



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE LARANJEIRAS DO SUL
CURSO DE AGRONOMIA - LINHA DE FORMAÇÃO EM AGROECOLOGIA**

RAPHAEL NASCIMENTO DA SILVA

CONTROLE DE *Sitophilus* spp. COM BAIXA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO

LARANJEIRAS DO SUL

2018

RAPHAEL NASCIMENTO DA SILVA

CONTROLE DE *Sitophilus* spp. COM BAIXA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof^o. Dr. Josuel Alfredo Vilela Pinto

LARANJEIRAS DO SUL

2018

**CONTROLE DE *Sitophilus* spp. COM BAIXA CONCENTRAÇÃO DE
OXIGÊNIO**

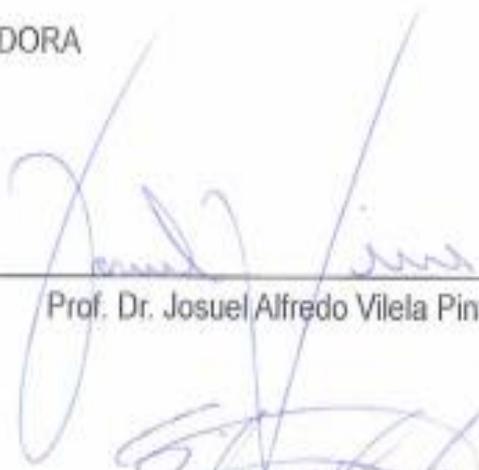
Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia linha de formação em Agroecologia da Universidade Federal da Fronteira Sul- Campus Laranjeiras do Sul (PR).

Orientador: Prof. Josuel Alfredo Vilela Pinto

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

____/____/____

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Josuel Alfredo Vilela Pinto



Eng. - agrônoma Silvana da Costa



Prof. Dr. Roberson Dibax

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelas oportunidades a mim dadas e por conceder a força de vontade de seguir em frente.

Aos meus pais João Batista da Silva e Joceli Pereira Nascimento da Silva pela confiança, apoio e carinho e, principalmente esforço de ambos para que eu chegasse até aqui e, ao meu irmão Thiago Nascimento da Silva por ajudar a eles e a mim nesse processo.

Aos meus amigos Janaína Penteado, Naiane Malherbi e Cristiano Gressana que ajudaram no desenvolvimento e conclusão desse trabalho.

Aos Professores Aline Pomari Fernandes e Roberson Dibax pelo auxílio e esclarecimento de dúvidas.

Aos técnicos de laboratório Silvana e Augusto pelo auxílio e incentivo.

Ao meu orientador Professor Josuel Alfredo Vilela Pinto pelas orientações técnicas e científicas no decorrer desse trabalho.

E aos demais colegas e amigos que de outras formas também contribuíram. Obrigado a todos.

RESUMO

Os coleópteros pertencentes ao gênero *Sitophilus* spp. estão entre as pragas de armazenamento mais destrutivas e danosas pois, possuem elevada capacidade reprodutiva, de sobreviver em profundidade na massa de grãos, de atacar sementes e grãos intactos e sadios, apresentam infestação cruzada e possuem certo grau de resistência a determinados produtos químicos utilizados como método de controle. Dessa forma, métodos alternativos têm sido crescentemente pesquisados e testados. Tendo o exposto, o objetivo do presente trabalho foi de avaliar o tempo de exposição na eficiência do baixo oxigênio para controle de *Sitophilus* spp. Para condução do experimento foram utilizados frascos de vidro contendo substrato alimentar (milho moído) e 20 insetos não sexados com idade média de 40 dias, onde foram submetidos a concentrações de 0, 7, 14 e 21 kPa (testemunha) de oxigênio (O₂) e 0,04 kPa de gás carbônico (CO₂ /valor fixo) durante um período de exposição de 20, 40 e 60h. Decorrido o tempo de exposição, os frascos foram abertos e em seguida, realizada verificação de movimento e atividade dos insetos nos tempos 0 (logo após), 12 e 24h após. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 tratamentos, 6 repetições e 3 tempos de exposição. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as diferenças entre médias comparadas pelo teste Tukey a 5 % de significância através do programa Assistat®. Os resultados mostraram que as concentrações de 0 e 7 kPa de oxigênio provocaram 100% de mortalidade dos insetos quando estes foram submetidos a 60h de exposição a essas concentrações de gases, sendo verificada sua inatividade nos três tempos de verificação previamente estabelecidos.

Palavras-chave: O₂. Grãos armazenados. Pragas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Imagem 1 - Criação dos insetos	12
Imagem 2 - Composição da amostra (repetição)	13
Imagem 3 - Analisador de gases portátil	14
Figura 1 - Esquema cilindro-frasco-analisador de gases para montagem do experimento e manutenção dos níveis dos gases.....	14
Imagem 4 - Frascos após o término do tempo de exposição.....	15
Imagem 5 - Verificação da inatividade de <i>Sitophilus</i> spp. nos tempos pré-estabelecidos	15
Tabela 1 - Inatividade observada de insetos submetidos a 20 h de exposição a diferentes concentrações de O ₂	16
Tabela 2 – Inatividade observada de insetos submetidos a 40 h de exposição a diferentes concentrações de O ₂	17
Figura 2 - Número de insetos em atividade após 20h de exposição para 3 tempos de verificação	17
Figura 3 - Número de insetos em atividade após 40h de exposição para 3 tempos de verificação	18
Tabela 3 – Inatividade observada de insetos submetidos a 60 h de exposição a diferentes concentrações de O ₂	18
Figura 4 - Número de insetos em atividade após 60h de exposição para 3 tempos de verificação	19

