

Monitoramento da Dissipação do Gás Fosfina nas Proximidades da Unidade Armazenadora durante o Expurgo de Grãos para Controle de Pragas de Armazenamento¹

Marcelo Aparecido Alves Rodrigues²; Guilherme Gouvêa Ferttonani³; Irineu Lorini⁴

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países maiores produtores de grãos com uma estimativa de produção de 251,9 milhões de t na safra de 2019/20 (CONAB, 2020).

Toda essa produção de grãos ficará armazenada por diferentes períodos em silos metálicos verticais ou graneleiro horizontais, que pode ter problemas de conservação nesses ambientes, nem sempre com condições ideais de armazenamento, podendo sofrer ataque de pragas de grãos armazenados que exigirá medidas de controle (LORINI et al, 2015).

Para o controle de pragas de grãos armazenados, o expurgo com o uso do gás fosfina, é empregado como método curativo. A fosfina é aplicada na forma sólida em pastilhas ou sachês e liberada pela presença de umidade relativa do ar e temperatura ambiente favorável, esse gás é extremamente tóxico aos insetos de grãos armazenados, sendo eficaz em todas as fases do ciclo de vida, como ovo, larva, pupa e adulto (DAGLISH et al., 2002; LORINI, 2012; LORINI et al., 2007; 2011; 2013).

Ao manusear a fosfina para o procedimento de aplicação devem ser utilizados por todos os envolvidos os EPIs adequados (máscara de proteção respiratória com filtros específicos para gases ácidos e tóxicos, botas de borrachas, luvas impermeáveis macacão impermeável de manga comprida, óculos de segurança). O mesmo procedimento deve ser seguido rigorosamente ao término do expurgo, quando se inicia o procedimento de retirar a lona de isolamento sobre a massa de grãos, e ligar a ventilação para remoção do gás presente no interior da massa de grãos (LORINI et al., 2011; 2013).

Considerando a toxicidade do gás fosfina, o limite de tolerância varia de 0,1 a 0,5 mg/m³, sendo 0,1 mg/m³ para períodos de 8 horas de trabalho e 1,5 mg/m³ para períodos menores (FLORÃO et al., 2004; WHO, 1988). A dose oral letal de fosfeto de alumínio

¹Trabalho desenvolvido na Integrada Cooperativa Agroindustrial, Londrina, PR, unidade armazenadora de Cambé, PR. Publicado na PR Coop. Tecn. Cient., Curitiba, v. 16, ed. esp. 25, p. 18-31. 2020

²Integrada Cooperativa Agroindustrial, Londrina, PR. Acadêmico do curso de Agronomia da UNOPAR, Londrina, PR. E-mail: marcelo.rodrigues@integrada.coop.br

³Técnico agrícola. Acadêmico do curso de Agronomia da UNOPAR. Rua Angelino Rosim CEP 86038-398 Londrina, PR. E-mail: guifertonani@gmail.com

⁴Engenheiro Agrônomo, PhD em Pragas de Produtos Armazenados. ILConsultoria Empresarial. Rua Caminho do Engenho, 160/603B, Itacorubi, 88034-300. Florianópolis, SC. E-mail: lorini.irineu@gmail.com

para humanos fica em torno de 500 a 1.500 mg (ELLENHORN et al., 1997; ANGER et al., 2000). Apesar disso, doses muito pequenas foram reconhecidas como causa de óbito (KHOSLA et al., 1988).

No Brasil o uso da fosfina está regulamentado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que estabelece os limites de uso do produto (ANVISA, 2020) e pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), que estabelece as dosagens, espécies vegetais, pragas e recomendações de manuseio onde pode ser aplicada a fosfina para expurgo dos grãos (MAPA, 2020).

Para a legislação trabalhista considera-se um local insalubre ou expostos a insalubridade o trabalhador que estiver exposto a um limite acima de tolerância de 0,23 ppm ou 0,3 mg m³, conforme NR15, Anexo 11 (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2020).

Os fabricantes das diferentes marcas comerciais de fosfina estabelecem na bula de seus produtos diferentes precauções e de grandes diferenças, como “*Recomenda-se que a fumigação não seja feita a menos de 50 metros de residências*” em uma das marcas, enquanto que em outra marca a bula especifica como “*Não faça fumigação com o produto a menos de 150 metros das residências*” (MAPA, 2020). Estas precauções de segurança de uso de fosfina, apesar de serem discrepantes, são feitas sem uma comprovação técnica da dissipação real da fosfina no entorno do local expurgado. O expurgo deve seguir o guia de aplicação de responsabilidade técnica de um engenheiro agrônomo.

