os pós inertes são classificados por Jayas *et al.* (1995) e Banks & Fields (1995) em quatro diferentes tipos básicos: a) os naturais, como areia, silte, argila, cinzas e terra; que são utilizados como inseticidas naturais em camadas ou no topo da massa de grãos, podendo ou não ser misturados à massa de grãos; b) os silicatos naturais, chamados de terra de diatomácea (TD), que são extraídos de depósitos fósseis de esqueletos de algas diatomáceas, cujo principal constituinte é a sílica, com pequenas proporções de outros minerais como alumínio, óxido de ferro, magnésio, entre outros (Subramanyam & Roesli 2000); c) os compostos de sílica artificiais, que são provenientes de sílica gel e a sílica aerogel, produzidas pela desidratação de uma solução aquosa de silicato de sódio e são pós muito leves, monohigroscópicos, efetivos em dosagens menores quando comparados à terra de diatomácea; d) os minerais naturais, que são pós não silicados, como o fosfato de rocha, utilizados desde o Egito antigo e o hidróxido de cálcio, utilizado para a proteção de grãos destinados à alimentação animal por produtores da Austrália.

Segundo vários autores (Jayas *et al.* 1995; Dupchak *et al.* 1996; Lazzari *et al.* 1996; Pinto Jr. 1999; Subramanyam & Roesli 2000; Lorini *et al.* 2001), estes pós são muito eficientes no controle de uma grande variedade de pragas de armazenamento quando misturados à massa de grãos em doses aproximadas de 1 kg/t.

Segundo Ebeling *et al.* (1966), os pós inertes aderem à epicutícula dos insetos por carga eletrostática e atuam por abrasão e adsorção de lipídios epicuticulares. Conseqüentemente, os insetos morrem por desidratação quando cerca de 60% de água, ou 30% da massa corporal total é perdida. A superfície específica devido à porosidade dos esqueletos das algas diatomáceas é o que confere à TD o efeito inseticida (Ebeling 1971). Este efeito inseticida é afetado positivamente por uma maior pilosidade e mobilidade dos insetos (David & Gardiner 1950). O tamanho da partícula de TD é importante, pois quanto menor, maior sua superfície em relação ao volume (Chiu 1939).

A TD apresenta baixa toxicidade para mamíferos (DL₅₀ de 3160 mg/kg) e é reconhecida como segura pelo “United States Food and Drug Administration” (FDA) dos Estados Unidos, sendo registrada como aditivo alimentar 21 CFR 182,90, 182.1711 (Jayas *et al.* 1995). No Brasil a TD está registrada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2005) como IV – pouco tóxico, quanto à classificação toxicológica e IV – pouco perigoso, quanto a classificação ambiental.

Os pós inertes apresentam grande potencial para uso em feijões com destino a mercados exigentes que não aceitam aplicação de inseticidas residuais, por exemplo, grãos e sementes orgânicos (Pinto Jr. 1999; Lorini *et al.* 2001).

Segundo a CONAB (2005) o preço pago pelo produtor pela fosfina da marca Gastoxin[®], a mais comum no mercado é de R\$ 20,17 pelo frasco de 90 g com 30 pastilhas de 3,0 g cada. Para cada fumigação realizada em feijão são necessárias duas pastilhas por tonelada, totalizando um custo de R\$ 1,78/t. A TD da marca Keepdry[®], está sendo vendida a R\$ 4,00/kg. Para tratar uma tonelada de feijão é necessário apenas um tratamento de 750 g de TD, totalizando um custo de R\$ 3,37/t. Portanto, com duas fumigações o custo da TD já é ultrapassado. Ainda tem o custo das lonas especiais para expurgo, cobras de areia e equipamento de EPI completo que periodicamente precisam ser trocados.

Para o produtor a deltametrina K-Obiol 25 CE da Bayer Cropscience Ltda. custa R\$ 88,00 por litro. Este produto é vendido em embalagens de 250 ml, 1 l e 20 l.

Recomenda-se o uso de 20 ml para grãos armazenados e 40-80 ml para sementes armazenadas. Portanto o custo de aplicação em uma tonelada utilizando 20 ml é de R\$ 1,76 e com 40 ml é de R\$ 3,52. O custo para tratar uma tonelada de grãos com este produto é menor ou igual ao custo de tratar com TD. A TD porém tem a vantagem de apresentar maior segurança que ela traz para o aplicador, para o consumidor e para o meio ambiente.

O fenitrothion da marca Sumithion 500 CE da Sumitomo Chemical Representações Ltda. é vendido por R\$ 44,57 o litro. Recomenda-se utilizar 10 ml por tonelada de grãos e que não seja utilizado para sementes. O custo de tratamento de uma tonelada de feijão com este produto é de R\$ 0,45. Apesar do custo de aplicar este produto ser o mais baixo, a aplicação de TD é vantajosa pela segurança.

A TD pode ser incorporada à massa de grãos na própria correia transportadora, em unidades maiores e manualmente para quantidades menores, necessitando o uso de apenas luvas e máscara semifacial. A TD apresenta ainda as seguintes vantagens: ser tão eficaz quanto o tratamento com inseticidas residuais como deltametrina, chlorpirifos e fosfina (Smiderle & Cícero 1999); não ser tóxica ao ser humano, outros animais e meio ambiente; não ser auto-inflamável, que é o caso da fosfina e não deixa resíduos tóxicos no produto, como é o caso de outros inseticidas residuais utilizados para controle de pragas de armazenamento.

É importante considerar a preocupação cada vez maior do consumidor com o que ele ingere e fornece para sua família e para animais domésticos. Informações a respeito de alimentos benéficos e seguros estão ganhando ênfase em todos os meios de comunicação. Já é grande a troca de hortaliças convencionais pelas orgânicas, por exemplo, indicando que o consumidor está disposto a pagar mais por um produto mais saudável e ecologicamente seguro.

Este projeto foi elaborado com a finalidade de avaliar a possibilidade de utilização da terra de diatomácea (TD) como método de controle eficaz, economicamente viável e mais seguro para o aplicador, para o consumidor e para o meio ambiente, na redução das perdas qualitativas e quantitativas por *Zabrotes subfasciatus* em *Phaseolus vulgaris* do grupo carioca, durante o armazenamento.

No Capítulo I, o objetivo geral foi determinar a dose de TD mais eficaz para o controle de *Z. subfasciatus*. Os objetivos específicos foram: observar a aderência da TD ao corpo de *Z. subfasciatus*; avaliar a eficácia da TD no controle de *Z. subfasciatus* em

diferentes temperaturas; testar se os adultos de *Z. subfasciatus* são repelidos pela TD; avaliar a alteração na umidade e temperatura do grão causada pelo ataque de *Z. subfasciatus*; e avaliar as perdas de peso, o número de feijões com ovos, orifícios de emergência e adultos emergidos de *Z. subfasciatus* em feijão com diferentes concentrações de TD.

No Capítulo II, o objetivo foi verificar se o tratamento de feijão com TD afeta a qualidade sensorial, a intenção de consumo, a germinação e o vigor de feijão, com a finalidade de investigar se o tratamento com TD apresenta, não somente eficácia no controle da praga, mas também aceitabilidade pelo consumidor.

BIBLIOGRAFIA

- ARTHUR, F. H. 1992. Control of lesser grain borer (Coleoptera: Bostrichidae) with chlorpyrifos-methyl, bioresmethrin and resmethrin: effect of chlorpyrifos-methyl resistance and environmental degradation. **Journal of Economic Entomology** **85**: 1471-1475.
- BANKS, H.J. & P.G. FIELDS. 1995. Physical methods for insect control in stored-grain ecosystem. p. 353-409. *In*: JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G. & MUIR, W. E. 1995. **Stored-grain ecosystems**. New York, Marcel Dekker, Inc. xi+757 p.
- BENGSTON, M.; DAVIES, R. A. H.; DESMARCHELIER, J. M.; HENNING, R.; MURRAY, W. SIMPSON, B. W.; SNELSON, J. T.; STICKA, R. & B. E. WALLBANK. 1983. Organophosphorothioates and synergised synthetic pyrethroid insecticides as grain protectants for stored sorghum. **Pesticide Science** **15**: 500-508
- CHIU. S. F. 1939. Toxicity studies of so-called "inert" materials with the bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* (Say). **Journal of Economic Entomology** **32**: 240-248.
- COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. 2005. <http://www.conab.gov.br> Acesso em 16/05/05.
- DAVID, W. A. L. & B. O. C. GARDINER. 1950. Factors influencing the action of dust insecticides. **Bulletin of Entomological Research** **41**: 1-61.
- DUPCHAK, L. M.; LAZZARI, S. M. N.; LAZZARI, F. A.; *et al.* 1996. Efeito de diferentes dosagens de pós inertes no controle de *Sitophilus* spp. (Col.: Curculionidae) e *Rhizopertha dominica* (Col.: Bostrichidae) em sementes de milho armazenadas. *In*: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 21. **Resumos**. Londrina IAPAR p. 284.

EBELING, W.; R. E. WAGNER & D. A. REIERSON. 1966. Influence of repellency on the efficacy of blatticides. I. Learned modification of behavior of the German cockroach. **Journal of Economic Entomology** **59**: 1374-1388.

EBELING, W. 1971. Sorptive dusts for pest control. **Annual Review of Entomology** **16**: 123-158.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C. LOPES, J. R. S. & c. OMOTO. 2002. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba, FEALQ, 920p.

HIDALGO, E.; MOORE, D. & G. LE PATOUREL 1998. The effect of different formulations of *Beauveria bassiana* on *Sitophilus zeamais* in stored maize. **Journal of Stored Products Research** **34**: 171-179.

JAYAS, D. S.; N. D. G. WHITE & W. E. MUIR. 1995. **Stored Grain Ecosystems**. New York: Marcel Dekker, 757p.

KISTLER, R. A. 1985. Host-age structure and parasitism in a laboratory system of two hymenopterous parasitoids and larvae of *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae). **Environmental Entomology** **14**:507-511.

LAZZARI, F.A. 1997. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2ª ed. Ed. autor, Curitiba, 140 p.

LAZZARI, F. A.; GIONEDES, M. A.; RUPP, M. M. M.; *et al.* 1996. Avaliação da eficácia de terra de diatomácea sobre populações de insetos em sementes armazenadas de milho híbrido. *In*: Congresso nacional de milho e sorgo, 21. **Resumos**. Londrina: Iapar p. 283.

- LE PATOUREL, G. N.; M. SHAWIR & F. I. MOUSTAFA. 1989. Accumulation of mineral dusts from wheat by *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research** **25**: 65-72.
- LORINI, I.; FERREIRA FILHO, A.; BARBIERI, I.; *et al.* 2001. Terra de diatomáceas como alternativa no controle de pragas de milho armazenado em propriedade familiar. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável** **2**: 4 32-36.
- LORINI, I; MORÁS, A. & H. BECKEL. 2002. Pós inertes no controle das principais pragas de grãos armazenados. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento da EMBRAPA** **8**: 1-35.
- MAZZONETO, F. & J. D. VENDRAMIM. 2003. Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. **Neotropical Entomology** **32**: (1) 145-149.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. 2005. <http://www.agricultura.gov.br> Consultado em 11 de junho de 2005
- MONRO, H. A. U. 1969. **Manual for insect control**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. No 79 2nd Edition. 280 p.
- MOREIRA, R. 1994. Aeration of grains using natural and chilled air, p. 177-196. *In*: International Symposium on Grain Conservation, Drying and Storage. **Proceedings**. Canela, RS, 522 p.
- OLIVEIRA, A. M.; PAVOCA, B. E.; SUDO, S.; ROCHA, A. C. M. & D. F. BARCELLOS. 1979. Incidência de *Zabrotes subfasciatus* Boheman, 1833 e *Acanthoscelides obtectus* Say, 1831 em diversas cultivares de feijão armazenado (Col., Bruchidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** **8**: (1) 47-55.

- OLIVEIRA, J. V. & J. D. VENDRAMIM. 1999. Repelência de óleos essenciais e pós vegetais sobre adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera, Bruchidae) em sementes de feijoeiro. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 28: (3) 549-555.
- PADILHA, L. & L. R. D. FARONI. 1993. Importância de formas de controle de *Rhyzopetha dominica* (F.) em grãos armazenados. *In: Simpósio de proteção de grãos armazenados*, 1993, Ed. Embrapa - Cnpt, p. 52-58. Embrapa - Cnpt, Passo Fundo, RS.
- PINTO Jr., A. R. 1999. **Utilização de terra de diatomácea no controle de pragas de armazenamento e domissanitárias**. Tese de Doutorado, área de concentração em Entomologia, Universidade Federal do Paraná. 114 p.
- RAHIM, M. 1998. Biological activity of azadirachtin-enriched neem kernel extracts against *Sitophilus zeamais* Motsch. And *S. oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) on stored maize. **Journal of Stored Products Research** 26: 155-161.
- SMIDERLE, O. J. & S. M. CÍCERO. 1999. Tratamento inseticida e qualidade de sementes de milho durante o armazenamento. **Scientia Agricola** 56: (4) 1245-1254.
- SUBRAMANYAM, B. & R. ROESLI. 2000. Inert dusts, p. 321-380. *In: SUBRAMANYAM, B. & D. W. HAGSTRUM. Alternatives to pesticides in stored-product IPM*. Norwell, Massachusetts, Kluwer Academic Publishers, XV+437 p.

CAPÍTULO I

A utilização de terra de diatomácea no controle de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) em *Phaseolus vulgaris* Linnaeus, 1753 (Fabaceae) armazenado sob diferentes temperaturas em laboratório

INTRODUÇÃO

Zabrotes subfasciatus (Boheman, 1833) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae), conhecido como caruncho-do-feijão, é a principal praga do feijão armazenado, causando grandes perdas qualitativas e quantitativas em grãos e sementes, especialmente nas regiões mais quentes do mundo (Parkin & Bills 1956; Howe & Currie 1964; Golob & Kilminster 1982; Gallo *et al.* 2002; Dendy & Credland 1991; Pinto Jr. 1999; Mazzonetto & Vendramin 2003; Sari *et al.* 2003).

Este inseto é classificado como praga primária em armazenamento, pois desenvolve-se no interior de grãos inteiros. No caso do feijão, leguminosa de maior importância como fonte de proteína vegetal no Brasil, seu desenvolvimento afeta negativamente a aparência, palatabilidade e aceitabilidade do grão pelo consumidor. Nesses grãos ocorre significativa redução da qualidade nutricional, perda de peso e depreciação comercial devido, não apenas à presença de insetos, como também de seus fragmentos (Hohmann & Carvalho 1989). Em sementes de feijão, a germinação e o vigor podem ser reduzidos devido ao ataque desse inseto (Oliveira *et al.* 1979; Hohmann & Carvalho 1989).

Os métodos atualmente utilizados para o controle de espécies pragas em armazenamento são o expurgo e o tratamento com inseticidas residuais. Diversos inseticidas têm sido utilizados, mas nem sempre são eficientes para exterminar as pragas ou para evitar a reinfestação, podendo resultar em problemas de resistência dos insetos e intoxicações em animais e seres humanos devido aos resíduos dos ingredientes ativos e contaminação ambiental (Lorini 1997). Para contornar o problema da resistência, apesar de proibido por lei, tem sido comum o uso de misturas de inseticidas para combater as infestações (Beckel 2004).

Destacam-se, atualmente meios alternativos para o controle das pragas de armazenamento, as quais não apresentam as desvantagens dos inseticidas químicos, como o uso de variedades resistentes de feijão (Wanderley 1997; Mazzonetto 2002), resfriamento artificial (Moreira 1994; Pinto Jr. 1999), pós-inertes (Subramanyam & Roesli 2000; Lorini *et al.* 2002), inimigos naturais (Kistler 1985), óleos e pós de vegetais repelentes (Oliveira & Vendramim 1999; Mazzonetto & Vendramim 2003) e outras medidas integradas de manejo das pragas.