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVOS	8
2.1	OBJETIVO GERAL	8
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3.1	PRAGAS DE ARMAZENAMENTO	8
3.1.1	<i>Sitophilus</i> spp.	9
3.2	MÉTODOS DE CONTROLE	10
3.2.1	Controle com uso de baixo oxigênio	11
4	MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1	LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO	12
4.2	OBTENÇÃO DO MATERIAL DE PESQUISA	12
4.2.1	Criação dos insetos	12
4.3	TRATAMENTOS E AVALIAÇÕES	13
4.4	ANALISE ESTATÍSTICA	15
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
6	CONCLUSÃO	19
	REFERENCIAS CONSULTADAS	20

1 INTRODUÇÃO

A qualidade final de grãos armazenados está relacionada a interação de diversos fatores em conjunto, desde as práticas de manejo adotadas no campo até as operações realizadas após a colheita. Entre eles, a presença de pragas durante o armazenamento, pode ocasionar perdas físicas, fisiológicas, bromatológicas e conseqüentemente, a redução do valor comercial e/ou inviabilidade de uso de grãos e sementes para determinados fins (ELIAS et al., 2009).

Entre as pragas mais destrutivas e danosas desta fase, estão os coleópteros pertencentes ao gênero *Sitophilus* spp., insetos caracterizados pela elevada capacidade reprodutiva, capazes de sobreviver em profundidade na massa de grãos e de atacar grãos intactos, apresentar infestação cruzada e certa resistência a determinados produtos químicos de controle empregados (GALLO et al., 1988; GUEDES et al, 1996; LORINI et al. 2015).

Tendo o insucesso desses produtos em alguns casos, métodos de controle alternativos têm sido pesquisados e testados. Entre eles está o uso de pós inertes a base de terra de diatomáceas e de atmosfera controlada através da alteração da concentração de gases em determinado ambiente (AGUIAR et, 2004; AFONSO, SILVA e BERBERT, 2008). Entre outras vantagens, ambos os métodos não possuem efeito residual tanto no produto quanto no ambiente, são seguros para aplicadores e consumidores e se adequam, por exemplo, as restrições encontradas na agricultura orgânica e agroecológica, que não permite o uso de produtos sintéticos de acordo com a Lei 10.831/03 (CARLI, 2007).

A atmosfera controlada é obtida em ambiente hermeticamente fechado reduzindo-se a concentração do gás oxigênio normalmente presente através da sua substituição por dióxido de carbono (gás carbônico) ou nitrogênio. O objetivo é obter uma proporção de gases que seja capaz de afetar o metabolismo básico de sobrevivência dos insetos causando assim, sua morte ao passo que, não provoque nenhuma ou mínima alteração na viabilidade e qualidade das sementes e grãos (AGUIAR et al, 2004).

Dessa forma, encontrar a concentração de gases com baixas quantidades de oxigênio que seja eficiente para o controle de *Sitophilus* spp., contribuirá como meio alternativo no manejo desses insetos, devido as falhas e desvantagens de outros

métodos utilizados. Outra variável a ser estabelecida é o tempo mínimo necessário para que a exposição dos insetos a esses gases seja eficaz.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Controlar *Sitophilus* spp. utilizando baixas concentrações de oxigênio (O₂).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Determinar a concentração de oxigênio mais eficiente no controle *Sitophilus* spp. em unidades de armazenamento.
- b) Determinar qual tempo de exposição as baixas concentrações de O₂ é o mais eficiente no controle do inseto.
- c) Oferecer um método alternativo de controle para *Sitophilus* spp. em unidades de armazenamento.
- d) Obter resultados preliminares que possam ser utilizados para outros insetos praga que atacam grãos armazenados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PRAGAS DE ARMAZENAMENTO

O armazenamento de grãos é uma das etapas do processo de produção que exige diversos cuidados pois, são vários os elementos que podem influenciar negativamente nesta fase e decorrer em prejuízos econômicos devido à perda dos grãos quando submetidos a condições inadequadas. No Brasil, esse valor chega a 10% do total de grãos produzidos anualmente conforme estimado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e pela FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) (LORINI, 2008).

Dentre os elementos indesejáveis que a armazenagem incorreta pode acarretar, está a presença de insetos praga que ao atacarem os grãos, contribuem e facilitam o aparecimento e proliferação de fungos que entre outros problemas, podem afetar a capacidade de germinação de sementes (armazenadas) e prejudicar a saúde do consumidor final (humano ou animal) seja pela ingestão de produto *in natura* ou derivado, devido a presença de micotoxinas oriundas da atividade metabólica desses

organismos (SANTOS, 2006). Além disso, presença de partes dos insetos, insetos vivos ou larvas (fase jovem de algumas espécies) provocam depreciação dos grãos e de produtos subsequentes (LORINI, 2008; LORINI, 2015). Antunes (2006) exemplifica essa condição com o trigo, onde a presença de insetos vivos dentro de um lote de grãos, compromete a qualidade da farinha utilizada posteriormente em indústrias alimentícias e, portanto, o torna inviável para comercialização.

