

INFLUÊNCIA DO INSETO-PRAGA *SITOPHILUS ZEAMAI* (MOTSCHULSKY) (COLEOPTERA-CURCULIONIDAE) NA TAXA RESPIRATÓRIA E NA PERDA DE MATÉRIA SECA DURANTE O ARMAZENAMENTO DE MILHO

Wederson M. Alves¹, Lêda R. D. Faroni², Ernandes r. Alencar², Juliana lobo paes²

RESUMO

Em decorrência das perdas que ocorrem durante o período de armazenamento de grãos, objetivou-se com este trabalho quantificar a perda de matéria seca dos grãos de milho armazenados e infestados com *Sitophilus zeamais*, em diferentes condições de temperatura do ar ambiente, através da determinação da taxa respiratória pela produção de CO₂. Neste trabalho, foram utilizados grãos de milho da variedade BRS 3060, provenientes da EMBRAPA/CNPMS (Sete Lagoas, MG). Logo após a colheita, os grãos infestados com o inseto-praga, na proporção de 10 insetos por quilo de produto, foram armazenados dentro de recipientes, que permitiam a troca gasosa. Estes foram então, colocados em câmara do tipo BOD às temperaturas de 20, 25, 30, 35 e 40 °C. Para a determinação da produção de CO₂ e conseqüente perda de matéria seca, nos intervalos de zero, 30, 45, 60, 90, 120 e 150 dias, os grãos de cada tratamento foram distribuídos em frascos de vidro, com volume igual a 800 mL, os quais foram mantidos hermeticamente fechados durante 24 horas. Após este intervalo, 5 mL de ar intergranular foi removido do interior dos frascos e injetado em um analisador de fluxo segmentado com detecção condutimétrica. Por meio da leitura obtida, da porosidade da massa de grãos, da curva-padrão do sistema e da equação dos gases perfeitos foram determinadas a taxa respiratória e a perda de matéria seca dos grãos de milho. A análise dos dados e a interpretação dos resultados obtidos, nas condições específicas deste trabalho, permitiram concluir que: o sistema em uso (analisador em fluxo bissegmentado) forneceu dados que permitiram o acompanhamento da taxa respiratória dos grãos e mostrou-se sensível para tal; a umidade dos grãos e a temperatura de armazenamento influenciam diretamente a taxa respiratória; as maiores taxas respiratórias e as maiores perdas de matéria seca devido à respiração dos grãos foram observadas para os grãos armazenados nas condições em que o inseto-praga se desenvolveu, ou seja, às temperaturas de 20, 25 e 30 °C.

Palavras-chave: deterioração, perda de matéria seca, taxa respiratória

ABSTRACT

Influence of the Insect-Pest *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae) on the Respiration Rate and Dry Matter Loss of Stored Maize

The study was carried out to quantify the dry matter loss of *Sitophilus zeamais* infested maize stored at different temperatures, through CO₂ production. Maize cultivar BRS 3060 was obtained from the EMBRAPA/CNPMS (Sete Lagoas, MG). Soon after harvest the grains were infested with 10 insects/kg and stored in gas permeable containers at 20, 25, 30, 35 or 40 °C. The samples collected at 30, 45, 60, 90, 120 or 150 days of storage were placed in 800 mL glass jars. The jars were hermetically sealed for 24 h before determining CO₂ concentration. A 5 mL-aliquot of the inter-granular air was removed from the jar and injected into a segmented flow analyzer with conductimetric detection. The respiration rate and dry matter loss were estimated through total amount of CO₂ produced, porosity of the grain mass, standard curve of the system and the equation of the perfect gases. The data analysis and the interpretation of the results under the specific conditions of this study, allowed to conclude that the gas analysis system used is sensitive enough to provide data to follow the respiratory rate which was directly affected by the grain moisture and storage temperature. The higher respiratory rate and dry matter loss due to grain respiration occurred when grains are stored under conditions permitting development of the insect-pest e.g. at 20 to 30 °C

Keywords: deterioration, dry matter loss, respiration rate

¹ Eng. Agrônomo, D.S., Prof. UNEC-Caratinga, MG, wederson@funec.br

² Depto. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, lfaroni@ufv.br

INTRODUÇÃO

Segundo levantamento realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, dos 127 milhões de toneladas de grãos (cereais, leguminosas e oleaginosas) produzidos no Brasil, cerca de 38% é de milho, ficando evidente a importância econômica e social da produção e do armazenamento desta cultura (CONAB, 2007).

Grande parte da produção de grãos é armazenada durante um determinado período. A importância da armazenagem reside no fato de o armazenamento adequado dos produtos agrícolas evitar perdas e preservar suas qualidades, além de suprir a demanda durante a entressafra e permitir aguardar melhores preços (Saucer, 1992). Entretanto, independentemente da espécie ou das características do local, perdas poderão ocorrer durante a permanência do produto no armazém.