A terra de diatomácea (TD) é um pó inerte à base de dióxido de sílica extraído de depósitos fósseis de carapaças de algas diatomáceas (Subramanyam & Roesli 2000; Jayas 1995). Existem aproximadamente 10.000 espécies de algas diatomáceas cujas carapaças ricas em sílica foram sendo depositadas a pelo menos 20 milhões de anos (Korunic 1998).

A TD é muito eficiente no controle de uma grande variedade de pragas de armazenamento quando misturada à massa de grãos em doses aproximadas de 1,00 kg/t (Jayas *et al.* 1995; Pinto Jr. 1999; Subramanyam & Roesli 2000). Sua eficácia já foi comprovada para o controle das espécies *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera, Curculionidae), *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera, Tenebrionidae), *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera, Cucujidae) e *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1831) (Coleoptera, Cucujidae) nas dosagens 0,75 e 1,0 g/kg e para *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) a dosagem de 0,75 g de TD/kg (Pinto Jr. 1999), mas não existem estudos sobre sua eficácia para o controle de *Z. subfasciatus*.

A TD está registrada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para uso em cevada, milho, trigo, feijão e arroz para os seguintes coleópteros pragas de produtos armazenados: *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus oryzae*, *Tribolium castaneum* e *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) (Coleoptera, Bostrichidae).

Os pós inertes atuam por aderência à epicutícula dos insetos e por abrasão e adsorção de lipídios epicuticulares, levando os insetos à morte por desidratação (Chiu 1939) quando cerca de 60% de água, ou 30% da massa corporal total é perdida (Ebeling *et al.* 1966). O efeito inseticida da TD deve-se à porosidade e tamanho dos esqueletos das algas diatomáceas (Ebeling 1971) que é afetado positivamente por uma maior pilosidade e mobilidade dos insetos (David & Gardiner 1950).

Pinto Jr. (1994) constatou que o efeito residual da TD foi capaz de prevenir o desenvolvimento de populações de *S. oryzae* após 210 dias de armazenamento de milho a granel, evidenciando a eficácia do produto na reincidência de infestações. Este autor verificou ainda, que o teor de umidade dos grãos tratados com TD mantém-se estável por um longo período de tempo, variando apenas entre 0,3 a 0,6% após 300 dias de armazenamento, contribuindo, desta forma, para a manutenção da qualidade do produto.

Outra alternativa para o controle de pragas de armazenamento é o uso conjunto de TD e temperaturas abaixo de 20°C. Nickson *et al.* (1994), utilizando altíssima concentração de TD, indicaram para o controle de *Sitophilus oryzae*, *Rhizopertha dominica* e *Tribolium castaneum* em trigo armazenado temperaturas entre 20 e 10°C. Já Aldryhim (1990, 1993) verificou que as espécies de Coleoptera *Sitophilus oryzae* e *R. dominica* são mais suscetíveis à TD a 30°C do que a 20°C e que o *Tribolium confusum* Jacquelin du Val, 1863 (Coleoptera, Tenebrionidae) é mais susceptível a baixas temperaturas.

Devido ao modo de ação dos pós inertes, não dependendo de reações metabólicas (como os inseticidas químicos), os insetos expostos não desenvolvem seleção genética, porém é possível que desenvolvam uma resposta comportamental, evitando o contato com a TD (Ebeling 1971). Segundo Le Patourel *et al.* (1989) a umidade ambiental afeta o efeito inseticida e TD tem a capacidade de absorver três vezes sua massa em gordura ou água.

A facilidade e segurança da aplicação, a baixa toxicidade para animais de sangue quente e ao meio ambiente em geral, além da ação de proteção duradoura, pois a TD pode ser aplicada durante o ensaque e ser retirada pela simples lavagem com água pelo consumidor, são vantagens da TD sobre os produtos utilizados atualmente.

O objetivo deste capítulo foi determinar qual a dose de TD e temperatura mais eficazes para o controle de *Z. subfasciatus* e os objetivos específicos foram:

1. Verificar, através de fotografias, a aderência de TD ao grão de feijão e ao corpo de adultos de *Zabrotes subfasciatus*;
2. Testar se a TD exerce efeito de repelência sobre os adultos de *Z. subfasciatus*;
3. Avaliar se a infestação por *Z. subfasciatus* altera a umidade e temperatura do feijão;
4. Verificar se feijão tratado com TD e sob infestação por *Z. subfasciatus* tem seu peso, número de feijões com ovos, com orifícios de emergência e número de insetos emergidos alterado.

MATERIAL E MÉTODOS

Os bioensaios foram realizados no Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná.

Adultos de *Z. subfasciatus* foram obtidos a partir da criação estoque do Laboratório de Sistemática e Bioecologia de Coleoptera da Universidade Federal do Paraná, da Embrapa Arroz e Feijão de Goiás e do Mercado Municipal de Curitiba, Paraná. Os insetos foram mantidos em feijão, *Phaseolus vulgaris* Linnaeus 1753, carioca, cultivar Juriti.

A identificação dos bruquíneos foi realizada por comparação com exemplares da Coleção de Entomologia Padre Jesus Santiago Moure, do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná e através da chave de identificação (Romero & Johnson 2000).

O acentuado dimorfismo sexual dos adultos de *Z. subfasciatus* pode ser verificado pelo padrão de pilosidade no dorso, tamanho e peso (Figura 1). O macho apresenta o pronoto e élitros recobertos por pêlos curtos amarelos e marrons. A fêmea apresenta no pronoto uma linha mediana com pilosidade branca e uma pequena mancha esbranquiçada em cada lado do pronoto; no terço médio de cada élitro há uma mancha branca transversal (Romero & Johnson 2000). O macho mede em torno de 1,8 mm de comprimento, pesando 1,7 mg e a fêmea 2,5 mm e 3 mg (Ferreira 1960; Dendy & Credland 1991).



Figura 1. Fêmea (inferior) e macho (superior) de *Z. subfasciatus* em feijão, *Phaseolus vulgaris*, bolinha.

Para a criação e para os bioensaios foi utilizado o feijão carioca por sua excelente aceitabilidade pelo *Zabrotes subfasciatus* (Teixeira & Zucoloto 2003), por ser muito plantado em vários estados brasileiros (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento 2005) e apreciado pelo brasileiro. Foi utilizada a cultivar Juriti do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), grupo carioca, com peso de 1000 sementes igual a 257,4 g, de cor bege claro com listras marrom-havana, apresentando venações na testa, formato oblongo médio, com grau de achatamento semi-cheio, de brilho opaco e halo ausente (Figura 2).



Figura 2. Feijão, *Phaseolus vulgaris*, grupo carioca, cultivar Juriti do IAPAR.

Este cultivar é resistente à ferrugem (*Uromyces phaseoli*), ao oídio (*Erysiphe polygoni*) e ao vírus do mosaico comum do feijoeiro (BCMV). O feijão utilizado foi colhido na colônia Barreiro em Cascavel, Paraná, limpo e seco a 13% de umidade. No laboratório o feijão foi refrigerado a -18°C por sete dias para eliminar qualquer infestação.

A TD utilizada foi da marca nacional KeepDry[®] (Figura 3), com pelo menos 86% de dióxido de sílica amorfa (SiO_2), com partículas de aproximadamente 15 μm e densidade aparente de 200 g/L; coloração bege clara, insolúvel em água e aspecto de pó seco (semelhante a talco), solto e leve (Figura 4).



Figura 3. Pacote de TD (frente e verso) da marca KeepDry[®] utilizada para os testes.



Figura 4. Aspecto da TD da marca KeepDry[®] utilizada para os ensaios.

1. Microscopia Eletrônica de Varredura de *Z. subfasciatus*

Com o objetivo de verificar a aderência da TD ao grão de feijão e ao corpo do *Z. subfasciatus*, foram realizadas fotografias de microscopia eletrônica de varredura. Para isto foram utilizados os equipamentos do Centro de Microscopia Eletrônica (CME) da Universidade Federal do Paraná. Para a metalização do material, afim de deixá-lo com

superfície condutora, foi utilizado o metalizador da marca Balzers®, modelo SCD 030. As imagens foram obtidas através do microscópio eletrônico de transmissão (MET) da marca Jeol®, modelo JEM 1200 EXII.

Foram fotografados grãos de feijão tratados com TD na concentração de 1,00 g/kg, previamente misturado e homogeneizado através de agitação manual vigorosa em saco plástico por 2 minutos (modificado de Pinto Jr. 1994) e machos e fêmeas de *Z. subfasciatus* expostos por pelo menos 24 horas à estes grãos de feijão.

2. Mortalidade, fecundidade e período de oviposição

Os bioensaios foram conduzidos em câmaras climatizadas, reguladas a temperaturas de 15°C, 20°C, 27°C e 30°C com 70±10% de UR e escotofase total.

Os tratamentos consistiram de feijões tratados com TD a 0,00; 0,50; 0,75 e 1,00 g/kg de concentração nas temperaturas acima citadas em seis repetições. Inicialmente misturou-se 300 g de feijão com a respectiva concentração de TD, homogeneizando a amostra através de agitação manual vigorosa em saco plástico por 2 minutos (modificado de Pinto Jr. 1994). Posteriormente, subdividiu-se a amostra em seis subamostras de 50 g. O mesmo procedimento foi seguido para a testemunha (concentração de 0,00 g de TD/kg), porém esta ficou livre de TD. As subamostras foram acondicionadas em frascos plásticos com capacidade para 200 mL com tampa telada e infestadas com cinco casais de *Z. subfasciatus*, virgens, com idade de até 24 horas.

Para isso, foram selecionados grãos infestados no período de 24 horas, sendo deixado apenas um ovo sobre cada grão. Os grãos foram individualizados em cápsulas de gelatina a 30°C 70±10% UR em escotofase total até a emergência do adulto (modificado de Sari *et al.* 2003).

Para avaliar a eficácia dos tratamentos, diariamente os grãos foram peneirados e os bruquíneos mortos foram anotados, sexados e então descartados. Foram considerados mortos os indivíduos que não reagiram ao toque de uma pinça (Pinto Jr. 1994). Os bruquíneos vivos foram devolvidos aos frascos. Com relação à oviposição, registrou-se o número de ovos depositados sobre todos os grãos, assim como os ovos colocados nas paredes internas dos frascos diariamente. Esses dados foram tabelados no programa Excel versão Windows 1998 e analisados estatisticamente pela análise de

variância; teste de Tukey a 5% de probabilidade e por regressão linear pelo programa Statistica versão 6.0.

3. Teste de repelência

A fim de verificar se a TD é repelente a *Z. subfasciatus*, foi realizado um teste com chance de escolha. Para isso foi confeccionada uma arena a partir de uma bacia plástica de 35 cm de diâmetro interno com tampa de vidro, contendo um disco central de 1 cm de profundidade e 4 cm de diâmetro para liberação dos insetos e 12 frascos com 4 cm de diâmetro e 6,5 de altura com capacidade para 63 g de feijão equidistantes entre si (2,5 cm) e da arena central (8 cm) (Figura 5).

Os tratamentos de 0,00; 0,50; 0,75 e 1,00 g de TD/kg de feijão foram sorteadas ao acaso entre os 12 frascos resultando em três frascos para cada tratamento. Caso dois frascos com a mesma concentração fossem sorteados lado a lado, novo sorteio era realizado. No disco central foram liberados 50 casais virgens com até 24 horas de idade. A arena foi então colocada em câmara climatizada a 30°C com 70±10% de UR e a cada 24 horas, os bruquíneos que estivessem fora dos frascos eram sexados, contados e colocados em um frasco com tampa telada. Logo em seguida, os frascos com feijão foram tampados para que os insetos não escapassem, o feijão peneirado e os insetos de cada frasco sexados, contados, recolocados no frasco, que era então tampado e recolocado na arena. Após a verificação de todos os frascos, as tampas eram removidas e os bruquíneos que foram encontrados fora dos frascos com feijão, recolocados no disco central. Posteriormente, a arena foi tampada e recolocada na câmara climatizada. Após o último inseto morto, o número de ovos de cada frasco foi contado. Foram realizadas três repetições deste teste até o último inseto morto, aproximadamente ao oitavo dia.

O número de machos, fêmeas e o número total de ovos em cada concentração e os encontrados fora dos tratamentos foi submetido à análise de variância e ao teste de Dunnett com 5% de probabilidade com auxílio do programa Statistica versão 6.0.

Para a comparação entre as concentrações de TD e os insetos encontrados fora dos frascos foi utilizado o Índice de Repelência (IR) utilizado por Mazzonetto &

Vendramin (2003), adaptado do Índice de Preferência (PI) de Kogan & Goeden (1970) utilizado por Lin *et al.* (1990). A fórmula utilizada foi a seguinte: $IR = 2G / (G + P)$, onde G é a porcentagem de insetos na planta teste, neste caso nas concentrações 0,50; 0,75; 1,00 g de TD/kg e fora dos frascos; e P é a porcentagem de insetos na testemunha, neste caso os frascos com 0,00 g de TD/kg. Os valores de IR variam entre zero e dois, sendo que $IR = 1$ planta neutra, $IR > 1$ planta atraente e $IR < 1$ planta repelente.



Figura 5. Arena com *Z. subfasciatus* utilizada para o teste com chance de escolha.

4. Teste de umidade

Com objetivo de verificar a variação da umidade do feijão devido ao ataque de *Z. subfasciatus*, foi realizado um teste de umidade. Foram utilizados 2,5 kg de feijão com 100 casais de *Z. subfasciatus* e 2,5 kg sem insetos. O feijão foi armazenado por 90 dias em temperatura ambiente, entre 22 e 29°C e com umidade variando de 45 a 80%. Foram retiradas 10 subamostras de 250 g de cada tratamento, pesadas em balança de precisão de 0,002, cuja umidade e temperatura foram medidas através do Motomco[®] 919C Farmer (Figura 6). Os resultados foram submetidos à análise de variância

seguido de teste de Tukey com nível de significância de 5% pelo programa Statistica versão 6.0.



Figura 6. Determinador de umidade Motomco[®] 919C Farmer e balança de precisão.

5. Teste de alteração de peso, número de ovos, adultos e orifícios de emergência em feijão tratado com diferentes concentrações de TD e infestado por *Z. subfasciatus*

Foram colocados 10 casais de *Z. subfasciatus*, virgens com até 24 h de idade, sobre 100 grãos de feijão limpos e previamente tratados com 0,00; 0,50; 0,75 e 1,00 g de TD/kg. O feijão foi pesado em balança analítica com precisão de 0,002 e colocado em frascos plásticos com capacidade para 200 mL e tampa telada. O experimento foi mantido em BOD a 27°C com 70±10% de UR com escotofase total. A cada 10 dias, após o 25º. dia do início do experimento, o feijão foi peneirado e pesado, até o 45º. dia. Foram realizadas 10 repetições para cada tratamento e os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey com nível de significância de 5% pelo programa Statistica versão 6.0.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. Microscopia eletrônica de varredura de *Z. subfasciatus*

Com base nas micrografias eletrônicas, procurou-se observar principalmente a aderência da TD sobre o grão de feijão e sobre o tegumento de *Zabrotes subfasciatus*. Um dos fatores relacionados ao efeito inseticida da TD é o tipo e tamanho da partícula (Ebeling 1971). Na Figura 7 observa-se a presença de carapaças inteiras e fragmentos de algas diatomáceas. Foi possível a identificação de quatro gêneros de algas diatomáceas de água doce. Nas amostras analisadas, foram registradas em maior abundância *Brachysira*, *Frustulia* e *Pinnularia* e, em menor abundância, *Eunotia*. As carapaças inteiras de *Brachysira* normalmente são maiores do que as de *Pinnularia* e *Eunotia*.

