

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**APLICAÇÃO DE TIMOL EM EMBALAGEM COM POTENCIAL DE
INIBIÇÃO DE *SITOPHILUS* SPP.**

GISELE KOETZ TOMIELLO

ENCANTADO
2023



uergs

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

PPGCTA

Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos

GISELE KOETZ TOMIELLO

**APLICAÇÃO DE TIMOL EM EMBALAGEM COM POTENCIAL DE
INIBIÇÃO DE *SITOPHILUS* SPP.**

Dissertação de Mestrado como exigência às atividades concernentes ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, como pré-requisito para obtenção do Grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Bruna Klein Borges de Moraes

Co-Orientadora: Prof^a. Dra. Kelly de Moraes

ENCANTADO

2023

Catálogo de publicação na fonte (CIP)

T657a

Tomiello, Gisele Koetz

Aplicação de timol em embalagem com potencial de inibição de *Sitophilus spp*/ Gisele Koetz Tomiello. – Encantado: Uergs, 2023.

69 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Unidade em Encantado, 2023.

Orientadora: Profa. Dra. Bruna Klein Borges de Moraes

Coorientadora: Profa. Dra. Kelly de Moraes

1. Análise sensorial. 2. Arroz. 3. Caruncho. 4. Técnicas qualitativas. 5. Dissertação. I. Moraes, Bruna Klein Borges de. II. Moraes, Kelly de. III. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Unidade em Encantado. IV. Título.

Bibliotecário Marcelo Bresolin CRB 10/2136

GISELE KOETZ TOMIELLO

**APLICAÇÃO DE TIMOL EM EMBALAGEM COM POTENCIAL DE
INIBIÇÃO DE *SITOPHILUS SPP.***

Dissertação de Mestrado como pré-requisito para
obtenção do Grau de Mestre em Ciência e
Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Bruna Klein Borges de
Moraes

Co-Orientadora: Prof^a. Dra. Kelly de Moraes

BANCA EXAMINADORA

Pro^o Dra. Bruna Klein - UERGS

Pro^o Dr. Voltaire Sant'Anna - UERGS

Pro^o Dra. Jussara Navarini - UFSM

Pro^o Dr. Alexandra Morais - FGV

AGRADECIMENTOS

À minha família que sempre me apoio, de forma incansável, em especial ao meu esposo Gustavo e ao meu filho Vicente, que são a minha vida.

À minha professora orientadora Bruna Klein.

Aos professores do curso, em especial Voltaire SANT'ANNA.

À professora Alexandra Morais.

Aos colegas, amigos que contribuíram para esse trabalho.

RESUMO

Estima-se que cerca de 14% dos alimentos produzidos no mundo sejam perdidos antes de chegar ao varejo, enquanto outros 17% dos alimentos disponíveis aos consumidores são desperdiçados. No processo de produção de grãos, verificam-se várias perdas em diferentes etapas, ocorrendo assim perdas durante a pré-colheita, a colheita e na pós-colheita, incluindo perdas por contaminação cruzada. O arroz se destaca no agronegócio brasileiro e dentre os insetos que se destacam pela ação direta nos grãos de arroz, ou seja, pela capacidade de danificar os grãos ainda sadios, se encontra o *Sitophilus* spp. Nesse sentido, o Timol se destaca por ser um dos principais constituintes de várias plantas aromáticas e apresentar atividade inseticida contra insetos e pragas. Assim, a presente dissertação está estruturada de forma a avaliar a atividade repelente para o *Sitophilus spp* do Timol quando adicionado em embalagem primária. Os testes mostraram que o ativo mostrou-se eficiente para repelência de *Sitophilus* spp., onde a aplicação nas concentrações acima de 15% apresentaram odor extremamente forte que, inclusive, após 24h de aplicação causou a mortalidade dos insetos. A aplicação de 5% e 15% já apresentaram excelente repelência, não sendo necessário a utilização de percentuais maiores do ativo. Quando a caracterização da película, pode-se verificar que para espessura, densidade e gramatura, para todos os percentuais adicionados de Timol, não houve diferenças significativas ao nível de 5% entre os resultados. Para os resultados sensoriais, nota-se uma rejeição maior para produtos com aplicação de 5% de Timol e que o produto que apresentou melhor aceitação sensorial e intenção de compra foi a amostra sem adição de Timol, entretanto, a amostra onde foi aplicada 2,5% de Timol na embalagem mostrou-se promissora, pois embora o aroma do ativo tenha sido perceptível, tanto para o primeiro mês de armazenamento quanto para o terceiro, não houve relevada rejeição do produto.

Palavras-chave: Concentração; Arroz; Análise sensorial; arroz; caruncho.

ABSTRACT

It is estimated that around 14% of the food produced in the world is lost before reaching retail, while another 17% of the food available to consumers is wasted. In the grain production process, several losses occur at different stages, resulting in losses during pre-harvest, harvest and post-harvest, including losses due to cross-contamination. Rice stands out in Brazilian agribusiness and among the insects that stand out for their direct action on rice grains, that is, for their ability to damage grains that are still healthy, is *Sitophilus* spp. In this sense, thymol stands out for being one of the main constituents of several aromatic plants and exhibiting insecticidal activity against insects and pests. Therefore, the present dissertation is structured to evaluate the repellent activity of thymol for *Sitophilus* spp when added to primary packaging. The tests showed that the active ingredient was efficient in repelling *Sitophilus* spp., where application at concentrations above 15% presented an extremely strong odor that, even after 24 hours of application, caused insect mortality. The application of 5% and 15% already showed excellent repellency, making it not necessary to use higher percentages of the active ingredient. When characterizing the film, it can be seen that for thickness, density and grammage, for all percentages of thymol added, there were no significant differences at the 5% level between the results. For the sensorial results, it is noted that there is a greater rejection for products with application of 5% thymol and that the product that presented better sensorial acceptance and purchase intention was the sample without the addition of thymol, however, the sample where it was applied 2.5% thymol in the packaging showed promise, as although the aroma of the active ingredient was noticeable, both during the first month of storage and the third, there was no significant rejection of the product.