O armazenamento de grãos pode ser definido como um ecossistema, em que mudanças qualitativas e quantitativas podem ocorrer, ocasionadas por interações entre os fatores físicos, químicos e biológicos. Os fatores mais importantes que afetam os grãos durante o armazenamento são: temperatura, umidade, atmosfera intergranular (quantidade de dióxido de carbono e oxigênio), características do grão, microorganismos, insetos, ácaros, clima e a estrutura do grão (Sinha, 1973). Dentre esses, os insetos assumem particular importância, principalmente em condições tropicais, pelo fato de a massa de grãos constituir um habitat ideal para o seu desenvolvimento. Os insetos promovem perda de massa, desvalorização e contaminação da massa de grãos, aquecimento no local da infestação, aumento da atividade respiratória dos grãos e, conseqüentemente, maior perda de matéria seca. A perda de peso causada pela respiração dos grãos, durante o período de armazenamento, é pequena, em comparação com aquela causada por organismos vivos, mas, considerada de grande importância, principalmente para as unidades armazenadoras (Champ, 1985; Brooker et al., 1992; Pedersen, 1992; Montross et al., 1999).

Em função do exposto, objetivou-se quantificar a perda de matéria seca dos grãos de milho armazenados e infestados com *Sitophilus zeamais*, em diferentes condições de temperatura do ar ambiente, através da determinação da taxa respiratória pela produção de CO₂.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste experimento, foram utilizados grãos de milho (*Zea mays* L.) da variedade BRS 3060, provenientes da EMBRAPA/CNPMS, localizada na cidade de Sete Lagoas-MG. Esses grãos foram colhidos, com teor de umidade em torno de 14,5% b.u., por uma colhedora mecânica Massey Ferguson 34. As análises dos grãos foram realizadas no Laboratório de Cromatografia Gasosa do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, MG.

Após a colheita, os grãos foram armazenados à temperatura de 10 °C até o início do experimento, a fim de reduzir sua taxa respiratória, minimizando, assim, a perda de matéria seca. Em seguida, os grãos infestados com o inseto-praga *Sitophilus zeamais*, na proporção de 10 insetos por quilo de produto, foram armazenados dentro de recipientes que possibilitavam a troca gasosa. Estes foram então, colocados em câmara do tipo BOD às temperaturas de 20, 25, 30, 35 e 40 °C. Para determinação da produção de CO₂ e conseqüente perda de matéria seca, nos intervalos de zero, 30, 45, 60, 90, 120 e 150 dias, os grãos de cada tratamento foram distribuídos em frascos de vidro, com volume igual a 800 mL e mantidos hermeticamente fechados durante 24 horas. Ainda nesses intervalos foram determinados a taxa de crescimento populacional do inseto-praga *S. zeamais* e o teor de umidade dos grãos de milho.

A taxa de crescimento populacional do inseto-praga foi determinada ao longo do armazenamento, através da contagem de todos os insetos adultos de cada tratamento. Inicialmente as amostras eram peneiradas e, em seguida, submetidas ao Funil-de-Barlesi para uma segunda contagem dos insetos. O Funil-de-Barlesi é um aparelho composto de um funil, um recipiente e uma lâmpada. Os insetos que não foram eliminados no peneiramento, porque estavam seguros dentro dos grãos perfurados, então saem, fugindo da luz e do calor e caem dentro do recipiente. O funil é dotado de uma malha de arame que permite a passagem de insetos e retém os grãos e impurezas. A soma das duas contagens totalizará o número final de insetos vivos após o período de armazenamento

O teor de umidade dos grãos foi determinado, durante o armazenamento, utilizando-se o método-padrão de estufa, a 105 ± 3 °C, durante 24 horas, com três repetições (Brasil, 1992).

Para a determinação da taxa respiratória, os grãos de cada tratamento foram distribuídos em frascos de vidro com volume igual a 800 mL, pesados e mantidos hermeticamente fechados durante 24 horas. Após esse intervalo, foi realizada a remoção de 5 mL de ar intergranular do interior dos frascos, sendo esta amostra gasosa injetada em um analisador de fluxos segmentados com detecção condutimétrica, para a determinação da concentração de CO₂ devido à respiração dos grãos.

Neste sistema é produzido um fluxo padrão contendo dois segmentos líquidos (sl1 e sl2) arranjados seqüencialmente, separados por três bolhas gasosas. Por esta razão, o mesmo é chamado de sistema em fluxo bissegmentado (Silva & Pasquini, 1999).

Neste tipo de detecção não se utiliza nenhum reagente químico ou membranas permeáveis, e o aumento da condutividade gerada pela dissolução e ionização do CO₂ no segmento líquido é usada como resposta analítica para se determinar o teor de analitos na amostra gasosa (Silva et al., 1998).

O fluxo padrão, constituído de N₂ - sl1 - amostra (A) - sl2 - N₂, é produzido automaticamente devido a um simples arranjo feito no orifício de injeção da amostra do aparelho e impulsionado através do tubo de reação (2 mm de diâmetro interno e 800 mm de comprimento) até uma célula condutimétrica, por meio de uma bomba peristáltica. Simultaneamente, o computador recebe um sinal digital, o qual indica que a amostra foi injetada (Fig.1).