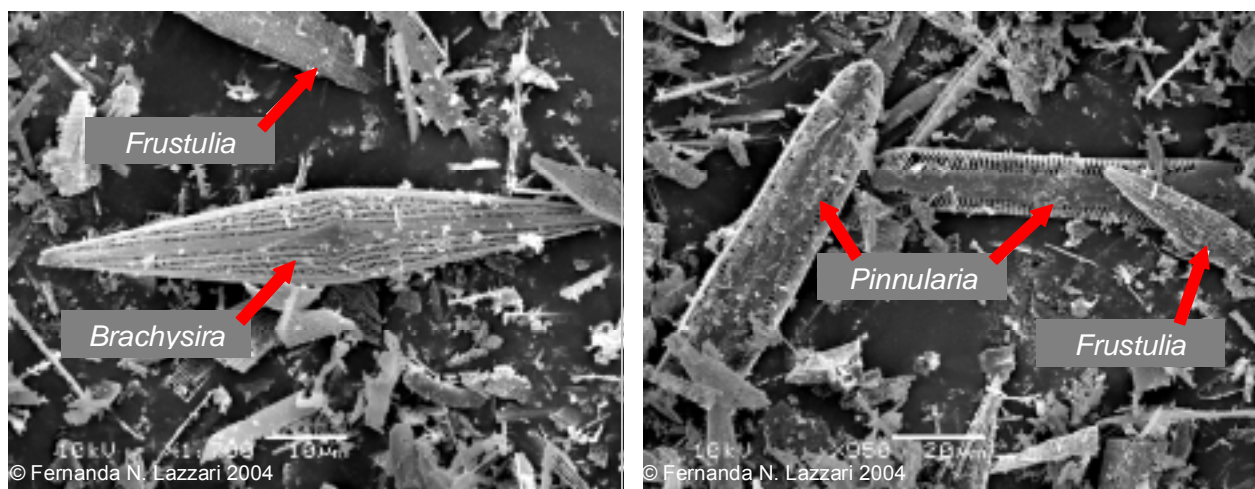


Figura 7. Micrografias de algas diatomáceas encontradas nas amostras de TD.

Observa-se que a TD adere-se bem sobre o grão de feijão (Figura 8). A partir das micrografias observa-se que o *Z. subfasciatus* é um inseto bastante piloso (Figura 9), e que a TD está distribuída por todo o corpo, concentrando-se mais na cabeça (Figura 10). Nas articulações das coxas anteriores e médias com o corpo, a pilosidade é extremamente reduzida, assim como as partículas aderidas de TD. O mesmo ocorre na coxa posterior, no terço proximal da face externa, junto à articulação com o

trocanter. Desta forma, a abundância de pêlos no corpo do inseto influencia a quantidade de TD aderida ao tegumento.

Pinto Jr. (1994) verificou, através de micrografias, que espécies de coleópteros com maior pilosidade, como *Oryzaephilus surinamensis*, apresentam um número superior de partículas de TD aderidas ao corpo, principalmente na superfície ventral e cabeça quando comparado à espécies menos pilosas como *Sitophilus zeamais* e *S. oryzae*. White & Loshiavo (1989) verificaram que adultos de *O. mercator* são mais pilosos, rápidos e menores quando comparados aos adultos de *T. confusum*, sendo essas características provavelmente responsáveis pela grande aderência de TD e elevada mortalidade de *O. mercator*.

David & Gardiner (1950) já haviam comentado que a atividade inseticida da TD é afetada pelo número de pelos distribuídos no tegumento dos insetos. As espécies mais pubescentes possuem uma superfície específica maior em relação ao volume do corpo, o que poderia torná-las ainda mais suscetíveis à TD.

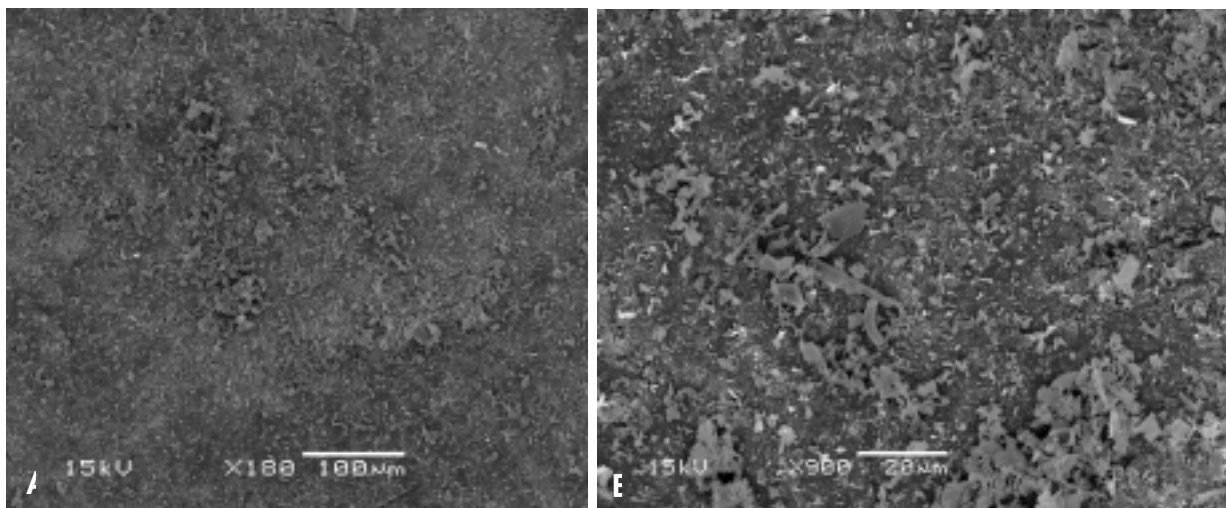


Figura 8. Micrografias de TD aderida sobre o grão de feijão. (A) aumento de 180X. (B) aumento de 900X.

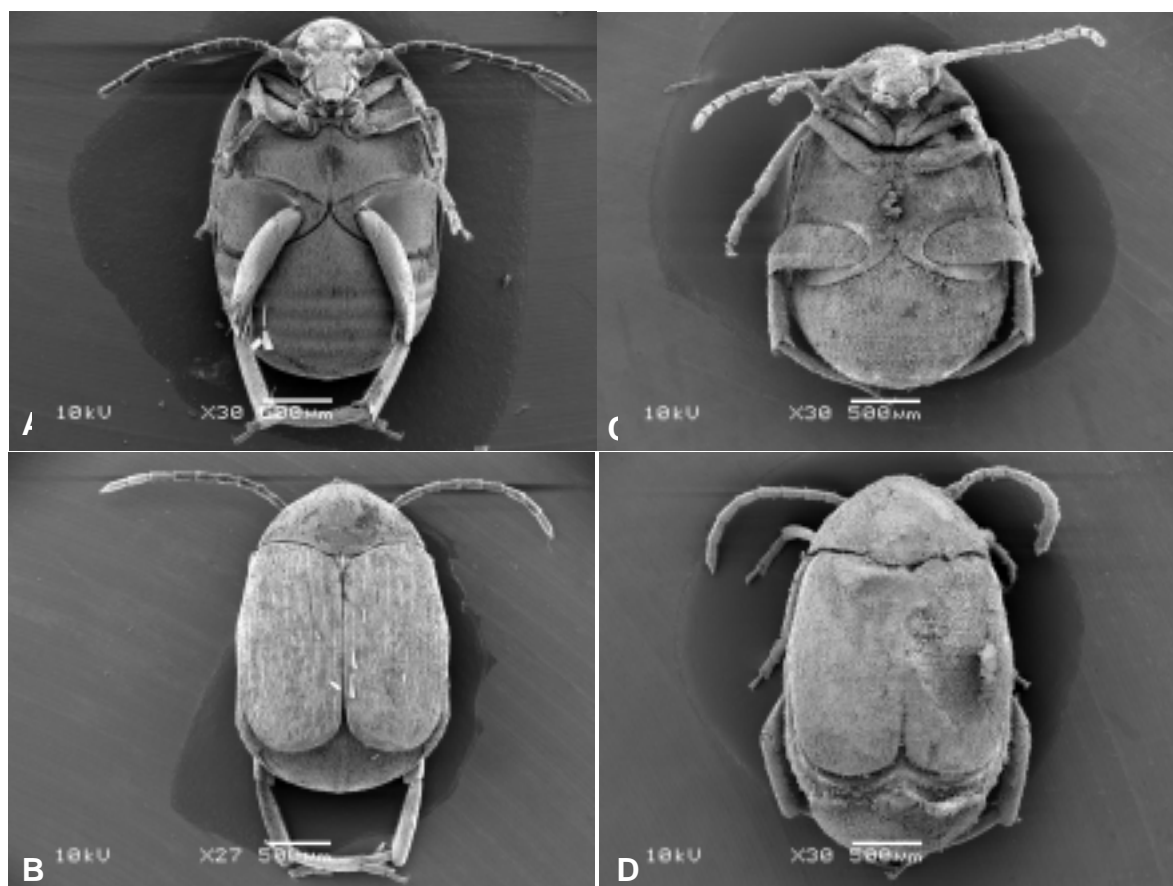


Figura 9. Micrografias de *Z. subfasciatus*. (A) vista ventral sem exposição à TD; (B) vista dorsal sem exposição à TD; (C) vista ventral com exposição à TD e (D) vista dorsal com exposição à TD.

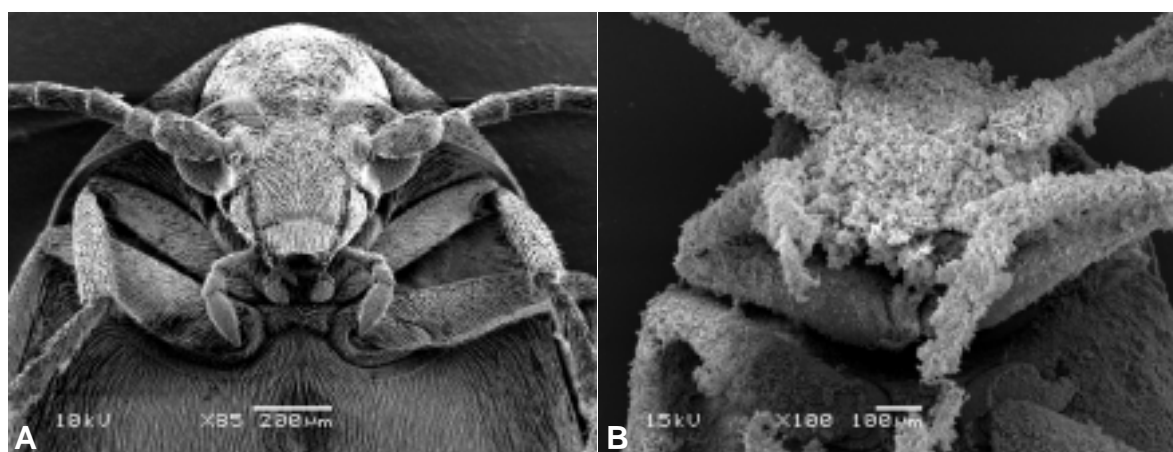


Figura 10. Micrografias em vista ventral da cabeça, protorax e mesotorax de *Z. subfasciatus*. (A) sem exposição à TD; (B) com exposição à TD.

2. Mortalidade, Fecundidade e Período de oviposição

O coeficiente de determinação (R^2) para a relação da mortalidade com a temperatura, para fêmeas e machos (Figuras 11 e 12), foi alto na testemunha e nas três concentrações de TD tanto para machos quanto para fêmeas. Observa-se que com o aumento da temperatura houve maior mortalidade, indicado pelo menor coeficiente de regressão ou maior inclinação da reta. Houve um aumento da sobrevivência em temperaturas mais baixas, mas que pode ser explicado pela redução do ritmo biológico do inseto, portanto apesar do tempo de vida ser maior o número de ovos por fêmeas foi bem menor (Figura 13). O grande aumento da mortalidade de *Z. subfasciatus* em feijão tratado com todas as concentrações de TD, mesmo a 15°C confirma que, apesar da redução na mobilidade, a TD é eficaz no controle deste inseto. Contrariando a afirmação de David & Gardiner (1950) que a mobilidade seja essencial para a eficácia deste produto.

O aumento da concentração de TD é seguramente responsável pela redução progressiva da sobrevivência dos insetos.

Nas temperaturas mais baixas, de 15 e 20°C, as médias de sobrevivência de fêmeas e machos nas concentrações de 0,75 e 1,00 g/kg de TD diferem significativamente das médias da testemunha em todos os dias, exceto no terceiro dia a 15°C (Tabelas 1, 2 e 3).

Nas temperaturas mais altas, 27 e 30°C, com o aumento do tempo de exposição à TD e a concentrações mais altas, observou-se uma tendência de aumento da mortalidade. Estas tabelas concordam com os dados de Pinto Jr. (1994) em que dosagens maiores requerem menor tempo de exposição do que dosagens menores para o controle eficiente deste inseto. Diferenças significativas foram observadas nas médias de mortalidade dos machos nestas temperaturas no terceiro dia de exposição enquanto que no quinto dia as diferenças foram significativas já a 15°C.

No terceiro dia a mortalidade de fêmeas e machos nas temperaturas de 27 e 30°C para os tratamentos com TD, foi de aproximadamente 60% para fêmeas, 90% para machos, 90% para fêmeas e 100% para machos respectivamente. No quinto dia de exposição não foram observadas diferenças significativas para as mortalidades de *Z. subfasciatus* nas temperaturas acima de 15°C e concentrações de 0,50; 0,75 e 1,00 g/kg de TD, exceto para fêmeas a 30°C nas concentrações de 0,75 e 1,00 onde a

mortalidade foi de 100%. Superior à encontrada por Pinto Jr. (1994) para *Acanthoscelides obtectus*, que foi de 81,2% para 5 dias de exposição. Já nas temperaturas de 15 e 20°C a mortalidade de fêmeas e machos na testemunha foi praticamente nula e nos tratamentos com 0,75 e 1,00 de TD ficou entre 40 e 50%.

No décimo dia a mortalidade foi de praticamente 100% para todas as temperaturas, em todas as concentrações de TD exceto na testemunha a 15 e 20°C em que a mortalidade de machos e fêmeas foi muito baixa. No vigésimo dia a tendência repete-se, mas há um aumento significativo da mortalidade na testemunha a 20°C para próximo de 87% para fêmeas e 93% para machos e a 15°C para acima de 33% para fêmeas e 56% para machos.

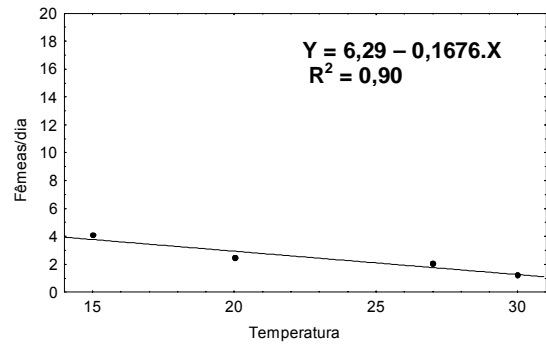
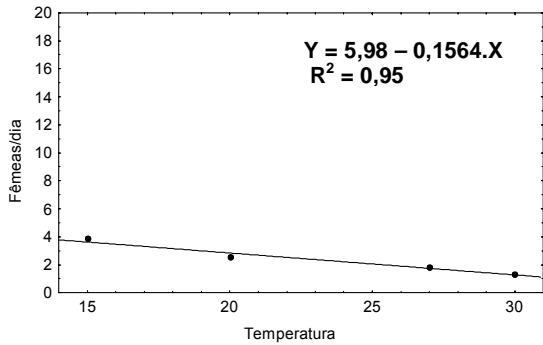
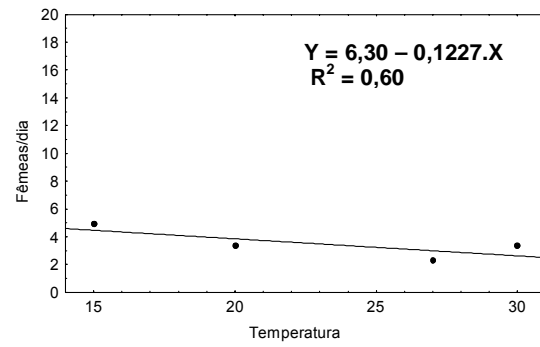
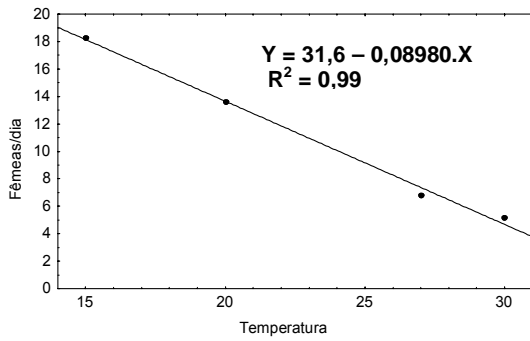


Figura 11. Sobrevivência diária de fêmeas de *Z. subfasciatus* em feijão carioca tratados com diferentes concentrações de terra de diatomácea e armazenados em diferentes temperaturas: (A) 0,00 g/kg de TD; (B) 0,50 g/kg de TD; (C) 0,75 g/kg de TD e (D) 1,00 g/kg de TD.