Keywords: Concentration; Rice; Sensory analysis; rice; woodworm

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fotografia da face dorsal de um exemplar adulto de <i>Sitophilus spp.</i>	21
Figura 2: Estrutura molecular Timol e Carcacrol	28
Figura 3: Etapas para criação de <i>Sitophilus spp.</i> em laboratório	30
Figura 4: Testes de concentração de Timol.	32
Figura 5: Embalagem Arroz T-1	33
Figura 6: preparação dos testes de inibição	34
Figura 7: Sala de análise sensorial.	36
Figura 8: Porcentagem de preferência dos escores hedônicos para as diferentes concentrações de Timol após o primeiro mês de armazenamento.	43
Figura 9: Porcentagem de preferência dos escores hedônicos para as diferentes concentrações de Timol após o terceiro mês de armazenamento.	45
Figura 10: Análise de componentes principais para o atributo odor para as diferentes concentrações de Timol após o primeiro mês de armazenamento.....	48
Figura 11: Análise de componentes principais para o atributo odor para as diferentes concentrações de Timol após o terceiro mês de armazenamento.	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultado do teste de concentração	38
Gráfico 2: Resultados do teste de perfuração das embalagens primárias.	39
Gráfico 4: Resultados do teste de perfuração das embalagens primárias após 30 dias de armazenamento	40
Gráfico 5: Resultados do teste de perfuração das embalagens primárias após 60 dias de armazenamento	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção de arroz irrigado no Brasil - em mil toneladas.....	18
Tabela 2: Comparativo entre espécies <i>S. zeamais</i> , <i>S. oryzae</i> e <i>S. granarius</i>	20
Tabela 3: Teste de concentração de ativo	31
Tabela 4: Determinação do índice de repelência (IR) de <i>Sitophilus</i> SSP para diferentes concentrações de Timol.	38
Tabela 5: Resultados espessura, densidade e gramatura.....	41
Tabela 6: Resultados do teste de ordenação	42
Tabela 7: Médias dos escores hedônicos do atributo odor para as diferentes concentrações de Timol após o primeiro mês de armazenamento.	46
Tabela 8: Médias dos escores hedônicos do atributo odor para as diferentes concentrações de Timol após o terceiro mês de armazenamento.....	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	HIPÓTESE	14
3	OBJETIVO GERAL	14
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
4.1	CEREAIS	14
4.2	PERDAS E DESPERDÍCIOS DE CEREAIS	15
4.3	ARROZ.....	17
4.4	<i>SITOPHILUS</i> SPP.	19
4.5	EMBALAGENS DE ALIMENTOS	22
4.6	EMBALAGENS X INFESTAÇÕES DE INSETOS.....	25
4.7	TIMOL.....	27
4.8	IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE SENSORIAL	28
5	MATERIAL E MÉTODOS	29
5.	CRIAÇÃO DE INSETOS	30
5.2	ESTUDO DA CONCENTRAÇÃO DE TIMOL	31
5.3	ESTUDO DE PERFURAÇÃO DAS EMBALAGENS PELOS INSETOS	32
5.4	CARACTERIZAÇÃO DO FILME	35
5.5	ANÁLISE SENSORIAL.....	35
5.5.1	Teste de ordenação	36

5.5.2	Escala Hedônica e Escala de Atitude	36
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
6.1	TESTE Concentração de Timol	37
6.2	RESULTADO DE PERFURAÇÕES POR <i>SITOPHILUS SPP.</i>	39
6.3	CARACTERIZAÇÃO DA PELÍCULA.....	41
6.3.1	Resultados espessura, densidade e gramatura	41
6.4	ANÁLISE SENSORIAL	42
6.4.1	Teste de ordenação	42
6.4.2	Escala hedônica e intenção de compra	43
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
8	REFERÊNCIAS.....	50
	APÊNDICES	60

1 INTRODUÇÃO

A agricultura é uma das atividades mais antigas que se tem registro. Segundo Mazoyer e Roudart (2010), o homem começou a desenvolver e praticar atividades na agricultura, com a criação e cultivo das plantas para sua existência e alimentação há cerca de 10.000 anos. A agricultura proporcionou a sobrevivência do homem em meio a condições adversas de clima, temperatura e perigos que havia na época. Com o crescimento e desenvolvimento das comunidades e o surgimento de diferentes formas de organização, as quais foram se estruturando e se tornando concretas, a agricultura começou a ter um caráter junto à economia e a política nas sociedades.

Diante desse cenário, ocorreu a criação de um novo conceito, o conceito de “*Agribusiness*” ou Agronegócio que significa a soma de todas as operações envolvidas na produção e distribuição de suprimentos agrícolas; nas operações da produção na fazenda; e, no armazenamento, processamento e distribuição de produtos agrícolas e itens produzidos a partir deles. Tal conceito é importante para alcançar a máxima eficiência e a redução de perdas em toda a cadeia produtiva. A competitividade no Agronegócio é de extrema importância, pois permite o crescimento de mercados correntes ou de novos mercados de forma sustentável (ZYLBERSZTAJN, 2000).