Depois que a amostra foi injetada, uma fina camada de água presente nas paredes do tubo absorve o CO₂ presente na amostra (A). O segmento líquido 2 (sl2), que vem logo depois da bolha que representa a amostra gasosa, coleta, por movimentos de convecção do fluido, a camada contendo CO₂ parcialmente dissolvido e ionizado, enquanto que a terceira bolha, ou seja, a de nitrogênio, restringe a dispersão dos íons coletados (H⁺ e HCO₃⁻). O aumento na condutividade do segmento líquido é proporcional ao teor de CO₂ presente na amostra gasosa.

Neste sistema foram obtidos os valores de condutância que, logo em seguida, foram transformados em concentração de CO₂ (volume/volume), utilizando-se uma equação obtida por uma curva padrão, específica para o sistema. Esta concentração foi, então, transformada em volume de CO₂ produzido devido à respiração, utilizando-se a Equação 1:

$$V_{CO_2} = [CO_2 v/v] * V_{AR} * 10^{-8} \quad (1)$$

em que

V_{CO_2} = volume de CO₂ produzido durante 24 horas, m³;

$[CO_2 v/v]$ = concentração de CO₂, v/v; e

V_{AR} = volume de ar dentro dos frascos (porosidade), mL.

Em seguida, converteu-se o volume de CO₂ (m³), produzido durante 24 horas, em massa de CO₂, utilizando-se, como base, a equação dos gases perfeitos (Equação 2),

$$m = \frac{P * V_{CO_2} * m_0}{R * T} * 10^6 \quad (2)$$

em que

m = massa de CO₂ produzida durante 24 horas, miligramas de CO₂;

P = pressão atmosférica local, 96 kPa;

m_0 = massa molecular do CO₂, 44 kg kmol⁻¹;

R = constante dos gases perfeitos, 8,314 kJ kmol⁻¹ K⁻¹; e

T = temperatura, em Kelvin.

Por fim a taxa respiratória foi obtida, dividindo-se a massa de CO₂ produzida (mg) pela massa de matéria seca dos grãos que ficaram fechados hermeticamente durante 24 horas, conforme a equação 3,

$$Tr = \frac{m}{ms} \quad (3)$$

em que

Tr = taxa respiratória dos grãos de milho, mg CO₂ kg⁻¹ matéria seca dia⁻¹; e

ms = massa da matéria seca dos grãos (kg).

Uma equação geral foi obtida por meio da fusão das equações 1, 2 e 3, com o intuito de obter de modo direto a taxa respiratória dos grãos (Equação 4),

$$Tr = 5,0806 * \left[\frac{[CO_2 v/v] * V_{AR}}{T * ms} \right] \quad (4)$$

A perda de matéria seca dos grãos de milho foi quantificada, considerando-se que, durante a respiração aeróbia, ocorreu completa oxidação dos carboidratos em dióxido de carbono e água, ou seja, a molécula de glicose que tem 180 mg de peso molecular produz 264 mg de CO₂. Esta é uma simplificação do processo de respiração total, mas permite a computação aproximada da perda de matéria seca. Portanto, a Equação 5 possibilita calcular a quantidade de perda de matéria seca dos grãos durante o processo respiratório, sendo que

$$P_{ms} = Tr * 0,682 * 10^{-4} \quad (5)$$

em que

P_{ms} = perda de matéria seca, %.

Também foi obtida uma equação geral (Equação 6) para se determinar a perda de matéria seca de modo direto, através da fusão das Equações 4 e 5,

$$P_{ms} = 3,465 * 10^{-4} * \left[\frac{[CO_2 v/v] * V_{AR}}{T * ms} \right] \quad (6)$$

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições e parcelas subdivididas. As temperaturas de 20, 25, 30, 35 e 40 °C constituíram as parcelas e as subparcelas foram os tempos de 0, 30, 45, 60, 90, 120 e 150, expressos em dias.

Os resultados foram interpretados por meio de análises de variância e regressão. Escolheram-se os modelos fundamentados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste de "t" e adotando o nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação e no fenômeno em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de umidade é um dos principais fatores que influenciam a taxa respiratória dos grãos. Sob índices de alto teor de umidade a respiração é aumentada, rapidamente, na maioria dos cereais (Brooker et al., 1992).

Na Figura 2, observa-se uma redução no teor de umidade com o aumento da

temperatura e com o período de armazenamento. Esta redução do teor de umidade ocorre devido às altas temperaturas de armazenamento. Observa-se ainda que os grãos armazenados a 25 e 30 °C, na presença do inseto-praga, apresentaram as maiores médias de teor de umidade. Tal fato pode ser explicado por meio da Figura 3, em que verifica, para as temperaturas de 25 e 30 °C, a ocorrência de maiores taxas de crescimento populacional do inseto-praga, que, pelo seu metabolismo produz H₂O, induzindo aumento no teor de umidade dos grãos. Segundo Champ (1985) e Pedersen (1992), a temperatura ótima para o desenvolvimento da praga *S. zeamais* encontra-se na faixa de 27 e 31 °C. A Equação 7 descreve a variação do teor de umidade dos grãos em função do período de armazenamento e da temperatura. Destaca-se que 71% da variação do teor de umidade dos grãos é explicada pela variação do período de armazenamento e da temperatura. Na Figura 3, observa-se que, nas temperaturas de 35 e 40 °C, os insetos não apresentaram crescimento populacional. Isto ocorreu devido à mortalidade total dos insetos, após 30 dias de armazenamento. De acordo com Fields (1992), elevadas temperaturas provocam aceleração no metabolismo e morte da praga. Ainda de acordo com esse autor, outro fator a ser levado em consideração é que as pragas dos grãos armazenados retiram dos alimentos a umidade necessária para os processos vitais. Por este motivo, o teor de umidade dos grãos torna-se um fator crítico para a sobrevivência do inseto, em qualquer fase do ciclo evolutivo, independente da temperatura do ambiente. O número total de insetos adultos (NTI) em função do período de armazenamento e da temperatura é descrito pela Equação 8.