Assim, é fundamental estabelecer estratégias de manejo e controle de pragas em grãos armazenados. Para isso, torna-se necessário conhecer características como ciclo reprodutivo e hábito de alimentação de cada espécie. Quanto a esse hábito, as pragas são costumeiramente divididas em dois diferentes grupos: primárias e secundárias (PIMENTEL, SANTOS e LORINI, 2011).

As pragas primárias se caracterizam por atacarem sementes e grãos bons e intactos, podendo ser internas ou externas de acordo com o ciclo de desenvolvimento. Em decorrência disso, as pragas internas perfuram os grãos, se alimentam do seu interior e em seguida, depositam seus ovos dentro, que após eclodirem passam pela fase larval dentro do grão. Já as pragas externas utilizam os grãos e sementes apenas para fins de alimentação (PIMENTEL, SANTOS e LORINI, 2011; LORINI, 2008).

Pragas secundárias não são capazes de atacar grãos intactos, necessitando um dano físico (grão quebrado ou trincado) pré-existente, para que possam alimentar do interior do grão. Geralmente, apresentam rápida multiplicação e causam prejuízos elevados (LORINI et al., 2010).

3.1.1 *Sitophilus* spp.

Entre as pragas primárias internas de grãos armazenados, o gênero *Sitophilus* spp., da ordem coleoptera, família Curculionidae, são popularmente conhecidos como gorgulhos. São caracterizados por apresentar larvas de coloração amarelo claro com cabeça escura, pupas brancas e adultos de coloração castanha com manchas variadas nas asas anteriores (élitro), podendo medir de 2,0 a 3,5 mm de comprimento e cabeça projetada à frente em forma de rostro curvado e que permite a identificação e separação de gêneros, sendo mais curto e grosso nos machos e mais longo e afilado, nas fêmeas (LUM e BAKER, 1975; BOTTON et al., 2005).

Sendo praga interna, a postura dos ovos e a fase de larva ocorre dentro do grão e após desenvolvidas, saem para empupar e emergir como adultos, as fêmeas chegam a produzir aproximadamente 280 ovos durante um ciclo de vida de até 140

dias. Os danos causados pelas larvas e pupas decorrem em redução de peso, da qualidade física e bromatológica, da capacidade germinativa de sementes, contaminação por impurezas e inviabilização de lotes para determinados fins (PIMENTEL, SANTOS e LORINI, 2011).

Além disso, *Sitophilus* spp. apresenta infestação cruzada, ou seja, tem a capacidade de infestar sementes tanto no campo quanto no local de armazenagem, onde é capaz de penetrar profundamente na massa de grãos e sobreviver sob condições de baixa umidade, elevada temperatura e falta de luminosidade e, possui vários hospedeiros como o trigo, milho, arroz, cevada e aveia, por exemplo. Ainda, mais de uma espécie do gênero pode ocorrer conjuntamente, o que torna a identificação mais difícil (BOTTON et al, 2005).

3.2 MÉTODOS DE CONTROLE

Atualmente, o principal meio de controle utilizado no manejo de pragas em grãos armazenados é baseado no uso de inseticidas químicos como forma preventiva ao ataque dos insetos e expurgo com fosfina, como tratamento curativo. No entanto, outras táticas de controle, baseadas no uso de produtos mais naturais como pós a base de terra de diatomáceas e de pós de extratos de plantas tem se destacado em pesquisas (LORINI, 2015).

O tratamento preventivo com os inseticidas deve ser realizado logo após a chegada dos grãos à unidade armazenadora, por meio de pulverização homogênea e de acordo com a dose registrada e adequada (LORINI, 2008; PIMENTEL, SANTOS e LORINI, 2011). O uso da fosfina ocorre quando é identificada infestação da massa de grãos a partir da vedação completa do local (silos, armazéns, etc.), devendo-se respeitar o período de exposição adequado para cada tipo de praga bem como a dose indicada (BOTTON et al, 2005; LORINI, 2008; PIMENTEL, SANTOS e LORINI, 2011).

Como citado anteriormente, o uso de pós a base de terra de diatomáceas tem crescido como alternativa de controle por parte dos produtores (BOTTON et al, 2005; LORINI, 2008; PIMENTEL, SANTOS e LORINI, 2011). Por se tratar de um pó inerte, sua forma de agir se configura em provocar a morte dos insetos por dessecação, ou seja, pela perda de água do corpo até um limite intolerável. Isso decorre, em consequência ao rompimento da camada de cera da epicutícula dos insetos devido a abrasividade causada pelo pó durante o contato (SUBRAMANYAM; ROESLI, 2000).

Entre as vantagens desse método pode-se citar a sua efetividade sobre diversas espécies de pragas, inclusive aquelas populações já resistentes à determinados produtos químicos, efeito residual de longa duração, uso diretamente sobre as sementes e grãos e, é seguro para operadores e consumidores (PIMENTEL, SANTOS e LORINI, 2011).

No entanto, em qualquer situação, para que as estratégias de manejo e controle estabelecidas sejam eficientes, faz-se necessário outras medidas fundamentais como realizar monitoramento da massa de grãos rotineiramente, de forma que uma mínima presença de insetos possa ser detectada com antecedência suficiente para evitar perda de peso e qualidade dos grãos. Esse monitoramento permite ainda, a mensuração de variáveis como temperatura e umidade que, quando inadequadas podem corroborar com o aparecimento e desenvolvimento de populações de pragas e conseqüentemente, com as perdas (PIMENTEL, SANTOS e LORINI, 2011).