Estima-se que cerca de 14% dos alimentos produzidos no mundo sejam perdidos antes de chegar ao varejo, enquanto outros 17% dos alimentos disponíveis aos consumidores são desperdiçados (FAO, 2019). Existem pelo menos três impactos da perda de alimentos: econômicos, ambientais e sociais. Economicamente, os recursos são desperdiçados, como terra, água, mão de obra, energia etc., e há perda de lucratividade. Do ponto de vista social e ético, a perda e o desperdício de alimentos colocam em risco as oportunidades de combate à insegurança alimentar, com a redução do acesso aos alimentos resultante da diminuição da disponibilidade, o que acarreta a elevação dos preços (CICATIELLO *et al.*, 2016). Reduzir o desperdício de alimentos pode, portanto, economizar diversos recursos, reduzir custos, melhorar a segurança alimentar, minimizar impactos sociais e ambientais negativos e ajudar a responder à pressão crescente que as empresas enfrentam para se tornarem mais sustentáveis (THYBERG, 2016).

Dentre os cereais, o arroz tem destaque no agronegócio brasileiro. No Brasil, País maior produtor desse cereal no Hemisfério Ocidental, o arroz é um dos componentes de

maior participação na dieta alimentar dos seus habitantes, predominando a produção e o consumo do tipo branco comum e classificado como longo-fino (PEREIRA, 2014). Segundo Ornelas (2007), o arroz - classificado como cereal - é importante na saúde, pois os grãos constituem alimentos concentrados, de fácil conservação, bastando apenas preservá-los da umidade; fornecem carboidratos, proteína e, em sua forma integral, vitaminas, minerais, fibra e lipídios.

No processo de produção de grãos, verificam-se várias perdas em diferentes etapas, ocorrendo assim perdas durante a pré-colheita, a colheita e na pós-colheita (SANTOS, 1997). As perdas pós-colheita verificadas durante o transporte, o processamento, o armazenamento, podem atingir 30%. No armazenamento a presença de insetos nos produtos armazenados provoca perdas significativas a nível econômico para o produtor e para a indústria (STEJSKAL *et al.*, 2017). Entre os que causam maiores prejuízos em armazenamento são carunchos e a traça do arroz, que podem furar sem interrupção uma ou mais camadas de material embalado (MULLEN, 1998).

Os óleos essenciais são misturas complexas de compostos lipofílicos, de baixo peso molecular, e geralmente odoríficos. São obtidos por meio da destilação por arraste a vapor d'água de diversas partes dos vegetais. As análises físico-químicas dos óleos essenciais demonstram que estes são constituídos por diferentes compostos, como hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, entre outros, os quais são responsáveis por suas propriedades físico-químicas e biológicas (SIMÕES *et al.*, 2004). Os terpenóides constituem a maior classe encontrada em produtos naturais de plantas, sendo classificados pelo número de carbonos, o qual é resultado do número de moléculas de isopreno (2-metil-1,3-butadieno) presentes em sua estrutura. Nos óleos essenciais os compostos terpênicos mais encontrados são monoterpenos (C10) e sequisiterpenos (C15), que cada vez são mais estudados devido às diversas propriedades biológicas apresentadas por estes compostos (DUBEY *et al.*, 2003). Dentre os milhares de compostos que podem estar presentes na composição dos óleos essenciais, o Timol se destaca devido a sua atividade antimicrobiana. Este monoterpeno aromático é um dos principais constituintes dos óleos essenciais de várias plantas aromáticas, tais como o Tomilho (Lamiaceae), Orégano (Labiatae) e alecrim (Verbenaceae) (PEIXOTO *et al.*, 2010).

Frente as perdas significativas de cereais ao longo da cadeia e considerando as perdas de grãos que ocorrem na etapa de comercialização, o desperdício gerado pela contaminação

de insetos nos cereais após o beneficiamento do produto, justifica-se a execução de um estudo com ênfase na identificação de compostos com potencial conservador a fim de inibir a proliferação ou infestação de *Sitophilus* spp. em embalagens grãos de arroz.

2 HIPÓTESE

Tendo em vista que este estudo visa a repelência de *Sitophilus spp* durante o *shelf life* do alimento com aplicação na embalem primária de Timol, presume-se que a aplicação desse composto agirá como repelente, neutralizando a entrada desse inseto nas embalagens de arroz. O composto estudado pode deixar resíduos nos grãos que venham a apresentar toxicidade ao homem, ou promover alterações nas características sensoriais do produto, de acordo com o percentual de aplicado. Sendo assim, existe a hipótese o produto após a aplicação do Timol apresentar um aroma mais forte que seja negativo a apresentação comercial do produto.

3 OBJETIVO GERAL

Avaliar se o Timol possui potencial inibidor para *Sitophilus* spp. em grãos de arroz e quanto a aplicação desse composto interfere no padrão sensorial do produto.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Verificar a o potencial inibidor de Timol em diferentes concentrações sob a proliferação de *Sitophilus* spp. em grãos de arroz;
- b) realizar estudo de vida de prateleira com grãos de arroz acondicionados nas embalagens;
- c) verificar através de análise sensorial se o Timol afeta as características sensoriais dos grãos de arroz após aplicação do ativo.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 CEREAIS

O Brasil é um poderoso e bem-sucedido produtor de alimentos, desde grãos de soja, milho, arroz, até produtos processados no campo das proteínas animais, além de frutas e legumes. A rápida evolução do agronegócio brasileiro se explica não só pela abundância de recursos naturais, mas também pela crescente absorção de ciência e tecnologia na produção (EMBRAPA, 2019). Considerando-se os desempenhos da economia brasileira e do agronegócio, a participação do setor no total alcançou 24,8% em 2022 (CEPEA, 2023).

Alencar *et al.* (2002) e Trematerra (2013) citam que uma das características positivas dos grãos é a possibilidade de serem armazenados por longo período de tempo sem perderem a qualidade, permitindo a manutenção de estoques estratégicos e reguladores, entretanto, para evitar perdas durante o armazenamento é necessário garantir estruturas adequadas, com dispositivos que permitam um correto arejamento, onde o grão seja mantido com um baixo teor de água, há menos probabilidade da existência de pragas e/ou microrganismos.