$$NTI = 2057,81 * e^{-0,5 * \left[\left(\frac{X-326,01}{118,93} \right)^2 + \left(\frac{Y-26,83}{4,097} \right)^2 \right]} \quad (8)$$

(R²_{aj.} = 0,62; P < 0,0001; F = 14,59; GL_{res.} = 30)

em que

NTI = número total de insetos adultos;

X = período de armazenamento, dias;

Y = temperatura, °C.

$$U = 12,3164 - 0,1207 * X + 2,0542 * Y - 0,3908 * Y^2 - 0,0664 * X * Y \quad (7)$$

$$(R^2_{aj.} = 0,71; P < 0,0001; F = 66,09; GL_{res.} = 100)$$

em que

U = teor de umidade dos grãos;

X = período de armazenamento; e

Y = temperatura.

Em contrapartida, verificou-se que, na temperatura de 20 °C, o metabolismo da praga foi retardado, pois, nesta condição o crescimento populacional foi observado apenas aos 90 dias de armazenamento (Figura 3). Estes resultados concordam com Fields (1992), que afirma que temperaturas na faixa de 17 a 22 °C inibem o desenvolvimento de algumas espécies de insetos-praga de grãos armazenados.

A taxa respiratória dos grãos de milho (mg de CO₂ kg⁻¹ matéria seca), durante o armazenamento na presença de insetos, é apresentada na Figura 4. Verifica-se que ocorreu um aumento na taxa respiratória, nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C, ao longo do armazenamento, explicado pelo maior desenvolvimento populacional do inseto-praga. Por ser praga primária de milho e outros grãos, o adulto desta espécie tem a capacidade de romper um grão intacto, ou seja, de danificar o tegumento do grão. Quando o tegumento é danificado, o grão acelera o seu metabolismo, aumentando a taxa respiratória. A respiração ocorre quando o oxigênio se difunde livremente para o tecido que está respirando, sendo tanto mais rápida quanto menor for a restrição das membranas à troca de gases. Se a difusão de oxigênio for limitada, a taxa respiratória será reduzida. Para ilustrar este fenômeno, Spragg & Yemm (1959) estudaram o efeito do tegumento sobre a absorção de oxigênio por sementes de ervilha. Segundo os autores, nas sementes cujo tegumento foi removido, a taxa respiratória nas primeiras 24 horas de germinação foi maior que naquelas intactas. De acordo com os autores, isto ocorreu por que o tegumento é responsável pela regulação das trocas gasosas. Segundo Kays (1991), as injúrias ou lesões nos tecidos das plantas estimulam a taxa respiratória das células afetadas, como forma de defesa. A Equação 9 descreve a variação da taxa respiratória em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

$$TR = 143,13 * e^{-0,5 * \left[\left(\frac{X-104,5005}{67,3237} \right)^2 + \left(\frac{Y-25,7843}{5,3167} \right)^2 \right]} \quad (9)$$

$$(R^2_{aj.} = 0,72; P < 0,0001; F = 63,4947; GL_{res.} = 94)$$

em que

TR = taxa Respiratória, mg de CO₂ kg⁻¹ matéria seca;

X = período de armazenamento, dias;

Y = temperatura, °C.

Observa-se ainda, na Figura 4, que os grãos armazenados nas temperaturas de 25 e 30 °C apresentaram, inicialmente, valores de taxa respiratória maiores que os grãos armazenados a 20 °C. Isto ocorreu por que nas temperaturas de 25 e 30 °C os insetos-praga apresentaram taxas de crescimento inicial maiores que aqueles acondicionados a 20 °C. Verifica-se ainda que, até aos 45 dias, os grãos armazenados na temperatura de 20 °C mantiveram uma taxa respiratória bastante discreta. Em seguida, a taxa respiratória desses grãos foi semelhante àquela dos grãos armazenados a 25 e 30 °C. Para os grãos armazenados a 35 e 40 °C, na presença do inseto-praga, a taxa respiratória foi inferior em comparação com aquela dos armazenados nas demais temperaturas.