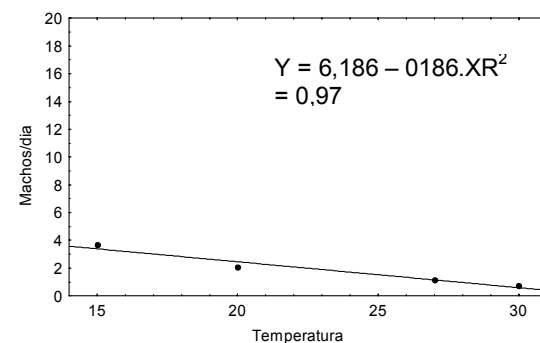
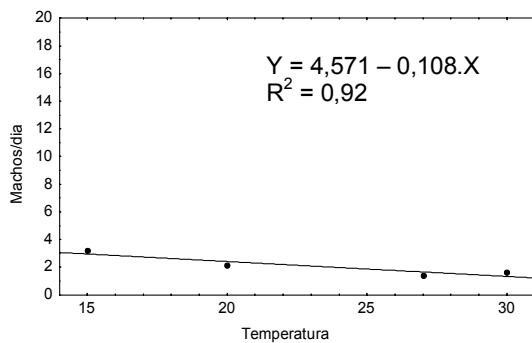
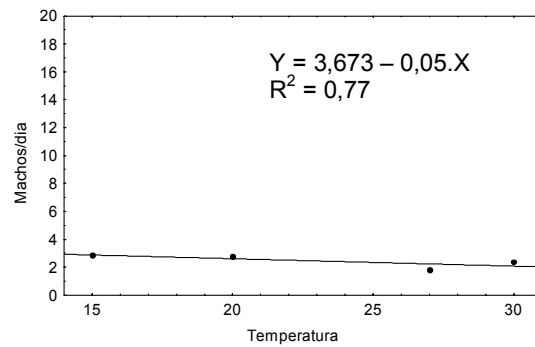
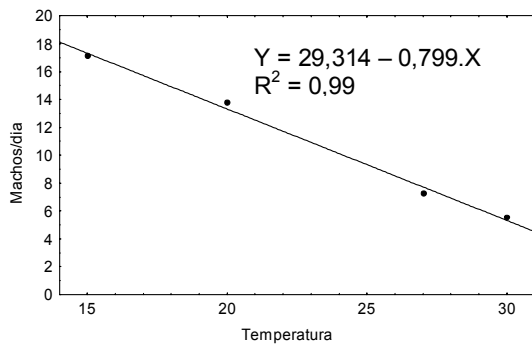


Figura 12. Sobrevivência diária de machos de *Z. subfasciatus* em feijão carioca tratados com diferentes concentrações de terra de diatomácea e armazenados em diferentes temperaturas: (A) 0,00 g/kg de TD; (B) 0,50 g/kg de TD; (C) 0,75 g/kg de TD e (D) 1,00 g/kg de TD.

Tabela 1. Porcentagem de mortalidade de fêmeas e machos de *Z. subfasciatus* até o terceiro dia de exposição a feijão com TD em diferentes concentrações.

TD (g/kg)	Temperatura (°C)							
	15		20		27		30	
	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos
0,00	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	3,40 a	13,40 a	3,40 a
0,50	6,60 a	20,00 b	0,00 a	0,00 a	50,00 b	86,60 b	33,40 b	53,40 b
0,75	0,00 a	0,00 a	40,00 b	53,40 b	70,00 b	90,00 b	96,60 c	100,00 c
1,00	10,00 a	6,60 a	40,00 b	56,60 b	73,40 b	90,00 b	83,40 c	100,00 c

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 2. Porcentagem de mortalidade de fêmeas e machos de *Z. subfasciatus* até o quinto dia de exposição a feijão com TD em diferentes concentrações.

TD (g/kg)	Temperatura (°C)							
	15		20		27		30	
	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos
0,00	3,40 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	3,40 a	20,00 a	10,00 a
0,50	13,40 ab	86,60 c	73,40 b	93,40 b	96,60 b	100,00 b	63,40 b	93,40 b
0,75	43,40 b	96,60 c	96,60 b	100,00 b	96,60 b	100,00 b	100,00 c	100,00 b
1,00	50,00 b	50,00 b	93,40 b	100,00 b	93,40 b	100,00 b	100,00 c	100,00 b

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 3. Porcentagem de mortalidade de fêmeas e machos de *Z. subfasciatus* até o décimo dia de exposição à feijão com TD em diferentes concentrações.

TD (g/kg)	Temperatura (°C)							
	15		20		27		30	
	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos
0,00	6,60 a	0,00 a	0,00 a	3,40 a	100,00 a	76,60 a	96,60 a	100,00 a
0,50	100,00 b	100,00 b	100,00 b	100,00 b	100,00 a	100,00 a	96,60 a	100,00 a
0,75	100,00 b	100,00 b	100,00 b	100,00 b	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
1,00	100,00 b	100,00 b	100,00 b	100,00 b	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5%.

Machos e fêmeas estão prontos para copular uma hora após a emergência e as fêmeas prontas para ovipor de duas a 30 horas após a cópula (Sari *et al.* 2003), portanto as fêmeas começam a colocar os ovos ainda no primeiro dia após a emergência, como pode ser verificado na Figura 13.

Quanto à fecundidade, na testemunha, nas temperaturas mais baixas (15°C e 20°C) o primeiro pico de oviposição ocorreu posteriormente ao pico de oviposição das temperaturas mais altas. Houve também um aumento do número de picos de oviposição (Figura 13). A 15°C o pico de oviposição foi ao quinto dia, mas o período de oviposição foi mais longo e o número de ovos foi muito inferior ao encontrado nas outras temperaturas. A 20°C o pico de oviposição ficou entre o terceiro e quinto dia. A distribuição dos ovos a 30°C com pico entre o quarto e quinto dias é sustentada por Howe & Currie (1964), Ferreira (1960) e Carvalho & Rossetto (1968), semelhante aos dados encontrados por Sari *et al.* (2003). Já a 27°C, há pico no segundo e terceiro dia.

Observa-se, com base nas Figuras 13, 14, 15 e 16, a redução progressiva do número de ovos, do número de picos e do período de oviposição com o aumento da concentração de TD. Na Figura 13, sem tratamento com TD, o menor número de ovos é 52 a 15°C e o maior acima de 260 a 27°C. Já na Figura 16, com 1,00 g de TD/kg o maior número de ovos é aproximadamente 46 a 27°C.

Através da análise de regressão, os coeficientes apresentados na Figura 17 A, B, C e D, indicam que o número de ovos tem relação positiva em todos os tratamentos e há grande redução do número de ovos com o aumento da concentração de TD.

Na Figura 17 A, o R^2 de 0,70 indica uma relação positiva e alta. O número de ovos é bastante alto em todas as temperaturas, sendo sempre maior a 27°C. Esta temperatura é indicada como ótima para oviposição de *Z. subfasciatus* por Dendy & Credland (1991) e Howe & Currie (1964), apesar de Howe & Currie (1964) e Zacher (1930, apud. Howe & Currie 1964) afirmarem que a temperatura ótima para o desenvolvimento deste inseto é de 32,5 e 31,6°C, respectivamente. Já Decheco & Ortiz (1987) afirmam que o ótimo está entre 27 e 30°C.

Na Figura 17 B, C e D o R^2 reduz para 0,63; 0,48 e 0,31, respectivamente, assim como o número de ovos. Nestes tratamentos a temperatura de 27°C continua apresentando o maior número de ovos. Para B, a correlação continua boa, mas para C e D, a temperatura influencia muito pouco no número de ovos. Portanto com o aumento da concentração de TD, esta passa a ter maior influência na oviposição.

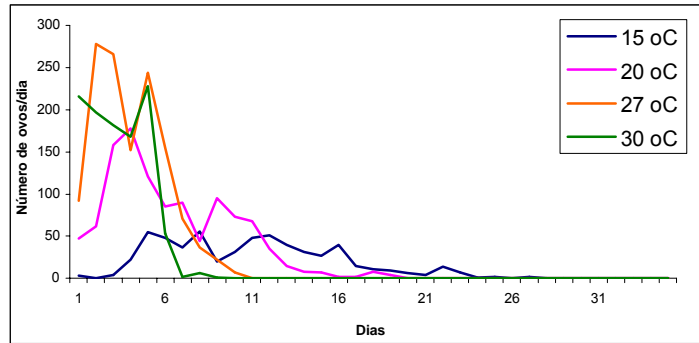


Figura 13. Fecundidade de *Z. subfasciatus*, em feijão em diferentes temperaturas TD.

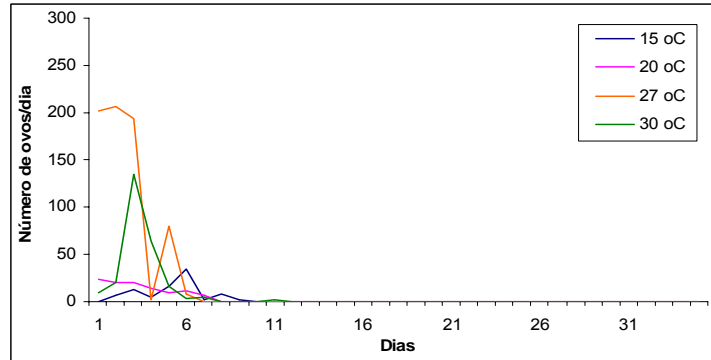


Figura 14. Fecundidade de *Z. subfasciatus*, em feijão em diferentes temperaturas com 0,50 g de TD/kg.

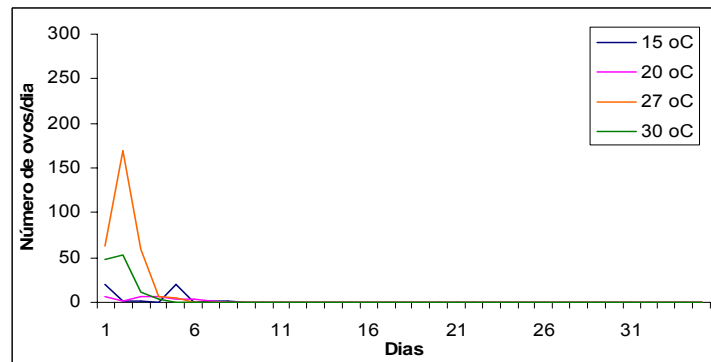


Figura 15. Fecundidade de *Z. subfasciatus*, em feijão em diferentes temperaturas com 0,75 g de TD/kg.

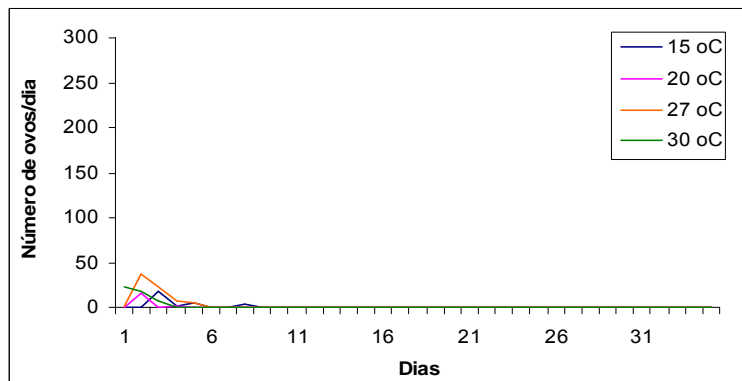


Figura 16. Fecundidade de *Z. subfasciatus*, em feijão em diferentes temperaturas com 1,00 g de TD/kg.

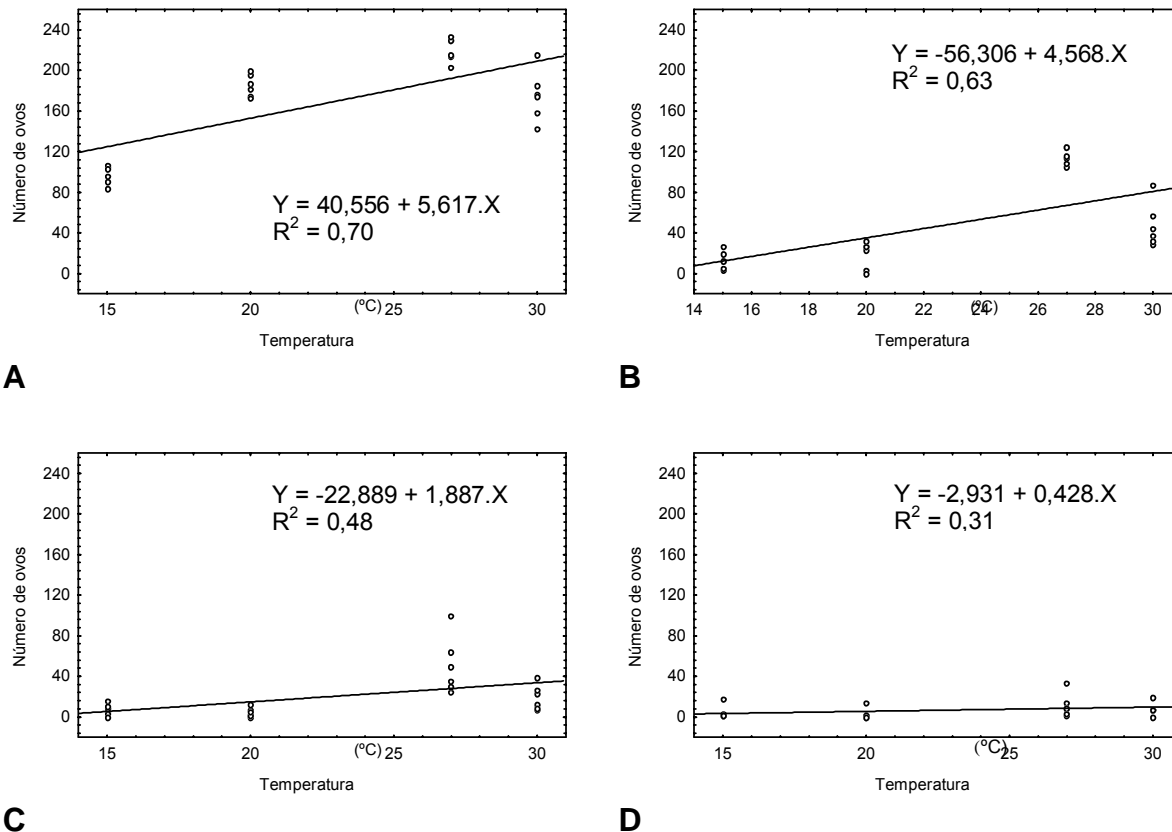


Figura 17. Fecundidade de *Z. subfasciatus*, em grãos de feijão carioca em diferentes temperaturas tratados com diferentes concentrações de terra de diatomácea e armazenados: (A) 0,00 g/kg de TD; (B) 0,50 g/kg de TD; (C) 0,75 g/kg de TD e (D) 1,00 g/kg de TD.

Observa-se nas Tabelas 4, 5 e 6 que as maiores médias foram encontradas a 27°C para todas as concentrações de TD em todos os dias. Fato sustentado por Howe & Currie (1964) que indicam que a melhor faixa de temperatura para oviposição de *Z. subfasciatus* fica entre 25 e 30°C.