Ao proceder com o armazenamento de grãos é estabelecido um ecossistema sujeito a transformações e deteriorações devido às interações entre os fenômenos físicos, químicos e biológicos. Fatores como temperatura, umidade relativa do ar, disponibilidade de oxigênio, impurezas, microrganismos, insetos-praga, roedores e pássaros exercem influência nesse contexto. Nesta etapa, as perdas ocorrem, em grande maioria, devido aos fatores biológicos (VIEBRANTZ, 2014). Campos e Zorzenon (2006) demonstram a presença dos insetos nos alimentos é indesejável por pelo menos três razões: (1) os danos resultantes do inseto aos alimentos, incluindo perdas do alimento ou redução do valor nutritivo, (2) objeção do consumidor à presença dos insetos, (3) na distribuição dos alimentos, dispersão do inseto de um lugar para outro.

4.2 PERDAS E DESPERDÍCIOS DE CEREAIS

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2017) estima que cerca de 800 milhões de pessoas vivem em situação de insegurança alimentar no mundo, passando fome diariamente. Boa parte delas está concentrada nos lugares mais pobres do planeta (África e alguns países asiáticos e sul-americanos), onde o acesso aos alimentos é precário. Por sua vez, um terço dos alimentos produzidos para o consumo humano é

desperdiçado entre o cultivo e o consumo. Essa situação tende a se agravar ao se considerar que, em 2050, a população mundial atingirá 9 bilhões de pessoas. A situação pode piorar com o aumento do desmatamento das florestas, o assoreamento das margens dos rios, a escassez de água e o esgotamento das riquezas naturais.

Segundo Huang (2018), para inverter esse quadro, além do consumo consciente e sustentável, o mundo precisa encontrar caminhos para aumentar a produtividade no campo, ou seja, é preciso produzir mais comida em menos tempo e espaço. Como consequência, estima-se que, nos próximos 30 anos, os sistemas alimentares enfrentarão uma confluência sem precedentes de pressões centradas no acesso à alimentação, nutrição e sustentabilidade dos sistemas agroecológicos, as quais induzirão profundas mudanças no sistema alimentar (PINGALI, 2018). Essas mudanças implicarão a necessidade de novas abordagens sobre como lidar com as tensões relacionadas à disponibilidade de alimentos, qualidade da dieta e eficiência no uso de recursos e novas tecnologias, em contínua evolução. Assim, novos conceitos, ferramentas e narrativas são claramente necessários para implementar uma agenda mais ampla sobre segurança alimentar (PINGALI, 2018).

No processo agrícola verificam-se várias perdas em diferentes fases, ocorrendo assim perdas durante a pré-colheita, a colheita e na pós-colheita (SANTOS, 2007). Na pré-colheita são verificadas perdas desde a sementeira até a colheita. Estas perdas podem ser reduzidas, mas são impossíveis de evitar totalmente uma vez que são afetadas pela qualidade do solo, pelo modo de semear e pela distribuição de adubos. Na colheita mecânica (8-10 %) as perdas são superiores às da colheita manual (1 %), uma vez que existe a probabilidade de causar fraturas no grão e queda durante a colheita (SANTOS, 2007). As perdas pós-colheita verificadas durante o transporte, o processamento, o armazenamento, podem atingir 30%. No armazenamento a presença de insetos nos produtos armazenados provoca perdas significativas a nível econômico para o produtor e para a indústria (STEJSKAL *et al.*, 2017).

A União Européia descarta anualmente cerca de 300 milhões de toneladas de grãos sujeitos ao risco de infestação e contaminação por pragas durante o armazenamento logo após a colheita, o transporte, o armazenamento e o processamento em instalações de produção alimentar e de rações (STEJSKAL *et al.*, 2015). Do total de desperdício de grãos no Brasil, 10% ocorrem na colheita, 50% no manuseio e transporte, 30% nas centrais de abastecimento e os últimos 10% sendo diluídos entre mercados e consumidores (EMBRAPA, 2019; CEDES, 2018).

4.3 ARROZ

O arroz é o segundo cereal mais cultivado e o principal alimento para mais da metade da população mundial, ocupando uma área de quase 163 milhões de hectares, podendo ser cultivado sob diversos sistemas e em diversos ecossistemas, com destaque para os de várzea e de terras altas. A produção pode ser afetada, em diferentes intensidades, pela precipitação pluvial, temperatura do ar, radiação solar e fotoperíodo. O consumo aparente médio mundial é de 54kg/pessoa/ano, com o Brasil se destacando com 32 kg/pessoa/ano. O arroz faz parte do mercado global de grãos secos, que cresce a uma taxa robusta, devido à crescente conscientização sobre seus benefícios para a saúde (USDA, 2020).

Mesmo com a grande produção, o arroz tem pequeno comércio internacional. O mercado é dominado por poucos países, com cerca de 5% da produção transacionada, ainda pouco se comparado à soja e ao trigo, cujos percentuais superam 20%. Os maiores produtores globais são: China, Índia, Bangladesh, Indonésia, Vietnam, Tailândia, Myanmar, Filipinas, Japão e Brasil, único país não asiático, tamanha a importância do cereal na culinária daquele continente. Destacam-se como principais exportadores: Índia, Tailândia, Vietnã, Paquistão, EUA, China, Myanmar, Camboja, Brasil e Uruguai. Entre os maiores importadores, estão Filipinas, União Europeia, China, Arábia Saudita e Costa do Marfim (USDA, 2020).

O arroz, junto ao feijão, se constitui no principal alimento do brasileiro. Cerca de 95% da população brasileira o consome, pelo menos uma vez por dia, sendo preferido o da classe longo fino, conhecido como “agulhinha”, muito embora sua participação na cesta alimentar do brasileiro caia com a elevação da renda (CONAB, 2022). O Sul concentra a maior área e produz cerca de 9000 toneladas (2021/22), obtendo também os maiores níveis de produtividade (Tabela 1).