Na Figura 5 são mostrados os valores acumulados da perda de matéria seca ao longo do armazenamento, na presença do inseto-praga. Observa-se que os maiores valores foram obtidos para os grãos armazenados a 20, 25 e 30 °C. Ressalta-se que a injúria causada nos grãos pelo inseto-praga acelera seu metabolismo, o que gera um aumento em sua taxa respiratória (Kays, 1991). Conseqüentemente, ocorrerá maior perda de matéria seca desse grão. As menores perdas de matéria seca, como era de se esperar, ocorreram nos grãos armazenados às temperaturas de 35 e 40 °C. A perda de matéria seca (PMS) em função do período de armazenamento e da temperatura é descrita pela Equação 10.

$$PMS = 1,1529 * e^{-0,5 * \left[\left(\frac{X-162,2418}{64,1858} \right)^2 + \left(\frac{Y-26,301}{4,9828} \right)^2 \right]} \quad (1)$$

$$(R^2_{aj.} = 0,94; P < 0,0001; F = 131,23; GL_{res.} = 30)$$

em que

PMS = perda de matéria seca, %;

X = período de armazenamento, dias;

Y = temperatura, °C.

Nas Figuras 6 e 7, são apresentadas a distribuição dos resíduos em função dos valores estimados a partir das equações obtidas de taxa respiratória e perda de matéria seca acumulada, respectivamente. Observa-se que as distribuições de resíduos para as equações apresentaram comportamento aleatório, indicando que estas equações são apropriadas para a descrição da taxa respiratória e da perda de matéria seca em grãos de milho infestado por *S. zeamais*.

CONCLUSÃO

A análise dos dados e a interpretação dos resultados, obtidos nas condições específicas deste trabalho, permitiram concluir que:

- O sistema em uso (analisador em fluxo bissegmentado) forneceu dados que possibilitaram o acompanhamento da taxa respiratória dos grãos e mostrou ser sensível para tal;
- A umidade dos grãos e a temperatura de armazenamento influenciam diretamente a taxa respiratória;
- As maiores taxas respiratórias foram observadas para os grãos armazenados nas condições em que o inseto-praga se desenvolveu, ou seja, para as temperaturas de 20, 25 e 30 °C; e
- As maiores perdas de matéria seca, devido à respiração dos grãos, foram obtidas também nas condições em que o inseto-praga se desenvolveu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brasil. Ministério da Agricultura. **Regras para análises de sementes**. Brasília, DF: 1992. 365p.

BROOKER, D.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL C.W. Drying and storage of grains and oilseeds. **New York: Van Nostrand Reinhold**, 1992. 450p.

Champ, B.R. Occurrence of resistance to pesticides in grain storage pests. In: Champ, B.R., E. Highley (eds.). **Pesticides and humid tropical grain storage systems. systems. Proceedings...** 14, Canberra: ACIAR, 1985. p. 229–255.

CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra 2006/2007– 5º levantamento fevereiro/2007. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2007.

FIELDS, P.G. **The control of stored-product insects and mites with extreme temperature**. J. Stored Prod. Res. 1992. 28: p. 89-118.

KAYS, S.J. Postharvest physiology of perishable plant products. **New York, Van Nostrand Reinhold**, 1991. 532p.

MONTROSS, J.E., MONTROSS, M.D., BAKKER-ARKEMA F.W. Grain Storage. In: BAKKER-ARKEMA, F.W. (ed.). **CIGR handbook of agricultural engineering**. St. Joseph: ASAE, 1999. 4: 46-59.

PEDERSEN, J.R. Insects: Identification, damage and detection. In: Sauer, D. B. (Ed.). **Storage of cereal grains and their products**. St. Paul, MN:AACC. 1992. p. 435-489.

SAUCERr, D. B. **Storage of cereal grains and their products**. Fourth Edition, St. Paul, MN, USA. 1992. 615p.

SILVA, M.C.H., PASQUINI, C. Bisegmented flow system for determination of low concentrations. **Analytica Chimica Acta**. 1999. 393: 121-129.

SILVA, M.C.H., ROHWEDDER, J.J.R., PASQUINI, C. Determination of CO₂ in gaseous samples using a monosegmented flow system and conductimetric detection. **Analytica Chimica Acta**. 1998. 366: 223-229.

SINHA, R.N. Interrelations of physical, chemical and biological variables in the deterioration of stored grains. In: Sinha, R. N., W.E. Muir. (eds.). **Grain storage: part of system. Westport**. 1973. p. 15-47.

SPRAGG, S.P.; YEMM, E.W. Respiratory mechanism and the change of glutathione and ascorbic acid in germinating peas. J. Exp. Bot. 1959. 10: 409.