Nas temperaturas de 27 e 30°C houve maior mortalidade, entretanto foram observados em todos os dias de exposição à TD que nestas temperaturas a média do número de ovos foi alta, principalmente a 27°C na concentração de 0,50 de TD. Nestas temperaturas verifica-se que as médias dos ovos na testemunha e com 0,50 g de TD/kg diferem significativamente das médias com 1,00 TD. A 15 e 20°C houve diferença significativa entre as médias de ovos da testemunha e dos tratamentos com TD; exceto a 15°C no terceiro dia. Nestas temperaturas as menores médias foram encontradas a

15°C na testemunha e com 0,50 g de TD/kg e a 20°C nas concentrações de 0,75 e 1,00 de TD.

Em todos os dias no tratamento com 1,00 TD, o número de ovos foi muito baixo e não houve diferença significativa entre as temperaturas, ou seja, independente da temperatura a TD mantém o número de ovos baixo. Já para 0,75 TD houve diferença significativa entre a média de ovos entre as diferentes temperaturas, mas em todos os dias o número médio de ovos também foi baixo.

Na testemunha, as médias a 15°C são diferentes das de 20°C que são diferentes das de 27 e 30°C em todos os dias. Já na concentração de 0,50 TD não há diferença entre as médias do número de ovos a 15 e 20°C, mas estes são diferentes de 27 e 30°C em todos os dias. Na concentração de 0,75 TD não houve diferença entre 15 e 20° mas estes foram diferentes significativamente de 27°C.

A análise de regressão (Figura 18 A) indica alta influência da temperatura no período de oviposição das fêmeas de *Z. subfasciatus*. No entanto a Figura 18 B, C e D indica que com o aumento da concentração de TD, esta passa a ser o fator determinante anulando quase que por completo (Figura 18 C e D) o efeito da temperatura no período de oviposição.

Tabela 4. Número médio de ovos de *Z. subfasciatus* após o terceiro dia de exposição a diferentes concentrações de TD em diferentes temperaturas.

Concentração de TD (g/kg)	Temperatura (°C)			
	15	20	27	30
0,00	1,17 a A	44,50 b B	106,00 c C	119,00 b C
0,50	3,00 a A	10,83 a A	100,33 c C	27,50 b B
0,75	3,83 a A	2,33 a A	48,83 b C	18,33 b B
1,00	3,00 a A	2,50 a A	10,00 a A	7,83 a A

Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Número médio de ovos de *Z. subfasciatus* após o quinto dia de exposição a diferentes concentrações de TD em diferentes temperaturas.

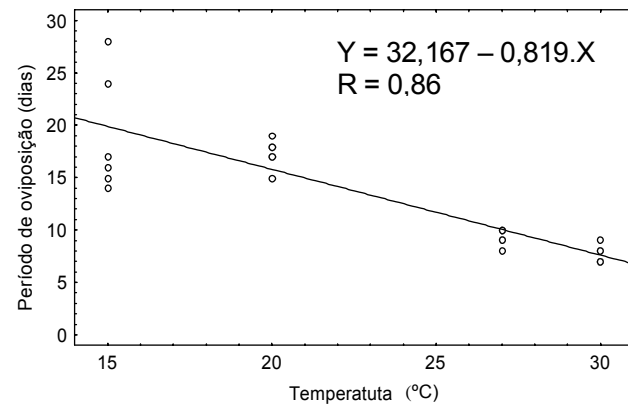
Concentração de TD (g/kg)	Temperatura (°C)			
	15	20	27	30
0,00	14,00 b A	94,33 b B	172,00 d C	165,17 c C
0,50	6,17 a A	14,67 a A	113,83 c C	43,67 b B
0,75	6,67 a A	3,83 a A	50,67 b B	18,33 a A
1,00	4,00 a A	2,83 a A	12,00 a A	9,33 a A

Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

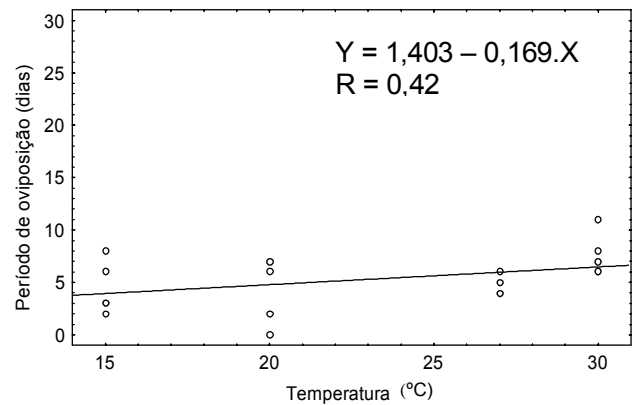
Tabela 6. Número médio de ovos de *Z. subfasciatus* após o décimo dia de exposição a diferentes concentrações de TD em diferentes temperaturas.

Concentração de TD (g/kg)	Temperatura (°C)			
	15	20	27	30
0,00	46,17 b A	158,83 b B	220,67 d C	175,55 c BC
0,50	13,50 a A	16,30 a A	115,17 c C	47,50 b B
0,75	7,67 a A	4,67 a A	50,67 b B	18,33 b A
1,00	4,50 a A	2,83 a A	12,00 a A	9,33 a A

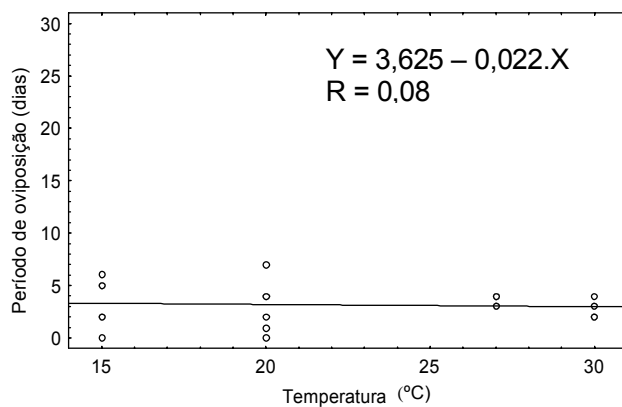
Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



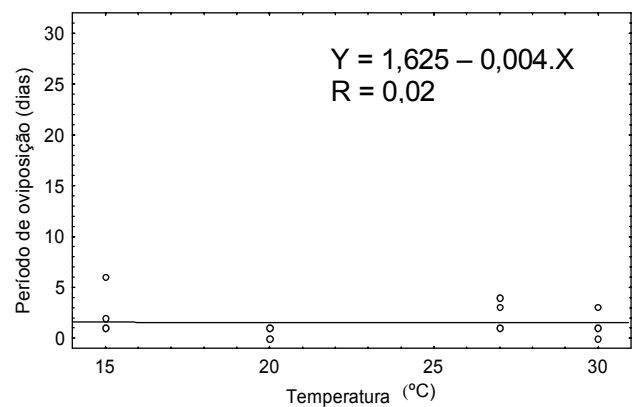
A



B



C



D

Figura 18. Período de oviposição de fêmeas de *Z. subfasciatus* em feijão carioca em diferentes temperaturas tratados com diferentes concentrações de terra de diatomácea e armazenados: (A) 0,0 g/kg de TD; (B) 0,50 g/kg de TD; (C) 0,75 g/kg de TD e (D) 1,00 g/kg de TD.

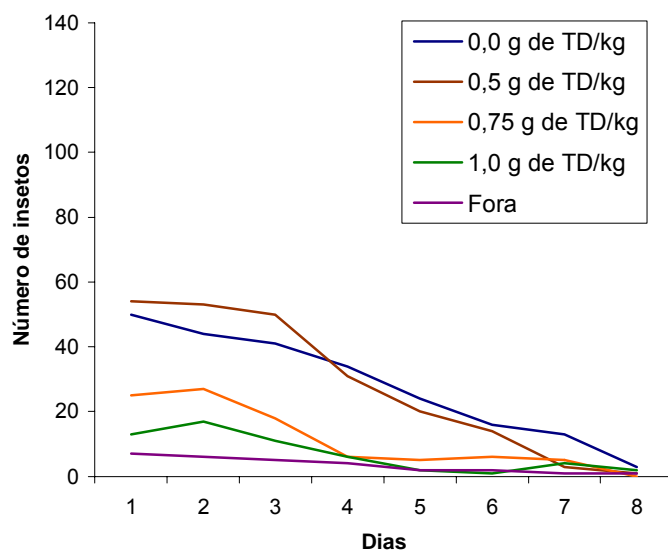
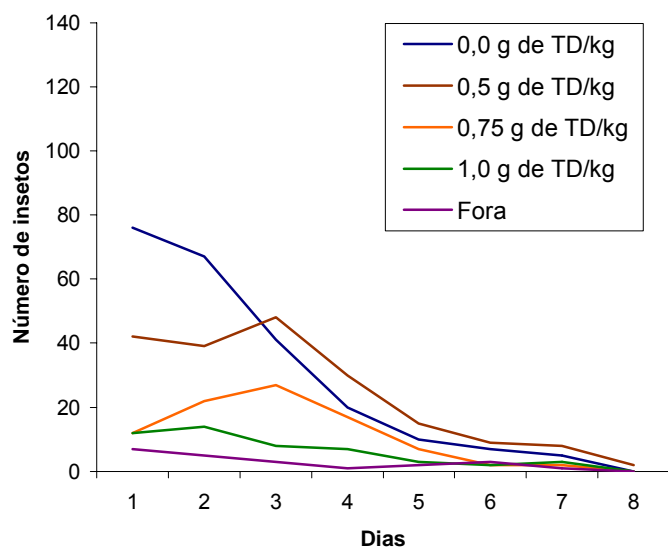
3. Teste de repelência

Na arena com chance de escolha há diferença entre a preferência de machos e fêmeas. Os machos encontram-se principalmente a 0,00 g de TD/kg enquanto que para as fêmeas encontram-se entre 0,00 e 0,50 g de TD/kg (Tabela 7 e Figura 19). Observa-se que a oviposição ocorreu principalmente na testemunha e na concentração de 0,50 g de TD/kg; foi muito baixa nas concentrações de 0,75 e 1,00 g de TD/kg e nula na porção de Fora (Figura 20).

Tabela 7. Número de machos, fêmeas e ovos de *Z. subfasciatus* em feijão tratado e não tratado com TD em teste com chance de escolha após 24 horas.

Concentrações de TD (g/kg)	Fêmeas	Machos
Fora	2,33	2,37
0,00	5,55 *	8,44 *
0,50	6,00 *	4,66 ^{ns}
0,75	2,77 ^{ns}	1,33 ^{ns}
1,00	1,44 ^{ns}	1,33 ^{ns}

* (difere) e ^{ns} (não difere) estatisticamente do demais tratamentos pelo teste de Dunnett ao nível de 5%.



A

B

Figura 19. Número de *Z. subfasciatus* em cada tratamento até 100% de mortalidade.

(A) Machos; (B) Fêmeas

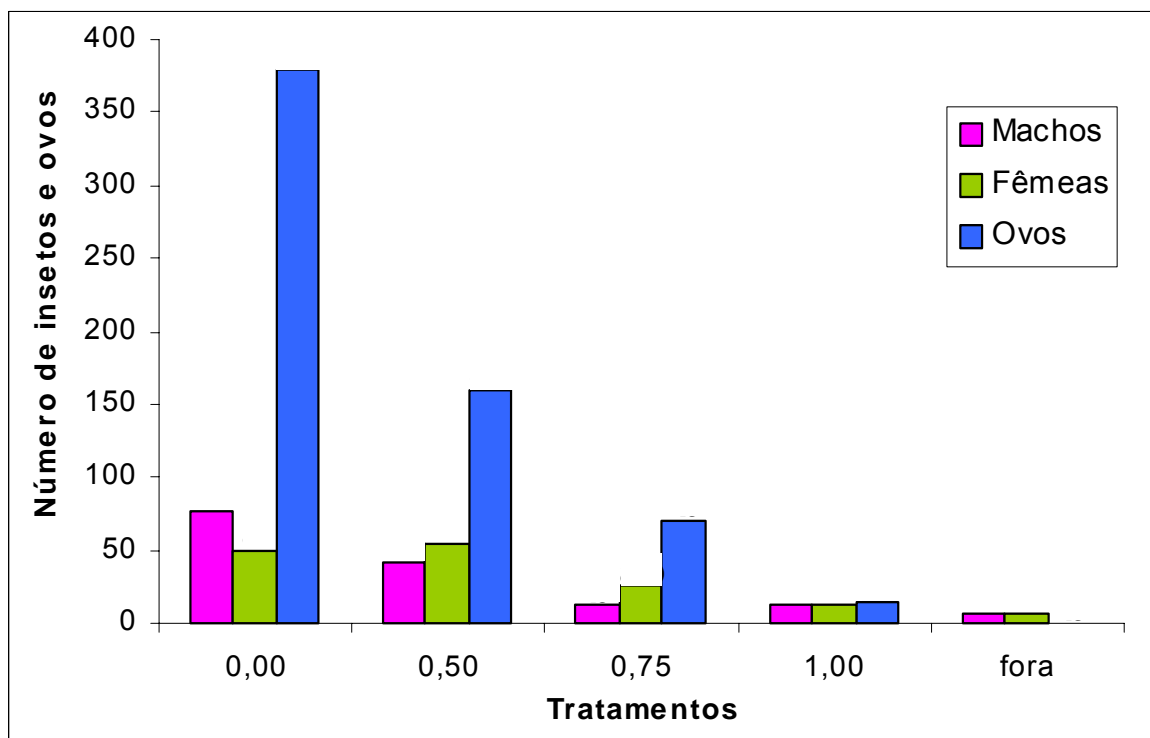


Figura 20. Número de machos, fêmeas e ovos de *Z. subfasciatus* em feijão tratado e não tratado com TD em teste com chance de escolha após 24 horas.

O índice de repelência (IR) inferior a 1, indica que todas as concentrações de TD foram repelentes ao *Z. subfasciatus* e que a repelência aumenta com o aumento da concentração de TD (Tabela 8). Baseando-se no IR, observamos que a concentração de 0,50 g de TD/kg não é repelente para as fêmeas, mas é repelente para os machos, entretanto não há diferença significativa, como observado na análise anterior. Observa-se que as concentrações de 0,75 e 1,00 g de TD/kg são mais repelentes para os machos do que para as fêmeas. O IR indica que a repelência é crescente com o aumento da concentração de TD e que a parte interna da arena, com exceção dos frascos com feijão, considerado “fora” na análise, apresentou o menor índice de repelência. Observando-se que o número de insetos no segundo e terceiro dias aumentou nos frascos com feijão tratado com TD porém não houve aumento nos frascos sem TD e na área da arena considerada fora, confirmando, portanto os valores obtidos pelo IR.

A Tabela 7 mostra que não há diferença significativa entre a repelência de 1,00 e de 0,75 g de TD/kg com o fora. A concentração de 0,50 g de TD/kg difere

significativamente do Fora para as fêmeas, mas não para os machos, indicando maior repelência para os machos do que para as fêmeas. O feijão, apesar de repelente, continua exercendo alguma atração ao *Z. subfasciatus* mesmo quando tratado com TD, diferente do que ocorre com outros insetos. *Sitophilus zeamais* e *S. oryzae* são repelidos pela TD, permitindo que sejam tratadas apenas as camadas superior e inferior dos grãos armazenados, evitando-se a entrada de insetos e reduzindo os custos de aplicação da TD (Pinto Jr. 1994).

Tabela 8. Índice de repelência para fêmeas e machos a feijão tratado com diferentes concentrações de TD.

Concentração de TD (g/kg)	IR Fêmeas	IR Machos
0,50	1,038	0,712
0,75	0,667	0,273
1,00	0,413	0,273
Fora	0,246	0,169

Observa-se na Tabela 9 as médias de fêmeas e machos encontradas na testemunha e nas três concentrações de TD/kg no primeiro, terceiro e sexto dia do teste com chance de escolha. Nesta tabela as médias de fêmeas e de machos encontradas na testemunha TD/kg no primeiro dia de exposição não diferiram significativamente entre si exceto para o parâmetro Fora e no terceiro dia para os machos com 0,75 g/Kg de TD.