Tabela 1: Produção de arroz irrigado no Brasil - em mil toneladas

REGIÃO/UF	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	2022/23Previsão (¹)
NORTE	641,3	730,7	683,1	692,9	728,0	780,9	670,0	584,1
RR	60,4	87,0	87,0	73,6	70,6	90,6	88,8	91,1
PA	19,6	22,6	19,3	26,5	24,8	33,7	33,7	23,3
TO	561,3	621,1	576,8	592,8	632,6	656,6	547,5	469,7
NORDESTE	90,1	91,1	114,0	90,7	92,4	126,0	130,4	117,2
MA	6,7	7,0	17,1	12,1	9,4	15,6	31,3	18,6
PI	24,9	23,2	23,7	21,3	20,9	21,7	20,5	21,4
CE	-	3,5	0,6	2,6	4,8	13,7	12,8	14,3
RN	2,9	3,8	4,3	2,7	3,1	3,3	2,7	3,0
PE	1,4	0,8	2,1	3,3	4,3	3,2	1,4	1,5
AL	17,2	17,4	37,7	19,4	21,4	23,9	9,9	11,5
SE	37,0	35,4	28,5	29,3	28,5	44,6	51,8	46,9
BA	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRO-OESTE	76,0	228,5	192,1	191,3	196,5	213,6	175,8	145,8
MT	8,0	41,6	21,2	29,6	19,7	25,7	25,3	22,2
MS	68,0	93,0	81,5	62,1	68,9	69,6	72,2	46,7
GO	-	93,9	89,4	99,6	107,9	118,3	78,3	76,9
SUDESTE	47,3	39,9	40,1	37,9	35,8	42,2	36,3	43,6
MG	14,2	7,9	7,3	6,0	6,0	6,0	6,1	6,3
SP	33,1	32,0	32,8	31,9	29,8	36,2	30,2	37,3
SUL	8515,7	10006,9	9736,4	8654,7	9225,2	9682,0	8988,7	8799,4
PR	106,8	152,5	124,6	136,1	146,5	149,6	156,0	150,4
SC	1052,3	1125,8	1151,6	1129,5	1211,8	1254,9	1178,3	1208,2
RS	7356,6	8728,6	8460,2	7389,1	7866,9	8277,5	7654,4	7440,8
NORTE/NORDESTE	731,4	821,8	797,1	783,6	820,4	906,9	800,4	701,3
CENTRO-SUL	8639,0	10275,3	9968,6	8883,9	9457,5	9937,8	9200,8	8988,8
BRASIL	9370,4	11097,1	10765,7	9667,5	10277,9	10844,7	10001,2	9690,1

Legenda: (¹) Estimativa em dezembro/2022.

Fonte: Conab (2022)

O arroz (*Oryza sativa* L.) se destaca por ser um dos cereais mais cultivados do mundo, sendo base da alimentação de boa parte da população mundial (COPATTI *et al.*, 2009). É uma gramínea anual, classificada no grupo de plantas C-3, adaptada a ambientes aquáticos, esta adaptação é devido à presença de aerênquima no colmo e nas raízes das plantas, possibilitando a passagem de oxigênio do ar para a camada da rizosfera (SOSBAI, 2005). O arroz é capaz de suprir 20% da energia e 15% da proteína da necessidade diária de um adulto, além de conter vitaminas, sais minerais, fósforo, cálcio e ferro (FAO, 2005).

Segundo Ribeiro *et al.* (2012), a resistência do arroz a pragas de grãos armazenados é um caráter bastante influenciável pelo ambiente. Geralmente, insetos apresentam elevadas densidades populacionais e diversidade, além de grande variedade de respostas à qualidade e à quantidade de recursos disponíveis (COPATTI; GASPARETTO, 2012). Entre os insetos que se destacam pela ação direta nos grãos de arroz, ou seja, pela capacidade de danificar os grãos ainda sadios, se encontra o *Sitophilus spp.*, uma praga primária considerada de maior importância para os grãos armazenados no Brasil por apresentar infestação cruzada, ter

elevado potencial biótico e causar danos aos grãos (SILVEIRA *et al.*, 2006). Entre os que causam maiores prejuízos em armazenamento são carunchos e a traça do arroz, que podem furar sem interrupção uma ou mais camadas de material embalado (MULLEN, 1998).

4.4 *SITOPHILUS* SPP.

Os problemas com *Sitophilus* spp., são conhecidos há longa data e também foram relatados por diversos pesquisadores, mostrando que é uma praga que ocasiona grandes perdas econômicas aos produtos armazenados como milho, trigo, arroz causando prejuízos em diversos países como o Japão (KIRITANI, 1965), Estados Unidos (ARBOGAST; THRONE, 1997; NANSEN *et al.*, 2004; SHARIFI; MILLS, 1971), Nigéria (OKELANA; OSUJI, 1985), sendo uma das praga mais encontradas que causam infestação de alimentos armazenados (arroz, milho, macarrão e mandioca) (PACAVIRA *et al.*, 2005). O resultado da infestação de insetos e pragas em grãos armazenados se traduz em perdas de massa, disseminação de fungos e depreciação dos valores nutricionais e comerciais dos grãos, o que determina, conseqüentemente, a redução do valor de mercado (PEIXOTO *et al.*, 2015; JAYAKUMAR *et al.*, 2017).

A maioria dos insetos-praga em grãos armazenados é de origem subtropical e tropical, necessitando de temperaturas na faixa de 27 a 34 °C para o pleno desenvolvimento. No entanto, esse desenvolvimento pode ser retardado ou paralisado se a temperatura ficar abaixo de 16 °C. A redução da temperatura dos grãos armazenados promove a redução da velocidade das reações bioquímicas e metabólicas dos insetos (AGUIAR *et al.*, 2012).