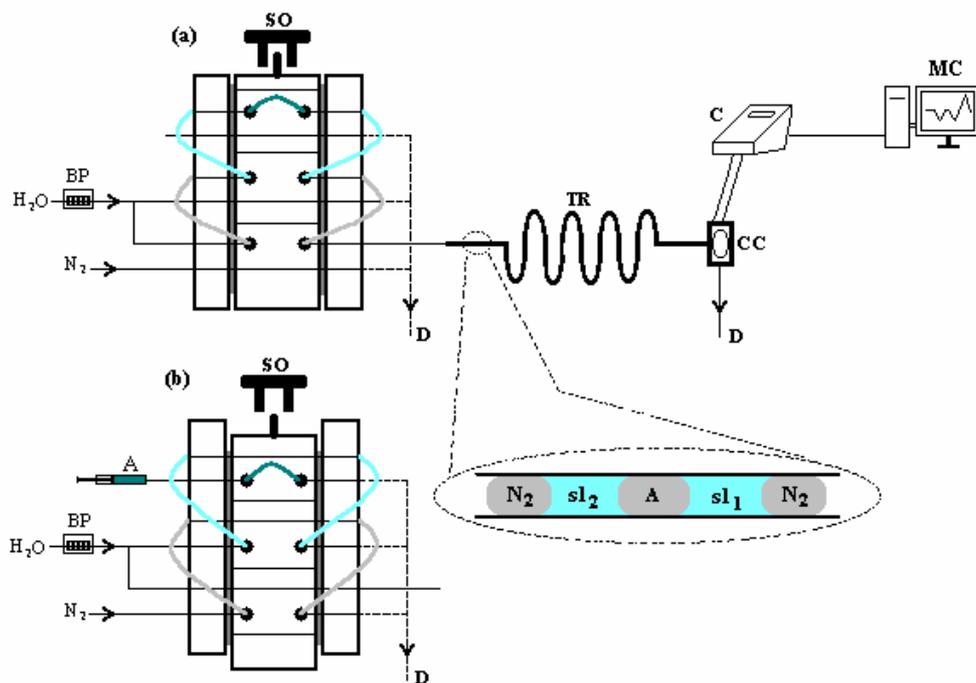


Figura 1. Sistema em fluxo bisegmentado para determinações condutimétricas de CO_2 em amostras gasosas. Onde: **(a)** injetor na posição de injeção e **(b)** injetor na posição de amostragem; BP = bomba peristáltica; SO = sensor ótico; A = amostra gasosa; D = descarte; TR = tubo reator; CC = célula condutimétrica; C = condutivímetro; MC = microcomputador; sl_1 e sl_2 = segmentos líquido.

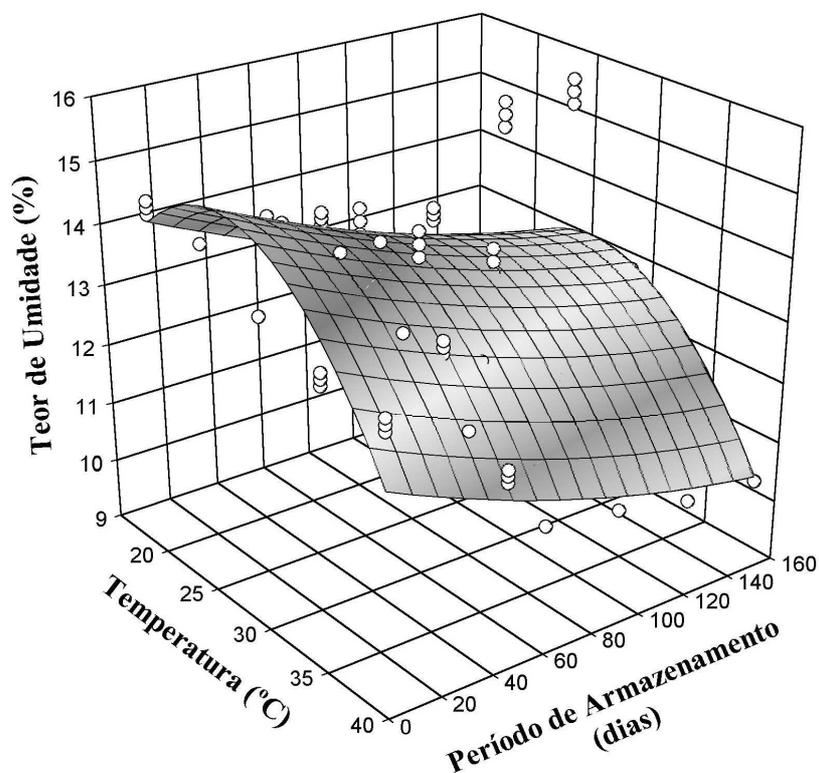


Figura 2. Valores médios do teor de umidade (%) dos grãos armazenados na presença do inseto-praga *S. zeamais*.