O objetivo desse trabalho foi de monitorar a dissipação do gás fosfina nas proximidades da unidade armazenadora e no interior do silo metálico, durante o expurgo de grãos, usado para controle de pragas de armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Unidade Armazenadora da Integrada Cooperativa Agroindustrial situada no município de Cambé, norte do Paraná. Esta unidade tem capacidade de armazenamento de 19.800 t de grãos, composta por 11 silos metálicos verticais, área de descarregamento de grãos com moegas e equipamento do tipo tombador mecânico de caminhão, máquinas de pré-limpeza e limpeza, secador de grãos, área de classificação de produtos agrícolas, expedição de grãos, balança e escritório administrativo (Figura 1).



Figura 1. Unidade Armazenadora de grãos da Integrada Cooperativa Agroindustrial aonde foi realizado o trabalho. Cambé, PR, 2020.

O trabalho foi realizado durante o expurgo dos grãos da unidade conduzido em um silo metálico de capacidade estática de armazenamento de 900 toneladas, com diâmetro de 16 metros. O silo se encontrava com 600 t de trigo, equivalente a 1.025 m^3 , durante o trabalho. O descarregamento do grão do silo é realizado por meio de um eixo sem fim com origem na base interna do silo e término na correia transportadora lateral. O sistema de aeração do silo ocorre por tubulação que se origina no ventilador externo e finaliza na base interna do silo. A base do silo é no formato de um trapézio invertido.

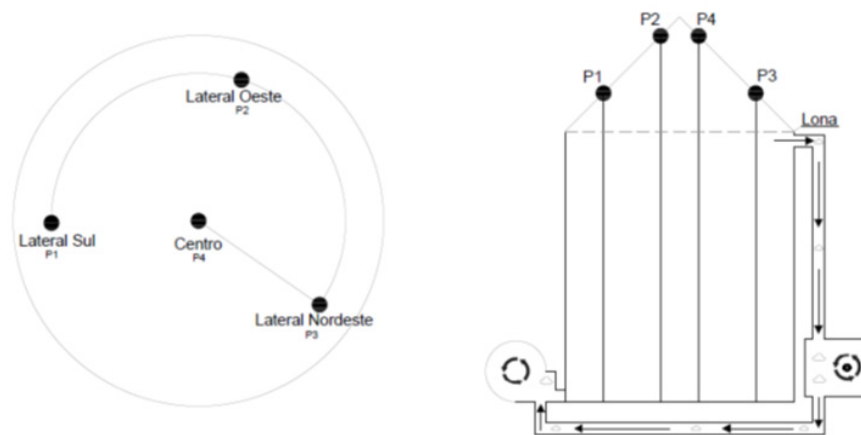


Figura 2. Sistema de medição da concentração de fofina instalado dentro do silo com mangueiras de medições próximas ao teto do silo nas posições Lateral Sul, Lateral Oeste, Lateral Nordeste e Centro. Cambé, PR, 2020

Para avaliar a dissipação da fofina durante o expurgo, foram instaladas quatro mangueiras de PVC na parte interna superior do silo, originando a 0,5 m do teto (próximo as saídas de ar), nas posições Lateral Sul, Lateral Oeste, Lateral Nordeste e Centro (Figura 2) e com a outra extremidade trazida para a base externa do silo e acopladas individualmente por um registro, com um adaptador na mangueira de sucção do aparelho de medição de fofina, para as medições de concentração do gás. Estas mangueiras registraram os vazamentos de fofina no espaço vazio interno do silo, entre a lona e o telhado, durante todo o expurgo e a sua dissipação interna após o final do procedimento.



Figura 3. Sistema de medição da concentração de fofina nas proximidades da Unidade Armazenadora da Integrida Cooperativa Agroindustrial indicando os pontos de medição nas quatro posições Norte, Sul, Leste e Oeste. Cambé, PR, 2020.