3.2.1 Controle com uso de baixo oxigênio

Sendo a disponibilidade de oxigênio um fator capaz de afetar sobrevivência, desenvolvimento e crescimento dos organismos aeróbicos em qualquer meio em que estejam inseridos, o uso de atmosfera controlada para manejo de pragas de armazenamento também se apresenta como interessante alternativa de controle. Pois, a partir da alteração da concentração de seus gases constituintes, pode-se obter uma nova combinação, capaz de afetar o metabolismo básico provocando a morte desses insetos (AGUIAR et al.,2004).

Assim como ocorre com o uso de terra de diatomáceas, por se tratar de um meio que age na estrutura física dos organismos alvo, atingindo o sistema respiratório dos insetos, as vantagens estariam relacionadas a segurança de aplicação, a inexistência de resíduos tóxicos contaminante para pessoas, solo e água, a manutenção da viabilidade das sementes, qualidade dos grãos, não ocorrência de populações resistentes, entre outras (CARLI, 2007).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO

O presente trabalho foi desenvolvido nos laboratórios de Climatologia e Entomologia agrícola da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* de Laranjeiras do Sul.

4.2 OBTENÇÃO DO MATERIAL DE PESQUISA

4.2.1 Criação dos insetos

Os insetos utilizados no bioensaio foram obtidos por meio de criação mantida no laboratório de Entomologia da UFFS, em sala climatizada à temperatura de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $40\pm 10\%$ e escotofase de 24 h, dentro de recipientes de vidro de 2 litros, contendo 1000 gramas de sementes de milho (Imagem 1). Os recipientes foram vedados com tampa plástica perfurada ou tela de nylon, de forma a permitir trocas gasosas com o ambiente e impedir a fuga dos insetos. A renovação do substrato alimentar e da criação foi realizada a cada 25 dias, separando-se os adultos dos grãos contaminados utilizando uma peneira. Esses adultos foram utilizados para infestação de novos recipientes a fim de dar continuidade a criação.

Imagem 1 – Criação dos insetos



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

4.3 TRATAMENTOS E AVALIAÇÕES

Os tratamentos e avaliações foram realizados no laboratório de Climatologia da UFFS à temperatura de $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $60\pm 10\%$. Para o experimento, foram utilizados frascos de vidro de 550 ml hermeticamente vedados contendo em seu interior um copo plástico de 50 ml, suspenso, com aproximadamente 12g de cal virgem (óxido de cálcio - CaO) também vedado com tela fina de nylon, 20 gorgulhos (*Sitophilus* spp.) não sexados e com idade média de 40 dias e, aproximadamente 7g de milho moído servindo de alimento (Imagem 2). A cal foi utilizada de forma a evitar o aumento da concentração de CO_2 no recipiente.

Imagem 2 – Composição da amostra (repetição)



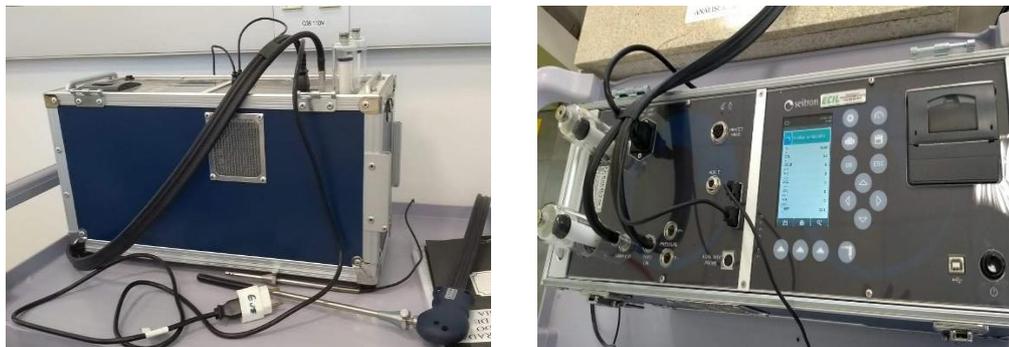
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Os tratamentos foram constituídos pela adoção de diferentes concentrações de oxigênio na atmosfera dos frascos, sendo T1 = 0 kPa; T2 = 7 kPa; T3 = 14 kPa e T4 (testemunha) = 21 kPa. Para o gás carbônico, se adotou concentração fixa (0,04 kPa). As pressões parciais de O_2 estabelecidas nos tratamentos foram obtidas pelo princípio de diluição, com varredura de O_2 através de injeção de gás nitrogênio proveniente de um cilindro industrial de alta pressão. As pressões parciais de CO_2 foram obtidas através da injeção deste gás, proveniente do cilindro, no interior das minicâmaras.

O cilindro foi acoplado a cada frasco individualmente. Para determinar os níveis de O_2 e CO_2 desejados e para manutenção desses níveis, que se modificavam em

função do metabolismo dos insetos, foi utilizado analisador de gases portátil modelo Chemist 900 (Ecil, São Paulo) (Imagem 3), também acoplado ao frasco. A figura 1 exemplifica o esquema cilindro-frasco-analisador de gases.