Tabela 9. Porcentagem de mortalidade de fêmeas e machos no primeiro, terceiro e sexto dia em teste com chance de escolha em arena com feijão tratado com três concentrações de TD.

Datas (dias)	Concentração de TD (g/kg)									
	0,00		0,50		0,75		1,00		Fora	
	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos
Primeiro	15,35 a	23,31 a	16,57 a	12,90 a	7,68 a	3,67 a	3,98 a	3,67 a	6,43 a	6,43 ab
Terceiro	15,31 a	15,31 a	18,66 a	17,89 a	6,71 a	10,01 b	4,09 a	3,00 a	5,61 a	3,36 a
Sexto	22,22 a	9,74 a	19,48 a	12,48 a	8,36 a	2,75 a	1,37 a	2,75 a	8,36 a	12,48 b

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

4. Teste de umidade

A infestação de feijão por *Z. subfasciatus* causa danos qualitativos diretos e indiretos, mesmo quando armazenado por curtos períodos. Na Tabela 10 observou-se o aumento de 1°C e 1% de UR em 90 dias de armazenamento. O aumento da umidade e temperatura do grão apresenta um ambiente propício para o desenvolvimento fúngico (Lazzari 1997).

Tabela 10. Umidade e temperatura média de grãos de feijão não infestados (testemunha) e infestados com 10 casais de *Z. subfasciatus*, armazenados por 90 dias em temperatura ambiente (entre 22 e 29°C) com umidade variando de 45 a 80%.

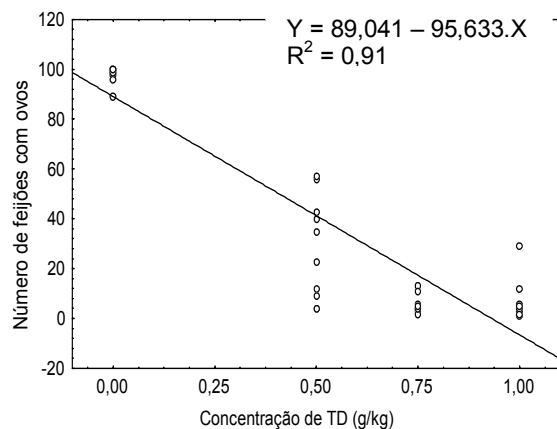
	Umidade (%)	Temperatura (°C)
Testemunha	15,0 a	25,9 a
Feijão infestado	17,5 b	26,8 b

Tratamentos seguidos por letras minúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

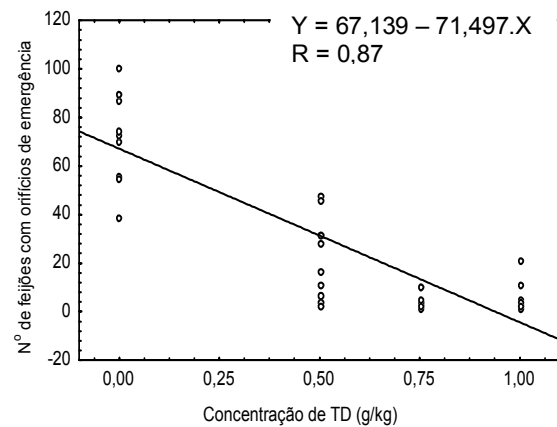
5. Teste de alteração de peso, número de ovos, adultos emergidos e orifícios de emergência em feijão tratado com diferentes concentrações de TD e infestado por *Z. subfasciatus*

A perda de peso e da qualidade do feijão sob ataque de *Z. subfasciatus* e sem tratamento contra insetos é alterada, mesmo em curtos períodos de armazenamento. Portanto foram realizados experimentos para avaliar se a TD evita essas perdas.

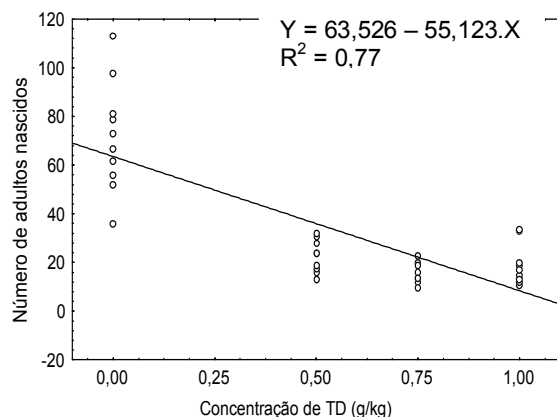
Quando analisados o número de ovos, orifícios de emergência, adultos emergidos e perda de peso de 100 grãos de feijão sob ataque de *Z. subfasciatus* através da análise de regressão em diferentes concentrações de TD, o coeficiente de regressão mostrou-se positivo e alto para todos os parâmetros, indicando alta influência da TD na redução das perdas por *Z. subfasciatus* (Figura 21).



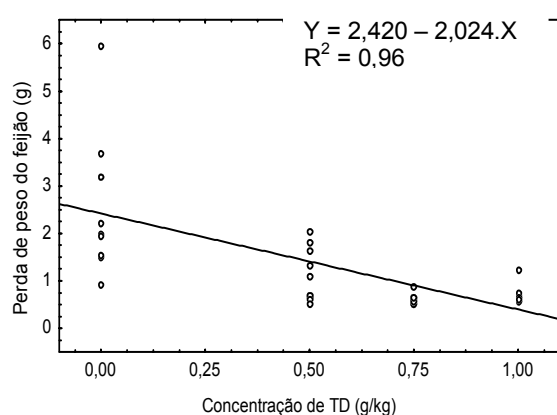
A



B



C



D

Figura 21. Número de ovos, orifícios de emergência, adultos emergidos e perda de peso de 100 grãos de feijão sob ataque de *Z. subfasciatus* em diferentes concentrações de TD.

Para classificação como Tipo I, portaria do MAA nº 161/87, é permitido apenas 1,75% de grãos de feijão carunchados. Acima de 7,0% o feijão só pode ser classificado como abaixo do padrão. Grãos carunchados são grãos inteiros, partidos ou quebrados, que se apresentam danificados por carunchos em qualquer de suas fases de desenvolvimento e seus efeitos, como ovos e perfurações (Ferreira 2002). Como observado na Tabela 11, o feijão sem tratamento ultrapassa este limite em 45 dias, podendo ser classificado apenas como abaixo do padrão.

Ao contrário dos resultados obtidos por Pinto Jr. (1994) para *Acanthoscelides obtectus*, houve, mesmo que um número baixo de insetos, sucessão de gerações para *Z. subfasciatus* em todas as concentrações de TD (Tabela 11).

Houve diferença significativa entre a perda de peso com 0,00 com 0,50, 0,75 e 1,00 g de TD/kg. O número de feijões com ovos e com orifícios tratados na testemunha e com 0,50 g de TD/kg não diferem entre si, mas diferem com o feijão tratado com 0,75 e 1,00 g de TD/kg.

Tabela 11. Perda de peso de 100 grãos de feijão, do grupo carioca variedade Juriti, tratados com terra de diatomácea e infestados com 10 casais de *Z. subfasciatus*, após 45 dias de armazenamento a 27°C e 70±10% de UR e escotofase total.

Concentração de TD (g/kg)	Perda de peso final (g)	Nº de feijões com ovos	Nº de feijões com janelas	Nº de adultos nascidos
0,00	2,627 a	98,1 a	73,5 a	61,7 a
0,50	1,118 b	28,3 ab	22,7 ab	12,2 b
0,75	0,637 b	5,8 bc	4,6 bc	6,7 b
1,00	0,697 b	6,4 bc	5,1 bc	8,1 b

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

Os resultados desta pesquisa representam o primeiro relato do uso de terra de diatomácea no controle de *Zabrotes subfasciatus*.

1. A terra de diatomácea mostrou-se como um método eficiente de controle de *Zabrotes subfasciatus*, uma das principais pragas de feijões em armazenamento.
2. A TD adere-se de modo eficiente ao grão de feijão e ao corpo de *Zabrotes subfasciatus*.
3. A repelência do *Z. subfasciatus* ao feijão tratado com TD é baixa.
4. Há menor perda de peso, menor número de feijões com ovos, com orifícios de emergência e número de adultos emergidos em feijão tratado com TD em comparação ao não tratado.
5. A infestação de *Z. subfasciatus* altera a umidade e a temperatura do grão de feijão.

BIBLIOGRAFIA

- ALDRYHIM, Y. M. 1990. Efficacy of amorphous silica dust, Drycide, against *Tribolium confusum* Dew. and *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Tenebrionidae and Curculionidae). **Journal of Stored Products Research** **26**: 207-210.
- ALDRYHIM, Y. M. 1993. Combination of classes of wheat and environmental factors affecting the efficacy of amorphous silica dust, Drycide®, against *Rhysopertha dominica* (F.). **Journal of Stored Products Research** **29**: 271-275.
- BECKEL, H. D. S. 2004. Resistência de populações de *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae) a inseticidas piretróides e organofosforados, em trigo armazenado. Tese de doutorado, área de concentração em Entomologia, Universidade Federal do Paraná. 103 p.
- CHIU, S. F. 1939. Toxicity studies of so-called “inert” materials with the bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* (Say). **Journal of Economic Entomology** **32**: 240-248.
- CARVALHO, R. P. L. & C. J. ROSSETTO. 1968. Biologia de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleóptera, Bruchidae). **Revista Brasileira de Entomologia** **13**. p. 105-117.
- DAVID, W. A. L. & B. O. C. GARDINER. 1950. Factors influencing the action of dust insecticides. **Bulletin of Entomological Research** **41**: 1-61.
- DECHECO, A & M. ORTIZ. 1987. Influencia da la temperature sobre el “Gorgojo Del Frijol” *Zabrotes subfasciatus*. **Revista Peruana de Entomologia** **30**: 30-40.
- DENDY, J. & P. F. CREDLAND. 1991. Development, fecundity and egg dispersion of *Zabrotes subfasciatus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** **59**:9-17.

- DUPCHAK, L. M.; LAZZARI, S. M. N.; LAZZARI, F. A.; *et al.* 1996. Efeito de diferentes dosagens de pós inertes no controle de *Sitophilus* spp. (Col.: Curculionidae) e *Rhizopertha dominica* (Col.: Bostrichidae) em sementes de milho armazenadas. *In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 21. Resumos.* Londrina IAPAR p. 284.
- EBELING, W.; R. E. WAGNER & D. A. REIERSON. 1966. Influence of repellency on the efficacy of blatticides. I. Learned modification of behavior of the German cockroach. **Journal of Economic Entomology** **59**: 1374-88.
- EBELING, W. 1971. Sorptive dusts for pest control. **Annual Review of Entomology** **16**: 123-158.
- FERREIRA, A. M. 1960. Subsídios para o estudo de uma praga do feijão (*Zabrotes subfasciatus* Boh. – Coleoptera, Bruchidae) dos climas tropicais. **Garcia de Orta** **8**: (3) 559-581.
- FERREIRA, S, M, R. 2002. **Controle da qualidade em sistemas de alimentação coletiva I.** Editora Varela. São Paulo 173 p.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S. *et al.* 2002. **Entomologia Agrícola.** Piracicaba, FEALQ, 920p.
- GOLOB, P. & A. KILMINSTER. 1982. The biology and control of *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae) infesting red kidney beans. **Journal of Stored Products Research** **18**: 95-101.
- HOHMANN, C. L. & S. M. CARVALHO. 1989. Pragas e seu controle, p.217-246. *In: S. M. CARVALHO; R, G. CARNEIRO; E. J. MARIOT; L. C. ASSUNPÇÃO; R. P. L. JUNIOR; L. R. PEREIRA; D. R. S. SIQUEIRA; R. HAUAGGE & S. R. POSTIGLIONI (Eds.) O Feijão no Paraná.* Londrina IAPAR Circular 63, 303p.

- HOWE, R. W. & J. E. CURRIE. 1964. Some laboratory observations on the rates of development, mortality and oviposition of several species of Bruchidae breeding in stored pulses. **Bulletin of Entomological Research** **55**: 437-477.
- JAYAS, D. S.; N. D. G. WHITE & W. E. MUIR. 1995. **Stored Grain Ecosystems**. New York: Marcel Dekker, 757p.
- KISTLER, R. A. 1985. Host-age structure and parasitism in a laboratory system of two hymenopterous parasitoids and larvae of *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae). **Environmental Entomology** **14**: 507-511.
- KOGAN, M. & R. D. GOEDEN. 1970. The host-plant range of *Iema trilinea daturaphila* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Annals of the Entomological Society of America** **63**: 1175-1180.
- KORUNIC, Z. 1998. Review diatomaceous earths, a group of natural insecticides. **Journal of Stored Products Research** v. **34**: (2-3) 87-97.
- LAZZARI, F.A. 1997. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2^a ed. Ed. autor, Curitiba, 140 p.
- LIN, H.; KOGAN, M. & D. FISCHER. 1990. Induced resistance in soybeans to the Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinelidae): comparisons of inducing factors. **Environmental Entomology** **19**: (6) 1852-1857
- LORINI, I. 1997. **Insecticide resistance in *Rhyzopertha dominica* (fabricius) (Coleoptera: Bostrychidae), a pest of stored grain**. London, 1997. Thesis. University of London. 166 p.

- LORINI, I; MORÁS, A. & H. BECKEL. 2002. Pós inertes no controle das principais pragas de grãos armazenados. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento da EMBRAPA 8**: 1-35.
- MAZZONETTO, F. 2002. Efeito de genótipos de feijoeiro e de pós de origem vegetal sobre *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) e *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Col.: Bruchidae). Tese de Doutorado, área de concentração em Entomologia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 134 p.
- MAZZONETTO, F. & J. D. VENDRAMIM. 2003. Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. **Neotropical Entomology 32**: (1) 145-149.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. 2005. <http://www.agricultura.gov.br> Consultado em 11 de junho de 2005
- MOREIRA, R. 1994. Aeration of grains using natural and chilled air, p. 177-196. *In*. International Symposium on Grain Conservation, Drying and Storage. **Proceedings**. Canela, RS, 522 p.
- NICKSON, P. J.; J. M. DESMAECHELIER & P. GIBBS. 1994. Combination of cooling with a surface application of Drycide to control insects. *In*: International Working Conference on Stored Product Protection (Canberra, Australia). **Proceedings, 6th International Working Conference on Stored Product Protection (2)**: 646-649.
- OLIVEIRA, A. M.; PAVOCA, B. E.; SUDO, S.; ROCHA, A. C. M. & D. F. BARCELLOS. 1979. Incidência de *Zabrotes subfasciatus* Boheman, 1833 e *Acanthoscelides obtectus* Say, 1831 em diversas cultivares de feijão armazenado (Col., Bruchidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 8**: (1) 47-55.

- OLIVEIRA, J. V. & J. D. VENDRAMIM. 1999. Repelência de óleos essenciais e pós vegetais sobre adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera, Bruchidae) em sementes de feijoeiro. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 28: (3) 549-555.
- PARKIN, E. A. & G. T. BILLS. 1956. Insecticidal dusts for the production of stored peas and beans against Bruchid infestation. **Bulletin of Entomological Research** 26: (3) 625-641.
- PINTO Jr., A. R. 1994. **Uso de pós inertes no controle de insetos de grãos armazenados**. 80 p. Tese (Mestrado em Entomologia) – Setor de Ciências Biológicas, UFPR.
- PINTO Jr., A. R. 1999. **Utilização de terra diatomácea no controle de pragas de armazenamento e domissanitárias**. Tese de Doutorado, área de concentração em Entomologia, Universidade Federal do Paraná. 114p.
- ROMERO, J. & C. D. JOHNSON. 2000. Revision of the genus *Zabrotes* Horn of Mexico (Coleoptera: Bruchidae: Amblycerinae). **Transactions of the American Entomological Society** 126: (2) 221-274.
- SARI, L. T.; RIBEIRO-COSTA, C. S. & P. R. V. S. PEREIRA. 2003. Aspectos biológicos de *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann, 1833) (Coleoptera, Bruchidae) em *Phaseolus vulgaris* L., cv. Carioca (Fabacea), sob condições de laboratório. **Revista Brasileira de Entomologia** 47: (4) 621-624.
- SUBRAMANYAM, B. & R. ROESLI. 2000. Inert dusts, p. 321-380. *In* SUBRAMANYAM, B. & HAGSTRUM, D. W. **Alternatives to pesticides in stored-product IPM**. Norwell, Massachusetts, Kluwer Academic Publishers, XV+437 p.