Para verificar a dissipação da fosfina nas proximidades do silo que estava em expurgo, foram realizadas medições da presença do gás fosfina (PH_3) em distâncias de zero, 1, 5, 10, 15, 30, 50, 100 e 150 m da lateral do silo metálico, nos quatro pontos cardeais, Norte, Sul, Leste e Oeste, para cada distância, totalizando 36 pontos de medição externa e quatro pontos internos no silo (Figura 3).

Para as medições externas de fosfina foi desenvolvido uma base móvel em formato de tripé, de 1,73 m de altura (altura média do homem brasileiro), com colocação do medidor de fosfina no topo deste em cada medição (Figura 4).

O monitoramento da concentração de fosfina foi realizado diariamente com auxílio do medidor de fosfina, modelo SiloChek da Canary Co da Austrália, que possui sensor de fosfina com sensibilidade de medição de 1,0 ppm e limite máximo de 2.000 ppm, para medições no interior do silo. Para as medições externas foi usado o medidor modelo Uniphos da Índia com sensibilidade de medição de 0,1 ppm e limite máximo de 20 ppm. Também foi registrado a velocidade do vento nas proximidades do silo expurgado com auxílio do anemômetro T-DG 800 portátil de marca Instrutherm.



Figura 4. Base móvel em formato de tripé para colocação do medidor de fosfina no topo, usado nas proximidades da Unidade Armazenadora da Integrada Cooperativa Agroindustrial. Cambé, PR, 2020.

As medições da concentração de fosfina foram realizadas a primeira três horas após o início do expurgo, e após sempre em intervalos de 24 horas durante os 10 dias de expurgo, e mais quatro dias após este para verificar a dissipação após finalização do expurgo, conforme intervalo de segurança preconizado pela ANVISA (ANVISA, 2020).

Os resultados das medições da concentração de fosfina em cada ponto de medição, na parte externa e interna do silo, foram representados graficamente para verificação da dissipação da mesma no ambiente após expurgo dos grãos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram a presença do gás fosfina na parte interna do silo, no espaço vazio entre a lona colocado sobre os grãos e o teto do silo, durante o procedimento de expurgo.

Verificou-se vazamentos de fosfina neste espaço interno do silo, com concentração do gás variando de 6 a 12 ppm, detectada três horas após a liberação das pastilhas do expurgo, e chegando ao máximo de vazamento as 48 horas após início do expurgo, com concentrações de 60 a 108 ppm. Estes vazamentos foram diminuindo rapidamente durante o tempo de expurgo, chegando ao final, as 264 horas, com medições de um e três ppm (Figura 5).

A lona de expurgo colocada sobre os grãos foi bem vedada, com fita adesiva e pesos, contra as paredes laterais do silo e junto aos cabos de termometria, mesmo assim não foi suficiente para impedir estes vazamentos do gás para o espaço interno do silo.

Embora importantes estes vazamentos na parte interna do silo, estes representam uma pequena fração da concentração medida no interior da massa de grãos durante o expurgo do trigo, que ficou acima dos 400 ppm, mínimos necessários, durante todo período, chegando a concentrações de 1.255 ppm as 48 horas após a aplicação da fosfina no grão (FERTONANI et al. 2020, não publicado).

Os resultados das medições internas do silo, na parte entre a lona de expurgo e o teto do silo, evidenciaram ausência total do gás fosfina, após 24 horas da retirada da lona que aconteceu as 264 horas do início do expurgo. Isto é relevante para o setor operacional porque pode permitir a re-entrada de pessoas no interior do silo, sem riscos, uma vez que não existe mais a presença do gás (Figura 5). Deve ser lembrado, no entanto que a retirada da lona foi acompanhada de ventilação imediata do silo através do acionamento do sistema de aeração.

As medições externas, nas proximidades do silo, realizadas todos os dias, desde antes do início do expurgo até o final deste as 360 horas da liberação do gás fosfina dentro do silo, mostraram a quase inexistência de fosfina neste local, permitindo um ambiente seguro para os trabalhadores da unidade de grãos e os moradores próximos deste local de trabalho (Figura 6). Foi detectada a presença do gás apenas no entorno do silo, a zero m de distância, onde ocorreram vazamentos pelas chapas, ou seja, presença de 0,50 ppm na direção norte e 0,20 ppm na sul, nas 48 horas após início do expurgo; 0,48 e 0,45 ppm nas direções norte e leste, respectivamente, na medição de 96 horas; 0,70 e 0,89 ppm nas direções norte e leste, respectivamente, nas 144 horas; e 1,0 ppm na direção norte nas 216 horas após liberação do gás no interior do silo (Figura 6).