Imagem 3 – Analisador de gases portátil



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

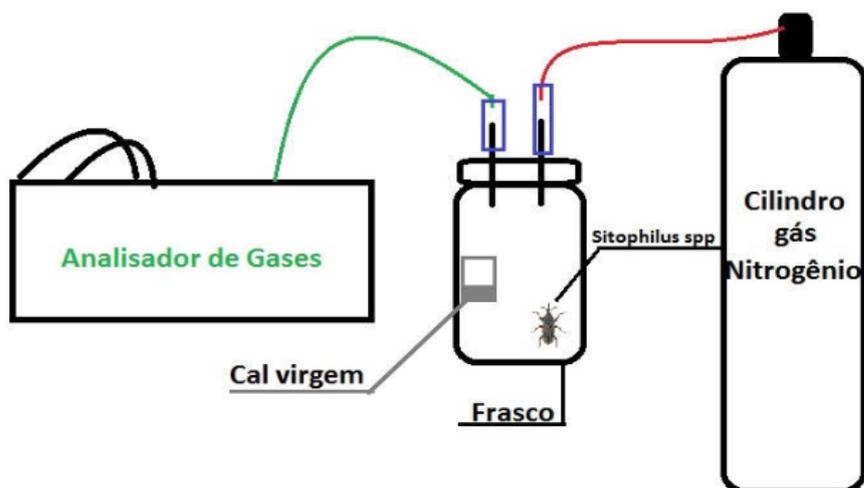


Figura 1: Esquema cilindro-frasco-analisador de gases para montagem do experimento e manutenção dos níveis dos gases.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Cada tratamento foi constituído por 06 (seis) repetições, sendo cada uma delas composta por um frasco. Os insetos foram expostos a 20, 40 e 60 horas sob a concentração de gases determinada e em seguida, após o término desse tempo, o frasco foi aberto e vedado apenas com tecido de nylon envolto por borracha para impedir a saída dos insetos (Imagem 4) e foi realizada observação de movimento dos

indivíduos nos tempos 0, 12 e 24 horas após o término do tempo de exposição, de forma a verificar se houve inatividade dos insetos (Imagem 5).

Imagem 4 – Frascos após o término do tempo de exposição



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Imagem 5 – Verificação da inatividade de *Sitophilus* spp. nos tempos pré-estabelecidos



Devido a tanatose apresentada pelos insetos, quando não apresentavam movimentos, foram considerados inativos aqueles que não iniciavam esses movimentos decorridos 3 minutos (CAMPOS et al., 2014).

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 4 tratamentos (0, 7, 14 e 21 kPa de O₂), 6 repetições e 3 tempos de exposição (20, 40 e 60h), sendo verificada atividade de movimentação dos insetos em 3 diferentes tempos (0, 12 e 24h) após o término da exposição. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente as médias comparadas pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$) através do programa Assisat® versão 7.7 beta (SILVA e AZEVEDO, 2009). Os dados foram transformados em arco seno ($\sqrt{x/100}$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode ser observado na tabela 1, para o tempo de 20 h de exposição dos insetos a baixas concentrações de O₂, foi constatado que logo após a abertura dos frascos, não foi verificada movimentação dos insetos nos tratamentos com 0 e 7 kPa de presença de oxigênio, não se diferenciando estatisticamente dos demais tratamentos. Entretanto, quando realizada nova avaliação, 12h após o término do período de exposição, praticamente todos os insetos apresentaram sinais vitais, não

comprovando assim a eficiência destes tratamentos na Inatividade observada de *Sitophilus* spp. Na verificação realizada 24h após, se constatou que 100% dos insetos de todos os tratamentos estavam em atividade. (Tabela 1).

Tabela 1. Inatividade observada de insetos submetidos a 20h de exposição a diferentes concentrações de O₂.

Concentração de oxigênio	Verificação de movimento (h) ***		
	0	12	24
0 kPa	00,00 ± 0,00c*	19,17 ± 0,28b	20,00 ± 0,00a
7 kPa	00,00 ± 0,00c	19,17 ± 0,28b	20,00 ± 0,00a
14 kPa	17,34 ± 1,33b	19,83 ± 0,28a	20,00 ± 0,00a
21 kPa	20,00 ± 0,00a	20,00 ± 0,00a	20,00 ± 0,00a
CV (%)**	8,75	1,81	0,00

*Média ±desvio padrão. Valores que apresentam a mesma letra, em uma mesma coluna, não apresentam diferenças significativas ($p>0,05$) pelo Teste de Tukey a 95% de confiança.

**CV (%) = coeficiente de variação.

*** Observação de atividade dos insetos em três diferentes tempos (0, 12 e 24h) após o término do período de exposição.

O “desmaio” dos insetos provocado pelos tratamentos de 0 e 7 kPa inicialmente (tempo logo após a abertura dos frascos) pode ser atribuído a um efeito fisiológico que ocorre com o organismo dos mesmos quando submetidos a ausência ou baixa concentração de oxigênio onde, se verifica redução das suas reações aos estímulos do ambiente, conforme afirma Aguiar et al. (2004). Ainda, Donahaye (1996) em seus estudos verificou que ausência de oxigênio reduz reações geradoras de energia cerca de 5% abaixo do valor normal no organismo dos insetos, diminuindo assim sua atividade metabólica. De acordo com o mesmo autor, esta capacidade de diminuição do consumo de energia é que possibilita a melhor adaptação dos insetos a determinadas condições desfavoráveis quando comparados a outros invertebrados.