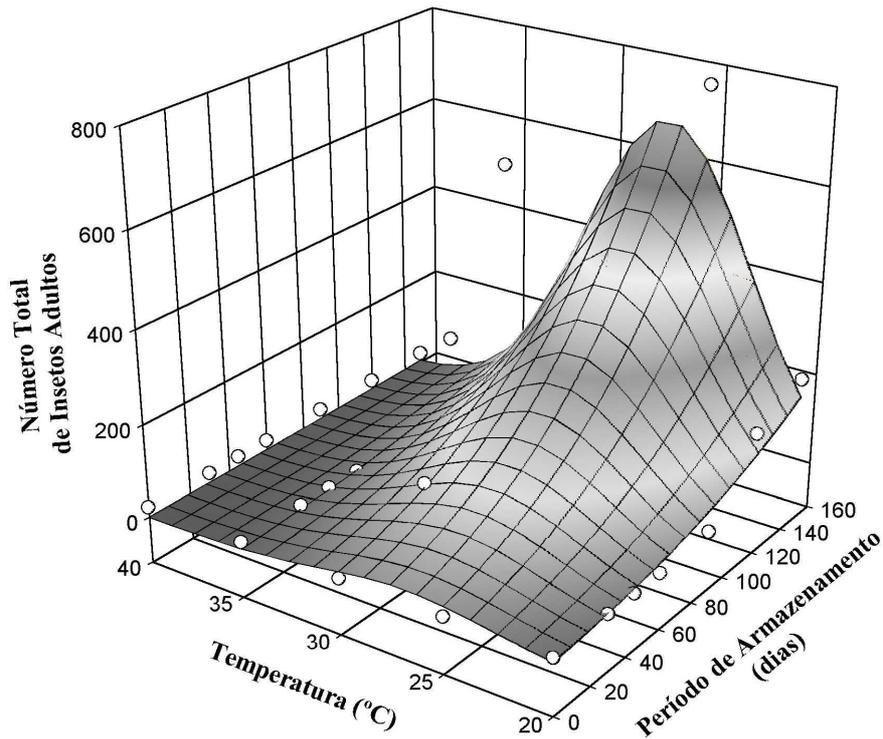


Figura 3. Número total de insetos adultos de *S. zeamais*, ao longo do armazenamento, para os grãos acondicionados em diferentes temperaturas.

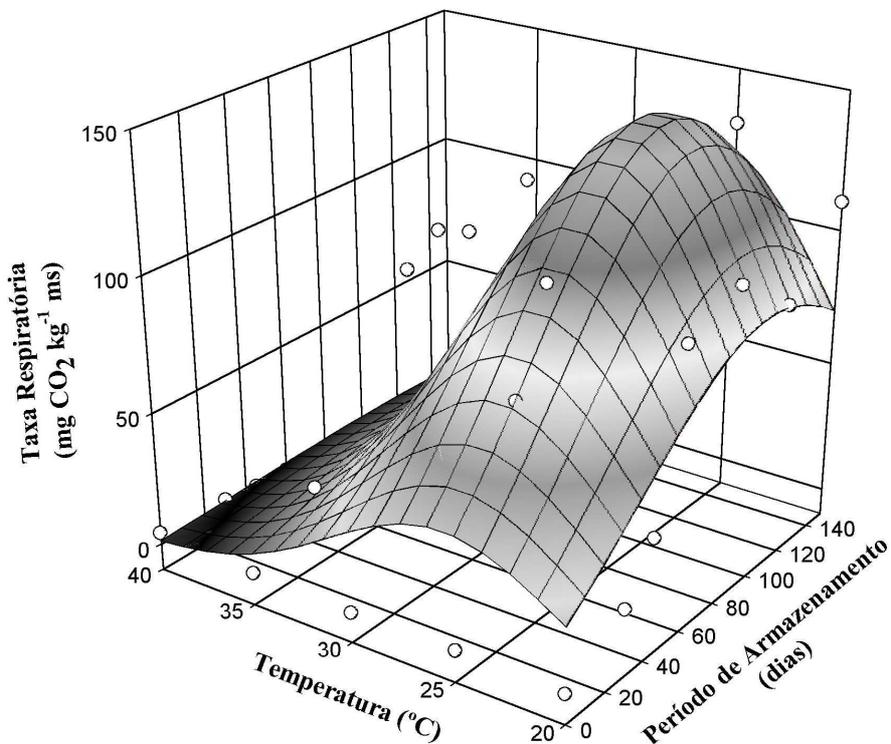


Figura 4. Valores médios da taxa respiratória (mg de CO₂ kg⁻¹ matéria seca) dos grãos de milho, ao longo do armazenamento, na presença do inseto-praga *S. zeamais*.

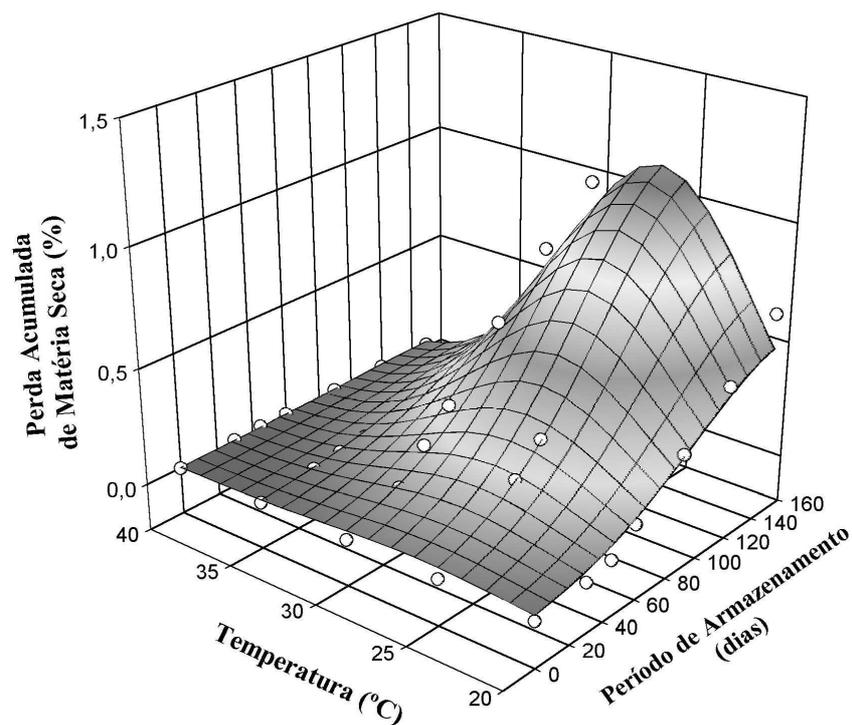


Figura 5. Perda acumulada de matéria seca (%) dos grãos de milho, ao longo do armazenamento, na presença do inseto-praga *S. zeamais*.