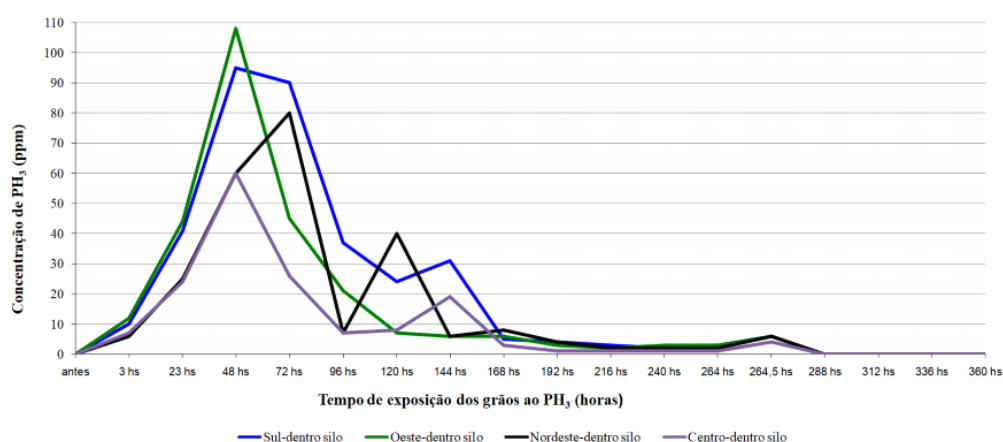


Figura 5. Monitoramento da concentração de fosfina (PH₃), em pontos instalados dentro do silo metálico com mangueiras de medições próximas ao teto do silo nas posições Lateral Sul, Lateral Oeste, Lateral Nordeste e Centro, durante expurgo do trigo armazenado realizado com a recirculação do gás fosfina. Cambé, PR, 2020.

Em todas as demais medições a presença de fosfina foi zero, mesmo em todas as direções norte, sul, leste e oeste, e por várias distancias do silo em expurgo como 1, 5, 10, 15, 30, 50, 100 e 150 m, e durante todos os 15 dias que durou o procedimento de expurgo (onze dias de exposição do grão ao gás e mais quatro dias de ventilação conforme intervalo de segurança definido para fosfina) (Figura 6).

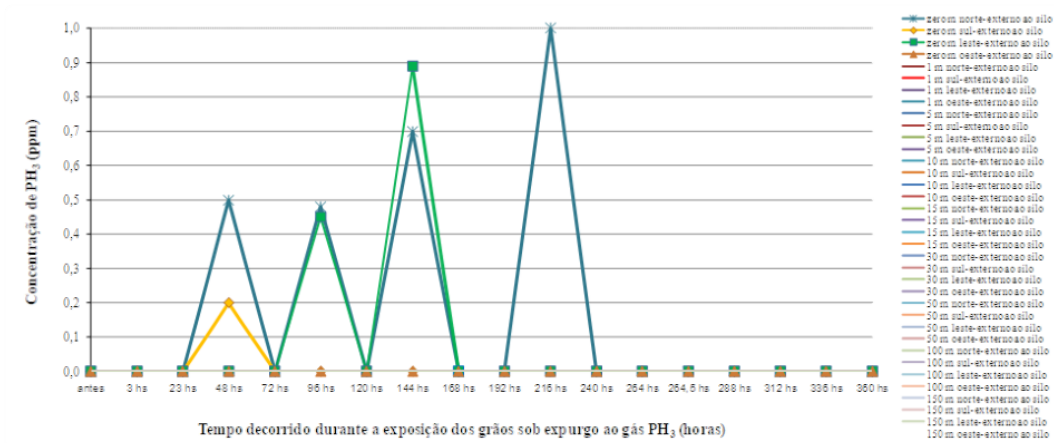


Figura 6. Monitoramento da concentração de fosfina (PH₃) presente nas proximidades do silo metálico, durante o expurgo do trigo armazenado. Medições do gás realizadas considerando as distancias de zero a 150m do silo e em quatro direções distintas (norte, sul, leste e oeste). Cambé, PR, 2020.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho permitiu conhecer a dissipação do gás fosfina, usado largamente no mundo todo para eliminação das pragas de grãos armazenados nos silos e armazéns, evidenciando que a sua dispersão e degradação é muito rápida no ambiente de armazenagem. O expurgo realizado de forma adequada, com vedação de todos os pontos da estrutura a ser tratada, não permite perda de gás para o exterior e proximidades do silo, oferecendo segurança operacional ao pessoal que trabalha na unidade e aos que residem no entorno desta unidade. Embora medida a concentração do gás num raio de 150 m de distância do silo, não foi observada presença de fosfina além das bordas do silo com pequenos vazamentos entre as chapas metálicas.