- TEIXEIRA, L. R. V. & F. S. ZUCOLOTO. 2003. Seed suitability and oviposition behaviour of wild and selected populations of *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae) on different hosts. **Journal of Stored Products Research** **39**: 131-140.
- WANDERLEY, V. S.; OLIVEIRA, J. V. & M. L. ANDRADE Jr. 1997. Resistência de cultivares e linhagens de *Phaseolus vulgaris* L. a *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** **26**: (2) 315-320.
- WHITE, N. D. G. & LOSHIAVO. 1989. Factors affecting survival of the merchant grain beetle (Coleoptera: Cucujidae) and the confused flour beetle (Coleoptera: tenebrionidae) exposed to silica aerogel. **Economical Entomology** **82**: 960-969.
- ZACHER, F. 1930. Untersuchungen zur Morphologie und Biologie der Samenkafer (Bruchidae – Lariidae). – Arb. Biol. Reichsanst., Berlin 18 pp. 233-384. Apud. HOWE, R. W. & J. E. CURRIE. 1964. Some laboratory observations on the rates of development, mortality and oviposition of several species of Bruchidae breeding in stored pulses. **Bulletin of Entomological Research** **55**: 437-477.

CAPÍTULO II

Efeito do tratamento de *Phaseolus vulgaris* Linnaeus, 1753 (Fabaceae) com terra de diatomácea para o controle de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) sobre a qualidade sensorial, intenção de consumo, contaminação, germinação e vigor do feijão

INTRODUÇÃO

O feijão, *Phaseolus vulgaris* Linnaeus, 1753 (Fabaceae), é a leguminosa de maior importância como fonte de proteína vegetal, tendo alto consumo per capita, 16 kg/habitante/ano, no Brasil (CONAB, 2005). Segundo a CONAB (2005), o Brasil é o segundo maior produtor mundial desta leguminosa, com uma área plantada, na safra 2004/2005, de 3.910,4 mil hectares e uma produção total de 2.837,5 mil toneladas. O Paraná é o maior produtor nacional, participando com 20 a 25% do total produzido, alcançando produtividades acima de 2000 kg/ha em lavouras mais tecnificadas.

Para o incremento da produtividade na cultura do feijão a qualidade das sementes plantadas é essencial. Vários aspectos estão envolvidos na qualidade das sementes, como os aspectos genético, físico, fisiológico e sanitário. A qualidade fisiológica indica a capacidade que as sementes apresentam de germinar e estabelecer uma população de plantas vigorosas. Este é, sem dúvida, o quesito considerado mais importante pelos produtores, pois sementes sem qualidade fisiológica não são adequadas.

As principais pragas do feijão armazenado são os carunchos-do-feijão *Acanthoscelides obtectus* (Say 1831) e *Zabrotes subfasciatus* (Boheman 1833) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae). *A. obtectus* pode infestar o feijão a campo ovipositando sobre vagens, enquanto que as infestações de *Z. subfasciatus* normalmente se iniciam no armazém, pois as fêmeas deste inseto ovipositam somente sobre grãos.

Os insetos pragas de produtos armazenados causam perdas sérias quando medidas de controle adequadas não são implementadas. Diversos inseticidas têm sido utilizados, mas nem sempre são eficientes para exterminar as pragas ou para evitar a re-infestação, podendo resultar em problemas de resistência (Lorini 1997).

A terra de diatomácea (TD) apresenta um grande potencial para uso no controle de pragas em produtos que não aceitam a aplicação de inseticidas (Pinto Jr. 1999; Subramanyam & Roesli 2000; Jayas *et al.* 1995; Banks & Fields 1995). As partículas de TD são compostas por carapaças de algas diatomáceas que são constituídas de dióxido de sílica. Este componente se adere à epicutícula dos insetos por carga eletrostática e atua por abrasão e adsorção dos lipídios epicuticulares, resultando na morte dos insetos por desidratação (Ebeling *et al.* 1966).

A TD quando aplicada recobre totalmente o grão, deixando-o com um aspecto menos brilhante. Este aspecto difere muito do feijão que é oferecido para venda, e que é desejado pelo consumidor que considera o feijão mais claro e mais brilhante como um feijão mais novo e com menor tempo de cocção.

Devido à alta superfície de contato, porosidade e capacidade higroscópica, a TD tem a capacidade de absorver três vezes sua massa em gordura (Le Patourel *et al.* 1989), sendo possível que a TD retire água do grão ressecando-o, ou absorva umidade da atmosfera que pode ser transferida por osmose para o grão, alterando de alguma maneira características como germinação, vigor e qualidade sensorial.

Por não promover o desenvolvimento da resistência dos insetos, devido ao seu modo de ação, por ter um efeito residual duradouro e não deixar resíduos tóxicos, a TD apresenta diversas vantagens sobre os inseticidas químicos. A TD apresenta baixa toxicidade para mamíferos DL₅₀ de 3160 mg/kg. Nos Estados Unidos é reconhecida como segura pelo “United States Food and Drug Administration” (FDA), sendo inclusive registrada como aditivo alimentar 21 CFR 182,90, 182.1711 (Jayas *et al.* 1995).

Algumas doenças como silicoses e outras respiratórias como enfisema e pneumocose podem resultar da inalação de sílica cristalina (tratada por exposição a altas temperaturas) (Quarles 1992), porém a sílica amorfa apresenta danos mínimos à saúde quando inalada. Ratos expostos a uma dosagem de 5 a 80 mg de TD natural apresentaram baixa reação ao produto (Pinto Jr. 1999).

Com o crescente acesso e disponibilidade de informação, o aumento do nível de escolaridade (IBGE 2005), e da preocupação da população com a qualidade e segurança do alimento que está ingerindo e oferecendo à sua família, o consumidor está cada vez mais consciente, exercendo com naturalidade seus direitos, exigindo competência, qualidade técnica e inovação tecnológica na produção de alimentos (Ota *et al.* 2002).

As informações a respeito de alimentos benéficos e seguros estão ganhando ênfase em todos os meios de comunicação. Já é grande a troca de hortaliças convencionais pelas orgânicas, por exemplo, indicando que o consumidor está inclusive disposto a pagar mais por um produto mais saudável e seguro.

Em vista disto, o setor alimentício tem investido em novas tecnologias e métodos de controle de insetos-praga que não impliquem no uso de inseticidas residuais e tóxicos para o ser humano e para o meio ambiente.

Assim sendo, neste capítulo pretende-se abordar aspectos do feijão tratado com TD, como sua viabilidade de consumo junto à população. Para isso, verificou-se se há:

1. Alteração quanto à qualidade sensorial
2. Aceitação pelo consumidor
3. Redução na germinação e vigor
4. Contaminação do feijão pela TD

MATERIAL E MÉTODOS

A TD e os exemplares de *Z. subfasciatus* utilizados nos ensaios foram obtidos como indicado no item material e métodos do Capítulo I.

Para a avaliação da qualidade global e da segurança do feijão tratado com TD foram realizados vários testes. Os dois primeiros ensaios foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Paraná. Os testes foram conduzidos com 35 provadores entre alunos de graduação do curso de Nutrição e alunos de pós-graduação do curso de Entomologia da UFPR.

Com objetivo de verificar se a TD é um contaminante no feijão e se a TD pode ser removida com a lavagem com água realizou-se um teste de contagem de carapaças de algas diatomáceas no Laboratório de Ficologia do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná.

Para verificar a influência da TD sobre esses parâmetros da qualidade fisiológica das sementes de feijão, foi realizado um teste de germinação e vigor de sementes de feijão. Os testes foram realizados no Laboratório de Tecnologia e Produção de Sementes Flavio Popinigis do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná.

1. Teste de diferença de controle

Objetivou-se com este teste verificar se o tratamento com TD afeta a qualidade global do feijão armazenado. Para isso, amostras de 800 g de feijão novo carioca foram tratadas com 0,50; 0,75 e 1,00 g de TD/kg e comparadas a uma amostra padrão, sem TD. A TD foi incorporada ao feijão conforme a metodologia descrita no Capítulo I.

O feijão foi macerado em água fria por oito horas e cozido em panela de pressão por 25 minutos com sal a 2% p/v (Ferreira 2002). As amostras foram mantidas aquecidas em estufa a 55°C até o momento de servir. A cada um dos 35 provadores foram oferecidos 10 grãos de feijão de cada amostra em copinhos com capacidade para 30 mL numerados. Os provadores receberam uma colherinha de plástico, um copinho de água e uma ficha (Anexo 1) e foram instruídos a provarem o padrão seguido das demais amostras e identificar o grau de diferença entre as amostras com relação

ao padrão utilizando uma escala de 0 (nenhuma diferença) a 9 (extremamente diferente) (Mori 1987) (Figura 1). Os provadores foram instruídos a ingerir um pouco de água entre a degustação de cada amostra. Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando o teste F de Snedecor com nível de significância de 5%.



Figura 1. Material utilizado para o teste de aceitação: ficha, caneta e 100 g de feijão tratado com 1,00 g de TD/kg.

2. Teste de aceitação

Como a TD recobre o feijão modificando o aspecto (Figura 2), realizou-se um segundo teste para avaliar a intenção de consumo de feijão carioca tratado com TD. Para este teste optou-se por tratar o feijão com a concentração mais alta de TD (1,00 g de TD/kg), comprovadamente eficaz para o controle do *Z. subfasciatus* em laboratório, conforme o capítulo I.



Figura 2. Feijão carioca da variedade Juriti. (A) grãos de feijão sem tratamento com TD. (B) grãos de feijão tratados com 0,500 g de TD/kg.

Os provadores receberam 100 g de feijão carioca novo tratado com TD e embalado em um saco plástico transparente, uma ficha (Anexo 2) com um enunciado informando a respeito das características do tratamento convencional (fumigação) e do tratamento com TD e uma caneta. Com base nas informações, pediu-se que o provador analisasse visualmente a amostra e indicasse o grau de aceitação do produto num escala de 1 a 5. Os pontos 1 e 2 (“não consumiria” e “consumiria somente na falta do produto convencional”, respectivamente) representam a rejeição do produto; 3 (“não gosto da aparência, mas consumiria ocasionalmente”) representa indiferença, e 4 e 5 (“consumiria sempre que tivesse oportunidade” e “certamente consumiria”, respectivamente) representam a aceitação do produto (Mori 1987) (Figura 3). Os

resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando o teste de Tukey com nível de significância de 5%, pelo programa Statistica versão 6.0.

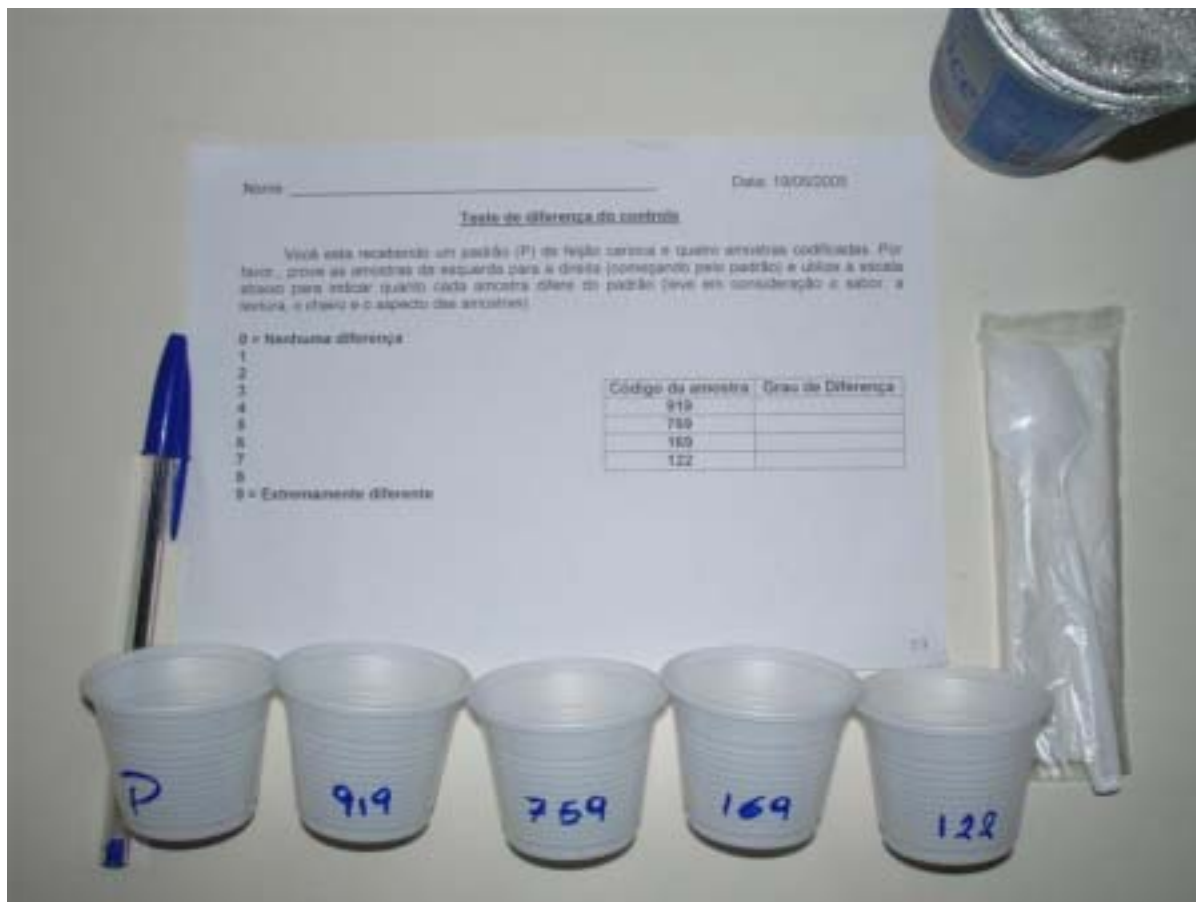


Figura 3. Material utilizado para o teste de diferença do padrão: ficha, copos numerados contendo feijão tratado com diferentes concentrações de TD, colher plástica, guardanapo e copo de água não gelada.

3. Contagem de partículas de carapaças de algas diatomáceas

Foi realizado este teste de contagem de carapaças e de partículas reconhecíveis de algas diatomáceas, com o objetivo de verifica se há contaminação do feijão pela TD. Para este ensaio, foi utilizada a quantidade de TD necessária para tratar 50 g de feijão com 0,50; 0,75 e 1,00 g de TD/kg de feijão; a primeira e a segunda lavagem de

amostras de 50 g de feijão tratado com 0,50; 0,75 e 1,00 g de TD/kg conforme a metodologia descrita no Capítulo I.

Utilizou-se a TD diluída apenas em água para verificar a quantidade de TD com a qual o feijão é tratado e as lavagens para verificar se a TD é removida.

A metodologia foi uma modificação do método proposto por Atui (2002), modificada de Jonhson *et al.* (1964) para avaliação de algas diatomáceas.

Metodologia utilizada para água tratada com TD

Inicialmente pesou-se em balança de precisão a TD necessária para tratar 50 g de feijão em cada um das concentrações. Posteriormente colocou-se as concentrações de TD pesadas em erlenmeyers com capacidade para 300 mL e adicionou-se 100 mL de água destilada e filtrada agitando-se o líquido vigorosamente por 15 segundos, até que a TD misture bem com a água. A seguir cobriu-se uma câmara de Neubauer com uma lamínula própria e depositou-se, com uma pipeta, 0,02 mL (ou uma gota) do material de cada concentração em cada um dos dois lados da câmara. Observou-se a câmara em estereomicroscópio no aumento de 400x. A contagem do número de carapaças de algas diatomáceas e seus fragmentos reconhecíveis foi realizada em 25 campos de um dos lados da câmara de Neubauer, medindo 0,2 mm² cada, ao acaso. Em seguida, realizou-se nova contagem no outro lado da câmara. Após a realização das duas contagens fez-se uma média.