Para tempo de exposição de 40h, observou-se a mesma tendência vista anteriormente para os tratamentos com menores concentrações de oxigênio (0 e 7 kPa) onde, inicialmente os insetos apresentaram inatividade, porém, na segunda verificação (12h após), demonstraram comportamento normal (Tabela 2). Entretanto, o tratamento 3, com concentração de oxigênio de 14 kPa, apresentou número de insetos ativos menor neste tempo de exposição quando comparado ao anterior para a primeira verificação (abertura do frasco após o termino do período de exposição), sendo esses valores de 5 e 17,34, respectivamente (Tabela 2). Decorridas 24h após

o término da exposição dos insetos aos tratamentos, foi verificado que este tempo ainda é ineficiente para o controle de *Sitophilus* spp. para todas as concentrações de oxigênio testadas (Tabela 2).

Tabela 2. Inatividade observada de insetos submetidos a 40h de exposição a diferentes concentrações de O₂.

Concentração de oxigênio	Verificação de movimento (h) ***		
	0	12	24
0 kPa	00,00 ± 0,00c*	17,34 ± 1,00b	19,83 ± 0,44a
7 kPa	00,00 ± 0,00c	17,50 ± 0,89b	19,67 ± 0,44a
14 kPa	05,00 ± 0,67b	19,67 ± 0,44a	20,00 ± 0,00a
21 kPa	20,00 ± 0,00a	20,00 ± 0,00a	20,00 ± 0,00a
CV (%)**	7,16	4,52	1,66

*Média ±desvio padrão. Valores que apresentam a mesma letra, em uma mesma coluna, não apresentam diferenças significativas ($p>0,05$) pelo Teste de Tukey a 95% de confiança.

**CV (%) = coeficiente de variação.

*** Observação de atividade dos insetos em três diferentes tempos (0, 12 e 24h) após o término do período de exposição.

Nas figuras 2 e 3, é possível observar os efeitos provocados pelos tratamentos utilizando concentrações de 0 e 7 kPa de oxigênio, nos momentos iniciais após o término as exposições de 20 e 40h, respectivamente.

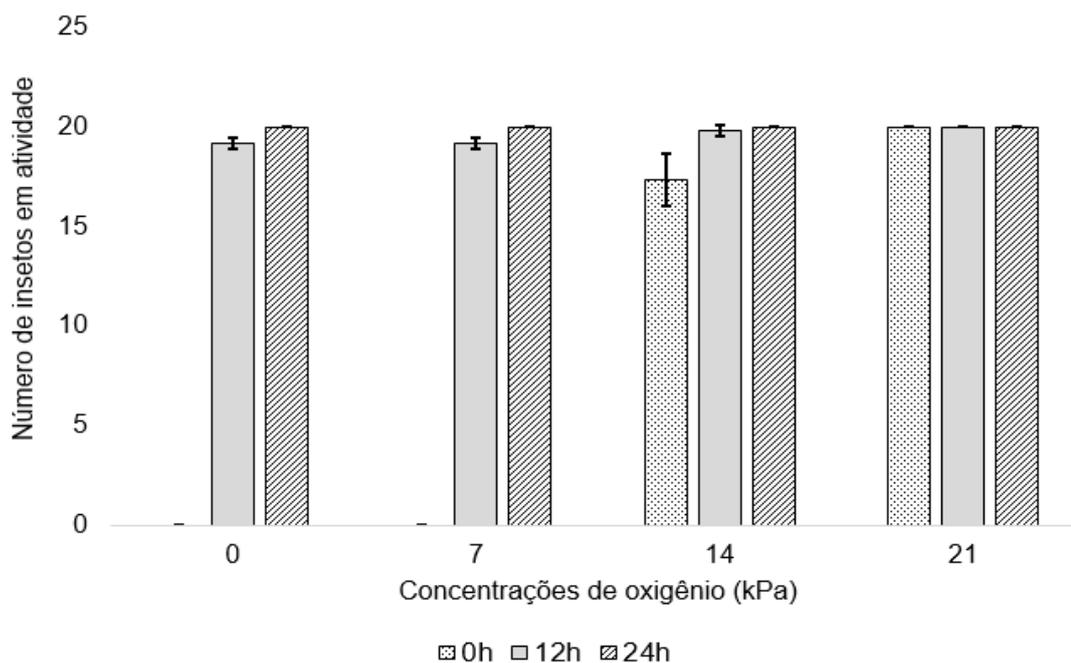


Figura 2: Número de insetos em atividade após 20h de exposição para 3 tempos de verificação. Fonte: Elaborada pelo autor.