Os insetos-praga em grãos armazenados são classificados em primários e secundários. As pragas primárias são capazes de romper a parede externa dos grãos íntegros e sadios para atingir o endosperma. São divididas em pragas primárias internas e externas. As pragas primárias internas, que compreendem algumas espécies mais importantes, completam seu ciclo evolutivo no interior de apenas um grão. As pragas secundárias se desenvolvem exteriormente aos grãos e se alimentam destes quando previamente danificados pelas pragas primárias, ou quando trincados, quebrados, com defeitos na casca e com infecção fúngica, podendo também se alimentar dos resíduos dos grãos. Infestam quase todos os produtos e seus derivados nos depósitos, tais como farinhas, farelos, fubás e rações (FARONI, 2010).

O Gênero *Sitophilus* apresenta três espécies consideradas importantes como pragas dos cereais armazenados: *Sitophilus zeamais*, *S. oryzae* e *S. granarius*. Tanto *Sitophilus zeamais* como *S. oryzae* desenvolvem-se em todos os cereais, incluindo cereais processados, como é o exemplo das massas (ANTUNES, 2010; PEREIRA, 2001; SILVA 2016). Na tabela 2 são apresentadas as principais características das espécies.

Tabela 2: Comparativo entre espécies *S. zeamais*, *S. oryzae* e *S. granarius*

Característica	<i>S. Zeamais</i>	<i>S. oryzae</i>	<i>S. granarius</i>
Umidade Relativa Mínima (%)	12,5 (a)	10,5 (b)	na
Voadores	Sim (a)	Sim (a)	Não (c)
Características ideais para desenvolvimento de insetos	28°C 70% UR (a)	29°C (27 a 31) 70% UR (a)	28°C (26 a 30) 70% UR (a)
Surge Inseto Adulto em:	34 dias (d)	25 dias (b)	26 dias (e)
Ovos por fêmea	282 (d)	300 a 400 (e)	36 a 254 (e)
Vida adulta	4 a 5 meses (f)	7 a 8 meses(f)	7 a 8 meses (e)
Vida larva	na	3 dias (b)	3 dias (e)
Vida pupa	na	6 dias (b)	6 dias (e)
Ocorrência no Brasil	Sim (g)	Sim (g)	Não (g)

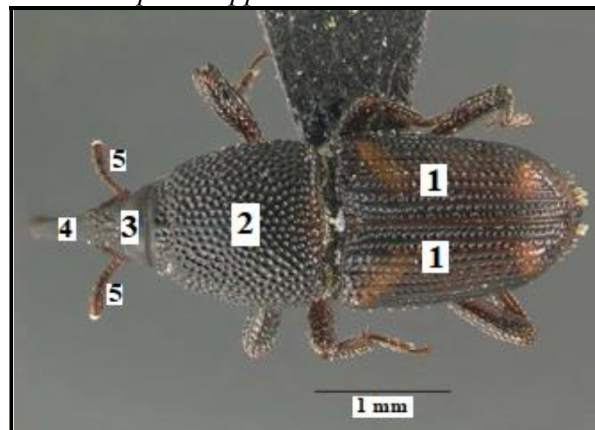
Fonte: Tabela adaptada de: (a) ATHIÉ , 2002, (b) KOEHLER, 2023 (c) DOBIE *et al.*,1984, (d) ROSSETO, 1972, (e) LYON, 2000, (f) CHARLES, 1998, (g) LORINI, 2005.

A espécie *S. granarius* é uma praga importante nas regiões temperadas, enquanto *Sitophilus zeamais* e *S. oryzae* apresentam um melhor desenvolvimento nas regiões tropicais, subtropicais e mediterrânicas. Esta atual distribuição está associada a fatores como o clima, o sistema agrícola e as condições socioeconômicas das várias partes do globo (ANTUNES, 2010). Os insetos desta Família sofrem uma metamorfose completa e os adultos são normalmente muito quitinizados, apresentando um comprimento que não ultrapassa os 5 mm. Apresentam bordos paralelos, dorsalmente achatados e quase glabros. As asas externas rígidas destes insetos proporcionam unicamente a proteção das asas internas (caso estas estejam presentes) e de alguns ou todos os segmentos abdominais (ANTUNES, 2010). A cabeça juntamente com o rosto é mais curta que o tórax (Figura 1), sendo que este último é cilíndrico à frente e dilatado na parte basal.

No caso de *Sitophilus* spp., a temperatura ótima de postura é de aproximadamente 25°C, no entanto é possível que a postura ocorra num intervalo entre os 15 e os 35°C, sendo

necessária uma umidade superior a 10% no interior do grão. O período de incubação do ovo é aproximadamente 6 dias a uma temperatura de 25°C (HOWE, 1952). Após a postura, a larva inicia o seu desenvolvimento, à medida que vai escavando um túnel e se vai alimentando do interior do grão. A larva tem de passar por quatro fases e só então atinge os estados de pupa. Quanto aos períodos médios de desenvolvimento de um ciclo de vida completo, estes variam de 35 dias, em condições ótimas, até mais de 110 dias, em condições desfavoráveis (ANTUNES, 2010). 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).

Figura 1: Fotografia da face dorsal de um exemplar adulto de *Sitophilus spp.*.



Legenda: 1- asas externas rígidas (elíteros); 2 - tórax;
3- cabeça; 4- rostro; 5- antenas.

Fonte: (Adaptado de Gary, Invasive.Org).