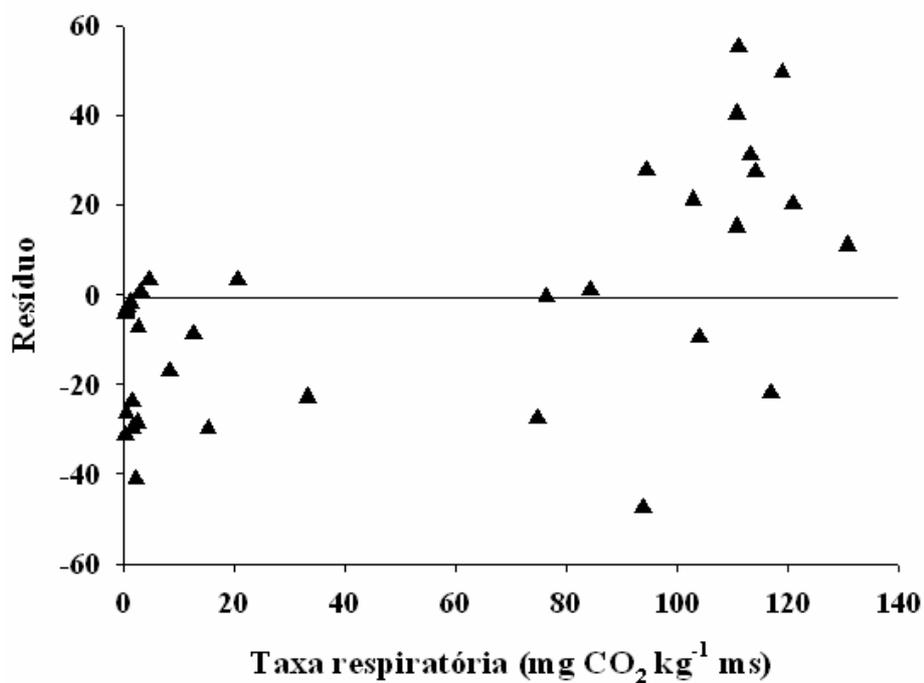


Figura 6. Distribuição dos resíduos para a equação ajustada em função dos valores estimados de taxa respiratória em grãos de milho infestado por *S. zeamais*.]

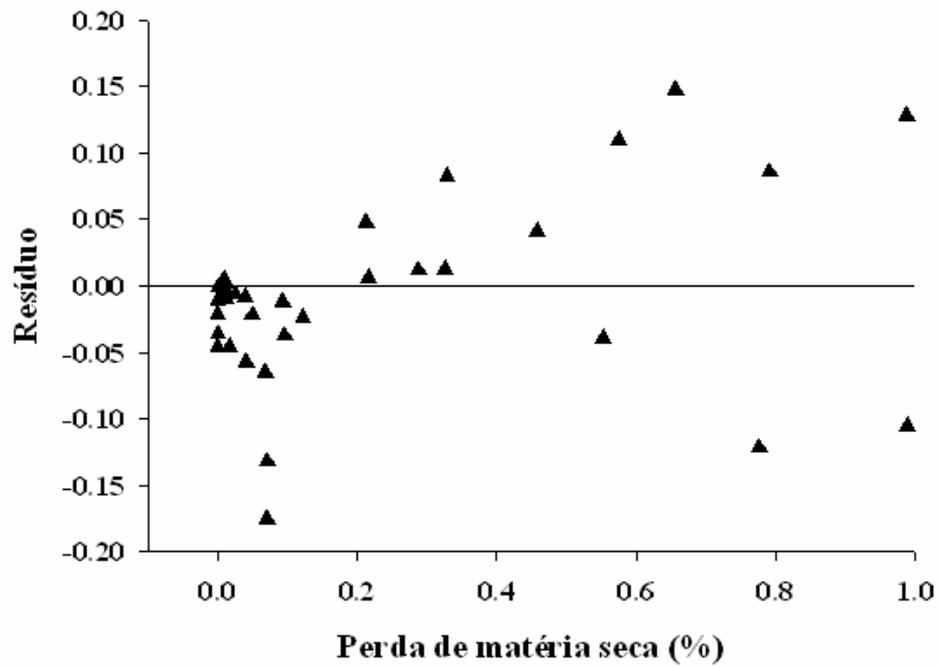


Figura 7. Distribuição dos resíduos para a equação ajustada em função dos valores estimados de perda de matéria seca em grãos de milho infestado por *S. zeamais*.