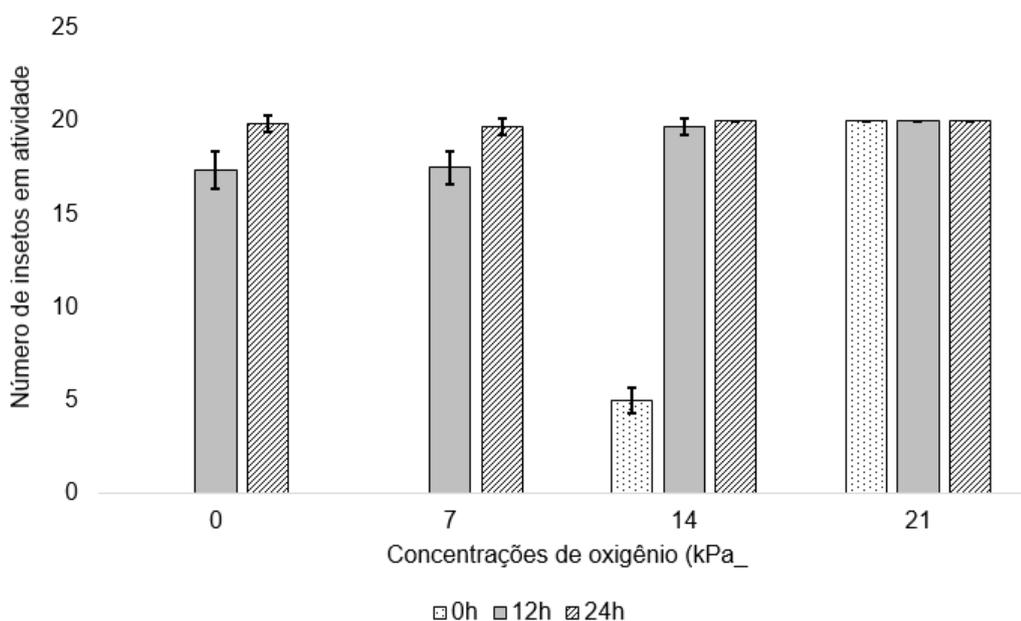


Figura 3: Número de insetos em atividade após 40h de exposição para 3 tempos de verificação. Fonte: Elaborada pelo autor.

Entretanto, na tabela 3, se observa que tempo de exposição dos insetos aos tratamentos igual a 60h provocou a morte de 100% dos indivíduos para as concentrações de 0 e 7 kPa. Foi constatada inatividade dos mesmos, nos três tempos de verificação estabelecidos (0, 12 e 24h) (Figura 4), sendo então, confirmada a morte de acordo com o critério previamente estabelecido. Os insetos submetidos ao tratamento com concentração de 14 kPa e a testemunha não diferiram entre si, decorridas 24 h do término da exposição.

Tabela 3. Inatividade observada de insetos submetidos a 60h de exposição a diferentes concentrações de O₂.

Concentração de oxigênio	Verificação de movimento (h)***		
	0	12	24
0 kPa	00,00 ± 0,00c*	00,00 ± 0,00c	00,00 ± 0,00b
7 kPa	00,00 ± 0,00c	00,00 ± 0,00c	00,00 ± 0,00b
14 kPa	05,00 ± 0,67b	19,33 ± 0,67b	19,83 ± 0,28a
21 kPa	20,00 ± 0,00a	20,00 ± 0,00a	20,00 ± 0,00a
CV (%)**	7,16	4,15	2,05

*Média ± desvio padrão. Valores que apresentam a mesma letra, em uma mesma coluna, não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) pelo Teste de Tukey a 95% de confiança.

**CV (%) = coeficiente de variação.

*** Observação de atividade dos insetos em três diferentes tempos (0, 12 e 24h) após o término do período de exposição.

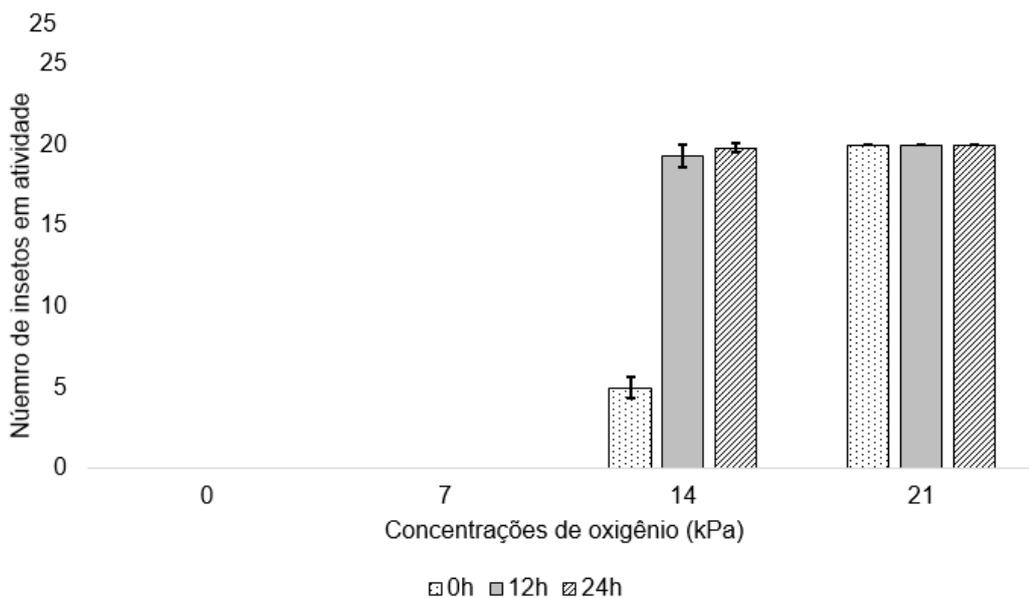


Figura 4: Número de insetos em atividade após 60h de exposição para 3 tempos de verificação. Fonte: Elaborada pelo autor.