Segundo Trematerra (2009), em qualquer ponto da cadeia alimentar, incluindo estabelecimentos de armazenamento, industriais ou não, e estabelecimentos comerciais, que

estejam infestados por insetos provenientes de outros produtos, os gêneros alimentícios como o arroz e as massas são passíveis de serem infestados por *Sitophilus* spp. Este inseto invade facilmente embalagens de gêneros alimentícios através de aberturas existentes nas embalagens: aberturas preexistentes, aberturas criadas por insetos já anteriormente instalados ou ainda através defeitos mecânicos de selamento das embalagens (BABARINDE *et al.*, 2013).

Murata *et al.* (2008) realizaram um estudo no qual uma população de *Sitophilus zeamais*, mantida em arroz integral durante 30 dias, conseguiu infestar massas alimentícias embaladas e provocar danos nas mesmas. Deste modo, *Sitophilus zeamais* é considerada a praga principal e a mais prejudicial, sendo responsável por 20 a 40% das perdas em grãos armazenados (CHUCK-HERNÁNDEZ *et al.* 2012).

4.5 EMBALAGENS DE ALIMENTOS

A embalagem desempenha papel fundamental na indústria alimentar graças às suas múltiplas funções. Além de conter o produto, a embalagem é muito importante na conservação do alimento, mantendo qualidade e a segurança, atuando como barreira contra fatores responsáveis pela deterioração química, física e microbiológica dos produtos. A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº727, de 1 de julho de 2022, do Ministério da Saúde, define embalagem como recipiente ou pacote destinado a garantir a conservação e facilitar o transporte e manuseio dos alimentos. As embalagens são classificadas em: Primária ou envoltório primário que é a embalagem em contato direto com os alimentos. Embalagem secundária ou pacote que é destinada a conter a(s) embalagem (ns) primária(s) e Embalagem terciária que é destinada a conter uma ou várias embalagens secundárias.

Segundo Moura (2003), a embalagem de produtos alimentícios ocupa um papel central na indústria moderna de alimentos e tem originado importantes avanços tecnológicos que demonstram cada vez mais um caráter interdisciplinar. A primeira matéria-prima usada em maior escala para a produção de embalagens foi o vidro. Embora o uso de metais como cobre, ferro e estanho, tenha surgido na mesma época que a cerâmica de barro, foi somente nos tempos modernos que eles começaram a ter um papel importante para a produção de embalagem (CAVALCANTI, 2006). Em resposta, surgiram inúmeras inovações na produção de embalagens. As resinas plásticas, como polietileno, poliéster, etc., ampliaram o uso dos

invólucros transparentes, iniciado na década de 20 com o celofane, permitindo a oferta de embalagens numa infinidade de formatos e tamanhos (CAVALCANTI, 2006).

Hoje em dia, a indústria usa mais de 30 diferentes tipos de filme, destes, os mais utilizados em alimentos são: o polietileno, polipropileno e poliéster. Existe também um aumento na utilização de filmes multicamada que muitas vezes combinam plásticos com outros tipos de materiais, como alumínio e papel, a fim de alcançar benefício específico conferido por cada tipo de material (RIUDAVETS *et al.*, 2007).

Embalagens plásticas flexíveis são aquelas cujo formato depende da forma física do produto acondicionado e cuja espessura é inferior a 250µm. Os materiais flexíveis devem ter propriedades mecânicas especiais, tendo a característica de selagem por pressão fria ou quente, protegendo os produtos de agentes internos e externos (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2002). Segundo Anyadike (2010), o grande espaço conquistado pelas embalagens flexíveis deve-se, principalmente, à sua flexibilidade tecnológica, porque, além da diversidade de filmes e resinas que podem ser utilizados, suas características técnicas permitem compor soluções específicas para cada aplicação, combinando diversas estruturas que oferecem proteção, brilho, textura e imagens que impressionam o consumidor. As embalagens plásticas flexíveis podem ser: monocamadas – são embalagens de um só tipo de material impresso ou não; multicamadas – são embalagens compostas por dois ou mais tipos de materiais para aproveitar as 32 características de cada um. As embalagens multicamadas têm por objetivo a integração de propriedades de diferentes materiais termoplásticos em uma única embalagem, de modo a atender as exigências de conservação, de proteção, de visual e custo do produto acondicionado, entre outras, como as propriedades relativas à selabilidade, termoformabilidade e printabilidade (ORTIZ, 2005).

Em razão da boa resistência mecânica, baixo custo, do equilíbrio de suas propriedades de selagem, da atoxicidade e excelente barreira ao vapor d'água, o PE é o plástico mais usado em embalagens de alimentos, podendo ser usado em contato direto com estes. Não é barreira a gases e é permeável a óleos e gorduras (WIEBECK; HARADA, 2005). As aplicações do PE em embalagens são muitas, ele é usado sozinho, em filmes simples (monocamada) ou como camada em estruturas coextrusadas ou laminadas com outros polímeros ou com papel cartão (HARADA, 2001). Embora o polietileno seja um material muito versátil, a sua estrutura é muito simples, possivelmente a mais simples entre os polímeros comerciais. É caracterizado pela extrema regularidade e flexibilidade de sua cadeia molecular, uma cadeia

longa de átomos de carbono com átomos de hidrogênio unidos a cada átomo de carbono. O polietileno é obtido pela polimerização do monômero gasoso ($\text{CH}_2 = \text{CH}_2$) em reator sob determinadas condições de temperatura e pressão, pode ser produzido por meio de vários processos e tem características próprias de densidade, massa molar e distribuição de massa molar dependendo do processo de produção (WIEBECK; HARADA, 2005). Segundo Harada (2001), os polietilenos podem ser lineares ou ramificados, homo ou copolímeros. A densidade é o parâmetro mais importante que governa as suas propriedades e em função dela são classificados em: Polietileno de Baixa Densidade (LDPE); 0,910 – 0,940 g/cm³ Polietileno de Baixa Densidade Linear (LLDPE); 0,915 – 0,925 g/cm³ Polietileno de Média Densidade (MDPE); 0,926 – 0,940 g/cm³ Polietileno de Alta Densidade (HDPE); 0,960 – 0,970 g/cm³ Polietileno de Ultra-Alta Massa Molar (UHMWPE); 0,940 - 0,950 g/cm³.