Metodologia utilizada para feijão tratado com TD para primeira lavagem

Pesou-se 50g de feijão tratado com diferentes concentrações de TD, colocando em escorredor de arroz. Neste foi adicionado 100 mL de água destilada e filtrada que foi agitada dentro de escorredor por 15 segundo, em seguida escorrida e reservada em Becker com capacidade de 200 mL. Em seguida, com auxílio de uma pipeta, depositou-se 0,02 mL (ou uma gota) do material de cada concentração em cada lado da câmara de Neubauer. Os procedimentos seguintes foram realizados como descrito no teste anterior.

Metodologia utilizada para feijão tratado com TD na segunda lavagem

Procede-se como no teste anterior, porém dispensa-se a água da primeira lavagem. Adiciona-se mais 100 mL de água destilada e filtrada ao escorredor agitando-

se por 15 segundos. Esta água é então reservada em Becker e procede-se como nos testes anteriores.

As carapaças de algas diatomáceas e seus fragmentos reconhecíveis foram identificadas conforme as características descritas por Johnson *et al.* (1964) e com auxílio da Dr^a. Thelma Veiga Ludwig, do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná.

Os resultados das contagens foram submetidos a ANOVA e Tukey a 5% de probabilidade pelo programa Statistica versão 6.0.

4. Avaliação da germinação e vigor

Com o objetivo de verificar a influência da TD sobre a qualidade fisiológica das sementes de feijão, foi realizado um teste de germinação e vigor. Foram desenvolvidos cinco tratamentos com 50 sementes de cada tratamento em oito repetições: sementes sem TD; sementes com 0,50; 0,75; 1,00 g de TD/kg e 0,5 kg sementes infestadas com 50 casais de *Z. subfasciatus* por 45 dias. As 50 sementes de cada repetição foram colocadas sobre papel de germinação Germitest[®] umedecido com água e embalados, em forma de rolos (Figura 4 A). Estes foram então colocados na posição vertical em câmara de germinação a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ com 100% de umidade, seguindo a metodologia do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (1992).

A leitura da germinação foi realizada ao terceiro e quinto dias após a instalação do experimento. Na primeira leitura as plântulas normais foram contadas (Figura 4 B) e eliminadas e os rolos retornaram à câmara de germinação. Na segunda leitura, foi feita a contagem final de sementes germinadas, plântulas normais e anormais (Figura 4 C). O resultado da germinação foi expresso pela média de plântulas normais das duas leituras, o de vigor pela contagem das plântulas normais da primeira leitura da germinação. Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando o teste de Tukey com nível de significância de 5%, pelo programa Statistica versão 6.



Figura 4. Germinação e vigor. (A) Rolos com sementes; (B) Rolo aberto evidenciando o aspecto das plântulas na primeira leitura (terceiro dia); (C) Aspecto de plântulas normais e anormais observadas na segunda leitura (quinto dia).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. Teste de diferença de controle

Os valores obtidos a partir do teste de diferença de controle não foram diferentes significativamente (Tabela 1). Deste modo, fica claro que o tratamento, mesmo com 1,00 g de TD/kg de feijão não afeta as características sensoriais do feijão desejadas pela população. A TD também não altera o tempo de cocção, que foi de 25 minutos para todos os tratamentos.

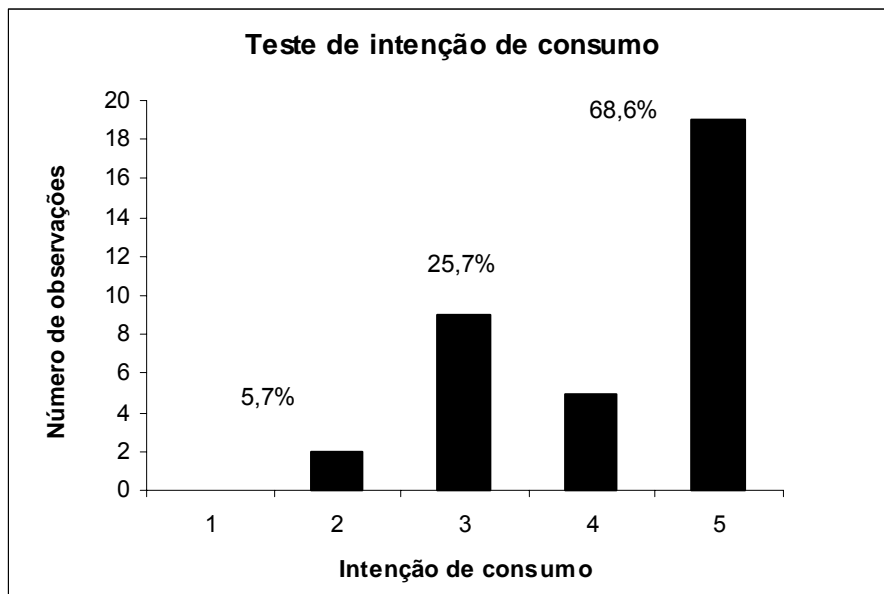
Tabela 1. Valores do Teste de Diferença do Controle onde provadores compararam feijão tratado com diferentes concentrações de TD com o padrão sem TD.

TD (g/kg)	Média*
0,00	2,3 ±1,9
0,50	2,4 ±1,9
0,75	1,7 ±1,6
1,00	2,0 ±2,0

*Teste F não significativo.

2. Teste de Aceitação

O teste visual de aceitação, ou intenção de consumo, realizado com feijão tratado com 1,00 g de TD/kg, indicou que 68,6% dos avaliadores consumiriam o produto, 25,7% mostraram-se indiferentes e apenas 5,7% dos provadores rejeitaram o produto, como mostra a Figura 5. A porcentagem de aceitação é bastante expressiva, especialmente tratando-se de um produto inovador e desconhecido para os avaliadores.



1 + 2 = rejeição 5,7%, 3 = indiferença 25,7% e 4 + 5 = aceitação 68,6% do produto.

Figura 5. Número de observações indicando a intenção de consumo de feijão tratado com 1,00 g de TD/kg.

Os resultados sugerem que para o público alvo, ou seja, pessoas com pelo menos o segundo grau completo, a alteração visual do feijão provocada pela presença da TD, tornando-o fosco e esbranquiçado é aceitável desde que haja garantia que o alimento é mais seguro apresentando sabor, cheiro e textura idêntica ao consumido normalmente.

A aceitação deste produto confirma a busca cada vez maior por produtos com maior qualidade sem resíduos químicos danosos à saúde do consumidor, do aplicador e menos agressivos ao meio ambiente.

3. Contagem de partículas reconhecíveis de carapaças de algas diatomáceas

Para o feijão tratado com TD e lavado apenas uma vez verificou-se, em todas as concentrações um número menor do que o considerado positivo por Johnson *et al.* (1964) e Silva & Sousa (1967) que é de 2 fragmentos. O que é muito próximo da dosagem de 0,50 g de TD/kg observado na coluna 1 da Tabela 2. Para duas lavagens

de feijão não foram encontrados fragmentos reconhecíveis de carapaças de algas diatomáceas das leituras para nenhuma das concentrações de TD.

Contagens de carapaças de algas diatomáceas em câmara de Neubauer realizadas por Atui (2002) em trigo mostram que o resíduo de TD em concentrações abaixo de 1,00 g de TD/kg que permanece nos grãos está bastante abaixo do considerado positivo por Johnson *et al.* (1964) e Silva & Sousa (1967), confirmando que TD pode ser seguramente utilizada, podendo ser totalmente removida com duas lavagens do feijão com água.

Tabela 2. Carapaças e porções reconhecíveis de algas diatomáceas encontradas em água e amostras de feijão tratadas com diferentes concentrações de TD.

Concentração de TD (g/kg)	Água com TD	Lavagem 1*	Lavagem 2*
0,50	2,44 a A	0,78 B	0,00 C
0,75	5,64 b A	0,80 B	0,00 C
1,00	13,04 c A	0,86 B	0,00 C

* Médias das colunas não diferem entre si pela análise de variância

Tratamentos seguidos por letras, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferentes diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Atui (2002) ressalta que apesar da aparência fosca, esbranquiçada e sem brilho natural, os grãos tratados com TD não devem ser rejeitados ou penalizados, pois a presença de TD é um indicativo de que o produto é de qualidade e ausente de resíduos químicos.

A partir dos testes realizados, confirma-se que o tratamento de feijão com TD contra *Z. subfasciatus* ou outros insetos pragas de produtos armazenados não altera a qualidade global do feijão quanto a palatabilidade e a segurança, sendo aceito pela maioria dos provadores.

4. Testes de germinação e vigor

Não houve diferença significativa entre os tratamentos com diferentes concentrações de TD quanto à germinação das sementes e o vigor das plântulas de feijão. Porém nas sementes infestadas por *Z. subfasciatus*, houve uma redução significativa da germinação de 96% para 84%, mas não do vigor se comparado aos demais tratamentos. Porém verifica-se que o vigor para este tratamento é sensivelmente inferior (67%). No entanto, considerando um período mais longo de infestação é possível que haja uma redução significativa neste parâmetro (Tabela 3).

Tabela 3. Germinação e vigor de feijão tratado com 0,00; 0,50; 0,75 e 1,00 g de TD/kg e feijão infestado com 50 casais de *Z. subfasciatus* após 45 dias.

Tratamentos (g de TD/kg)	Germinação (%)	Vigor* (%)
0,00	96 *	73 ^{ns}
0,50	96 *	70 ^{ns}
0,75	96 *	70 ^{ns}
1,00	96 *	72 ^{ns}
<i>Z. subfasciatus</i>	84	67

* (difere) e ^{ns} (não difere) estatisticamente do demais tratamentos pelo teste de Dunnett ao nível de 5%.

Podemos, portanto afirmar que a TD é um produto economicamente viável, seguro e eficiente no tratamento de feijão armazenado contra *Z. subfasciatus*, não alterando a qualidade global, nem as características fisiológicas das sementes; apresentando um custo benefício excelente.

CONCLUSÕES

1. Não há alteração quanto á qualidade sensorial do feijão tratado com TD.
2. O feijão tratado com TD é aceito pelo consumidor.
3. Não há redução de germinação ou vigor em feijão tratado com TD.
4. Não há contaminação do feijão tratado com TD.

BIBLIOGRAFIA

- ATUI M. B. 2002. Avaliação de metodologias para a detecção de insetos, seus fragmentos e de resíduos de terra de diatomácea em grãos de farinha de trigo. Tese de Doutorado, área de concentração em Entomologia, Universidade Federal do Paraná. 77 p.
- BANKS, H.J. & P.G. FIELDS. 1995. Physical methods for insect control in stored-grain ecosystem. p. 353-409. *In*: JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G. & MUIR, W. E. 1995. **Stored-grain ecosystems**. New York, Marcel Dekker, Inc. xi+757 p.
- COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. 2005. <http://www.conab.gov.br> Acesso em 16/05/05.
- EBELING, W.; R. E. WAGNER & D. A. REIERSON. 1966. Influence of repellency on the efficacy of blatticides. I. Learned modification of behavior of the German cockroach. **J. Economic Entomology** **59**: 1374-88.
- FERREIRA, S, M, R. 2002. **Controle da qualidade em sistemas de alimentação coletiva I**. Editora Varela. São Paulo 173 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2005. <http://www.ibge.gov.br> Acesso em 09 de junho de 2005
- JAYAS, D. S.; N. D. G. WHITE & W. E. MUIR. 1995. **Stored Grain Ecosystems**. New York: Marcel Dekker, 757p.
- JONHSON, R. M.; JACKSON, R. L.; B. M. ANZULOVIC. 1964. Microscopic identification of diatoms on treated wheat. **Agronomy Journal** **56**: 241

- Le PATOUREL, G. N. J. 1986. The effect of grain moisture content on the toxicity of a sorptive silica dust to four species of grain beetle. **Journal of Stored Products Research**, Exeter, v. 22, p. 63-69.
- LORINI, I. 1997. **Insecticide resistance in *Rhyzopertha dominica* (fabricius) (Coleoptera: Bostrychidae), a pest of stored grain**. London, 1997. 166p. Thesis. University of London.
- MORI, E. E. M. 1987. Análise sensorial dos alimentos. Campinas; Ital.
- OTA , M. M., TOSCHI, C. C. OLIVEIRA, S. S. C. & N. ANTONIAZZI. 2002. Exigências do mercado consumidor. *In: Armazenagem de grãos*, Ed. I. Lorini, L. H. Miike E V. M. Scussel. Bio Geneziz, Campinas, SP. P. 899-959.
- PINTO Jr., A. R. 1999. Utilização de terra de diatomácea no controle de pragas de armazenamento e domissanitárias. Tese de Doutorado, área de concentração em Entomologia, Universidade Federal do Paraná. 114 p.
- QUARLES, W. 1992. Diatomaceous earth for pest control. **The IPM Practitioner 14**: 1-11.
- SILVA & M. E. SOUSA. 1967. Estudo do interesse de pós inseticidas inertes no combate à pragas dos produtos armazenados. **Garcia de Lorca 15**: 367-408
- SUBRAMANYAM, B. & R. ROESLI. 2000. Inert dusts, p. 321-380. *In: SUBRAMANYAM, B. & HAGSTRUM, D. W. Alternatives to pesticides in stored-product IPM*. Norwell, Massachusetts, Kluwer Academic Publishers, XV+437 p.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha para teste de diferença de controle

Nome: _____

Data: 19/05/2005

Teste de diferença do controle

Você esta recebendo um padrão (P) de feijão carioca e quatro amostras codificadas. Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita (começando pelo padrão) e utilize a escala abaixo para indicar quanto cada amostra difere do padrão (leve em consideração o sabor, a textura, o cheiro e o aspecto das amostras).

0 = Nenhuma diferença

1

2

3

4

5

6

7

8

9 = Extremamente diferente

Código da amostra	Grau de diferença

Anexo 2. Ficha para teste de intenção de consumo.

Nome: _____

Data: 19/05/2005

TESTE DE INTENÇÃO DE CONSUMO

O feijão disponível nos supermercados é, em sua maioria, tratado contra insetos de armazenamento com fumigação. Este processo, largamente empregado no Brasil, utiliza fosfeto de alumínio ou de magnésio, substâncias que em contato com o ar formam o gás fosfina (PH_3). Este processo apresenta sucesso no combate do caruncho-do-feijão, assim como cupins, ratos e outros insetos. A fosfina é bastante tóxica para o aplicador e devido a práticas incorretas de fumigação, várias pragas de produtos armazenadas vêm apresentando uma crescente resistência ao gás fosfina. Apesar de este gás ser considerado tóxico a peixes, aves e mamíferos pelo USDA, após a fumigação, a fosfina é oxidada na atmosfera, transformando-se em formas não tóxicas de fosfeto.

A amostra que você recebeu foi tratada contra insetos com terra de diatomácea. A terra de diatomácea é um pó inerte composto de esqueletos de algas fossilizadas, estas algas são muito comuns em todo mundo, tanto em água doce quanto salgada. Este produto é utilizado em pasta de dentes, filtros em geral, clarificação de polpa de frutas para sucos, contra parasitas internos e externos em gado, cavalos e cães, como inseticida doméstico e como inseticida em produtos armazenados; podendo ser utilizada em produtos orgânicos. A terra de diatomácea é registrada como aditivo alimentar pelo USDA e nas análises de classificação de grãos e sementes não é considerada como contaminante. A terra de diatomácea é facilmente removida do feijão pela lavagem com água. E qualquer eventual resíduo não apresenta riscos ao ser humano.

Com base nas informações acima, marque com um X sua intenção de consumo do produto tratado com terra diatomácea:

Intenção de Consumo	
1- Não consumiria.	
2- Consumiria somente na falta do produto convencional.	
3- Não gosto da aparência, mas consumiria ocasionalmente.	
4- Consumiria sempre que tivesse oportunidade.	
5- Certamente consumiria.	