Além dos fatores já citados ligados a redução do metabolismo dos insetos quando submetidos a ausência ou baixas concentrações de oxigênio, o funcionamento dos espiráculos também pode estar relacionado a causa da morte de *Sitophilus* spp. para este tempo de exposição pois, estes são os responsáveis por controlar a troca de gases entre insetos e meio (CARLI, 2007). Geralmente, esses orifícios são mantidos fechados, sendo abertos apenas, por um período de tempo suficiente para que os insetos supram sua necessidade de O₂. Entretanto, quando a disponibilidade desse gás é reduzida, existe a demanda por parte do inseto, de ativar o processo de abertura e fechamento de espiráculos de forma mais frequente e por um maior tempo para tentar manter seu metabolismo básico, o que ocasiona em aumento da perda de água de seu corpo por evaporação nesses orifícios, a continuidade dessa condição por um longo período de tempo, leva o inseto a morte em decorrência da dessecação que sofre (AFONSO, 2001).

6 CONCLUSÃO

O controle total de *Sitophilus* spp. é alcançado em atmosfera controlada com concentrações de oxigênio de 0 e 7 kPa (CO₂ = 0,04 kPa) durante um período de exposição de 60 horas em ambiente fechado. Dessa forma, tem-se uma faixa tolerável de concentrações que pode ser utilizada eficazmente.

REFERÊNCIAS CONSULTADAS

- AFONSO, A. D. L. **Desenvolvimento e avaliação de um gerador de dióxido de carbono para o armazenamento de grãos**. 2001. 121 p. (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- AFONSO, A. D. L.; SILVA, J. S.; BERBERT, P. A. Controle de pragas por atmosferas controladas. In: **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda fácil, 2ª ed., 2008.
- AGUIAR, R. W. S. et al. **Controle de pragas de grãos armazenados utilizando atmosfera controlada**. Biosci, J. , Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 21 - 27., Jan/Abr, 2004. Disponível em: <
<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6485> >.
- ANTUNES, J. **Identificação e controle de pragas em grãos armazenados na Casa da Embrapa**. Embrapa Trigo, 2006. Disponível em: <
<http://www.renorbio.org.br/portal/noticias/identificacao-e-controle-de-pragas-em-graos-armazenados-na-casa-da-embrapa.htm> >.
- BOTTON, M. et al. **O gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) como praga em frutíferas de clima temperado**. Circular técnica. Bento Gonçalves, RS Dezembro, 2005.
- CAMPOS, A. C. T. de.; RADUNZ, L. L.; RADUNZ, A. L.; MOSSI, A.; DIONELLO, R.; ECKER, S. L. **Atividade repelente e inseticida do óleo essencial de carqueja doce sobre o caruncho do feijão**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. v.18, n.8, p.861–865, 2014.
- CARLI, M. de. **Análise do desenvolvimento de infestações de *Sitophilus* spp. Em milho orgânico embalado em atmosfera modificada (AM)**. 2007. 97 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <
<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/11258/000606370.pdf?sequence=1>>
- DONAHAYE, E. J.; NAVARRO, S.; RINDER, M.; AZRIELI, A. **The combiend influence of temperature and modified atmospheres on *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)**. J. Econ. Entomol., [s.l.] v. 32, p. 225-232, 1996.
- ELIAS, M. C. et al. **Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16')**. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.1, p.25-30, jan-fev, 2009. Disponível em: <
<https://www.agrolink.com.br/downloads/134853.pdf> >.
- GALLO, D., NAKANO, O., SILVEIRA NETO, S., et al. **Manual de entomologia agrícola**. 2. ed. São Paulo: Ceres, 1988, 649 p.

GUEDES, J. V. C. et al. **Controle de *Sitophilus zeamais* MOTS. através de diferentes concentrações de CO₂ e O₂**. Ciência Rural, v. 26, n. 2, Santa Maria, 1996. p.177-180.

LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 72p.

LORINI, I.; KRZYANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, A. A. **Principais Pragas e Métodos de Controle em Sementes durante o Armazenamento** – Série Sementes. Circular técnica. Londrina, 2010). Disponível em: < <http://www.cnpso.embrapa.br/download/CT73.pdf> >.

LORINI, I. et al. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Brasília. Embrapa, 2015. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129311/1/Livro-pragas.pdf> >.

LUM, P. T. M.; BAKER, J. E. **Sexual dimorphism in the sixth abdominal sternite of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)**. Journal of Stored Products Research, v. 11, p. 57 – 59, 1975.

PIMENTEL, M. A. G.; SANTOS, J. P. dos.; LORINI, I. **Cultivo do milho: Pragas dos grãos armazenados**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção. Versão Eletrônica - 7ª edição. Set./2011. Disponível em: < http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/pragas.htm >.

SANTOS, J. P. **Controle de Pragas Durante o Armazenamento de Milho**. Circular Técnica. Sete Lagoas, MG Dezembro, 2006. Disponível em: < <http://files.sul-brasil-corretora.webnode.com/200000346-cf7eed079a/CONTROLE%20DE%20PRAGAS%20DURANTE%20O%20ARMAZENAMENTO%20DO%20MILHO.pdf> >.

SILVA, F. de S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SUBRAMANYAM, B.; ROELSI, R. Inert dusts. In: SUBRAMANYAM, B., HAGSTRUM, D.W. (Ed.). **Alternatives to pesticides in stored-product IPM**. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 321-38.