O gás fosfina (PH₃) liberado no ambiente externo do silo, se combina imediatamente com o oxigênio atmosférico, resultando no ácido fosfórico, que é praticamente inofensivo e se perde no ambiente atmosférico. Esta dispersão e transformação da fosfina oferece um ambiente mais seguro ao pessoal operacional das unidades armazenadoras.

No entanto, é importante o uso dos equipamentos de proteção individual (EPIS) em toda a operação de expurgo, especialmente quando estão sendo liberadas as pastilhas contendo fosfina e no final do procedimento, quando da retirada da lona sobre o grão. Estes momentos são os de maior exposição ao gás, acima do limite de tolerância permitido pela NR15. O silo expurgado deve seguir o critério de isolamento e identificação de área expurgada, com o intuito que pessoas não envolvidas no processo venham a ficar expostas

ao risco ao gás fosfina.

REFERENCIAS

ANGER, F.; PAYSANT, F.; BROUSSE, F.; NORMAND, I.; DEVELAY, P.; GALLIARD, Y.; BAERT, A.; LE GUEUT, M.A.; PEPIN, G.; ANGER, J.P. Fatal aluminum phosphide poisoning. *Journal of Analytical Toxicology*, v.24, p. 90-92, 2000.

ANVISA. Agrotóxicos: Monografias autorizadas. Brasília, DF, 2020. Disponível em: < <http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos/autorizadas> > Acesso em: 31 mar 2020.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira - grãos**, safra 2019/20 sexto levantamento. Março/2020. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> > Acesso em: 31 mar 2020.

DAGLISH, G.J.; COLLINS, P.J.; PAVIC, H., KOPITTKKE, R. Effects of time and concentration on mortality of phosphine-resistant *Sitophilus oryzae* (L) fumigated with phosphine. **Pest Management Science**, v.58, p.1015-1021, 2002.

ELLENHORN, M.J.; SCHORNWALD, S.; ORDOG G.; WASSERBERGER, J. Ellenhorn's medical toxicology: diagnosis and treatment of human poisoning. 2 ed., Baltimore: Williams & Wilkins. 1997.

FLORÃO, A.; FONSECA, R.V.; LOPES, M.; GABRIEL, M. M. Fosfina: riscos. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-108, Jul- Dez/2004.

KHOSLA, S.N.; NAND, N.; KUMAR, P. Cardiovascular complications of aluminium phosphide poisoning. **Angiology**, p. 355-359, 1988.

LORINI, I. Insetos que atacam grãos de soja armazenados. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B., CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF, 2012. Embrapa. p. 421-444.

LORINI, I.; COLLINS, P. J.; DAGLISH, G. J.; NAYAK, M. K.; PAVIC, H. Detection and characterisation of strong resistance to phosphine in Brazilian *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). **Pest Management Science**, v. 63, p. 358-364, 2007.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Expurgo da semente de soja com fosfina e seu efeito na qualidade fisiológica – Série Sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 12p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 97).

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. Monitoramento da liberação do gás PH₃ por pastilhas de fosfina usadas para expurgo de sementes. **Informativo Abrates**, Londrina, PR, v. 21, n. 3, p. 57-60, 2011.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A.; HENNING, F. A. **Manejo Integrado de Pragas de Grãos e Sementes Armazenadas**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 81 p.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA (TRABALHO). Norma Regulamentadora Nº 15 - Atividades e Operações Insalubres. < <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-15-atividades-e-operacoes-insalubres> >. Acesso em: 31 mar 2020.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários – AGROFIT. < http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons >. Acesso em: 31 mar 2020.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Phosphine and selected metal phosphides. IPCS, Environmental Health Criteria 73, WHO, Geneva.1988.