Segundo o código de defesa do consumidor (1990), quando o produto estiver deteriorado, com sujeira ou qualquer outra anormalidade que comprometa sua qualidade e características básicas, o comerciante ou fabricante são obrigados a trocar o produto ou restituir o valor pago pelo consumidor. Desta forma, entende-se que a responsabilidade por garantir a segurança de alimentos durante toda cadeia de abastecimento é, também, do fabricante do produto que deve encontrar soluções viáveis a fim de minimizar variações/alterações nos alimentos, mesmo quando o produto já está na gôndola do supermercado. Na indústria alimentar a embalagem é essencial e desempenha um papel fundamental na medida em que atua na conservação do gênero alimentício mantendo a sua qualidade e segurança, prevenindo e evitando a sua deterioração química, física e microbiológica. A embalagem é considerada a última defesa contra a infestação de pragas (HAYES, 1988).

Desta forma, a indústria de embalagens é essencial e desempenha um papel fundamental na medida em que atua na conservação do gênero alimentício mantendo a sua qualidade e segurança. A embalagem deve ser constituída por materiais que não migrem para o alimento em quantidades que possam alterar as características organolépticas ou que coloquem em risco a segurança do consumidor. Deste modo, é essencial desenvolver uma embalagem eficaz que consiga prevenir ou retardar a deterioração, em que se inclui conseguir desenvolver embalagens resistentes à penetração de insetos, ou que tenham capacidade de impedir a sua proliferação (LICCIARDELLO *et al.*, 2015).

4.6 EMBALAGENS X INFESTAÇÕES DE INSETOS

A embalagem varia consideravelmente o seu nível de resistência à infestação por insetos de acordo com a sua composição e as suas propriedades mecânicas. As características biológicas das diferentes espécies de insetos, tais como o tamanho do corpo, a capacidade de escalada em superfícies lisas e a presença de adaptações ao nível das mandíbulas que conferem vantagens na perfuração de embalagens, também influenciam o nível de resistência das mesmas (STEJSKAL *et al.*, 2017). Quanto ao material, as embalagens de papel e de celofane (polímero natural derivado da celulose) estão entre as menos resistentes à penetração de insetos (SCHEFF, 2016).

Um estudo realizado por Riudavets *et al* (2007) investigou a morfologia dos danos produzidos por três importantes espécies de pragas de produtos armazenados, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus* spp. e *Lasioderma serricorne*, em filmes de embalagens de alimentos. Três tipos diferentes de filme plástico (polipropileno 25 µm, polietileno 50 µm e poliéster 12 µm), um filme multicamadas (papel, polietileno 15 µm, alumínio 7 µm e polietileno 30 µm) e papel de cigarro foram comparados. Todas as três espécies produziram diversos tipos de danos na superfície da lateral onde os insetos perfuraram o filme plástico.

Nos últimos anos melhorias nos materiais de embalagem possuem a finalidade de impedir que insetos contaminem alimentos embalados. Uma dessas melhorias é a incorporação de substâncias que impeçam a proliferação e ajudem na conservação dos alimentos. Esta embalagem poderia facilmente ser adotada como estratégia de controle de embalagens contra esses e outros insetos de produtos armazenados em embalagens produtos destinados ao armazenamento comercial, internacional e de pequenos agricultores de grãos de cereais, ração e outros produtos alimentares.

Segundo Marsin (2020) inúmeras pesquisas têm sido realizadas no desenvolvimento de embalagens ativas para alimentos, como embalagens repelentes de insetos contendo óleos essenciais. Essas embalagens podem criar medidas de segurança ao repelir insetos do ambiente externo ou a inibição de larvas contidas nos alimentos. O óleo de tomilho ou Timol ganhou atenção considerável como um dos repelentes de insetos comprovados, com sua capacidade como agente antimicrobiano na maioria das embalagens de alimentos (GUARDA, 2011). Bhavya (2019) estudou a eficiência de diferentes extratos e sua atividade repelente em *R. dominica* e *S. oryzae*. O efeito repelente dos extratos diferiu significativamente entre

os insetos e foi positivamente associado com alta concentração de extratos. Os extratos de alcaçuz, alecrim e alho não causaram repelência contra *R. dominica* e *S. oryzae*. Funcho, ajwain, curcuma, tomilho, limão extratos de murta tiveram repelência significativa em todos os testes concentração contra *R. Dominica* e *S. oryzae*.

Zaparolli (2015) adicionou Timol em filmes de celulose. Os espectros de infravermelho mostraram que o Timol não afetou a estrutura química dos filmes de celulose bacteriana. De modo geral, a adição de Timol, como substância antimicrobiana, não afetou significativamente a estrutura da celulose bacteriana, onde a concentração de 6% de Timol apresentou os melhores resultados pela redução da absorção de água, aumento da tração e da cristalinidade dos filmes.

Lima (2017) investigou o potencial antifúngico do Timol contra cepas de *A. flavus*, *A. fumigatus* e *A. niger*. Foi determinada a concentração inibitória mínima (CIM) pela técnica de microdiluição e a concentração fungicida mínima (CFM). Ainda se avaliou o efeito dos constituintes sobre o crescimento micelial fúngico e sua possível atividade conservante no modelo de contaminação de grãos de milho. O Timol inibiu o crescimento de todas as cepas do ensaio, com CIMs variando entre 64-256 µg/mL,

Silva (2021) estudou a bioatividade do de Timol como fumigante no controle de *A. flavus* in vitro e em castanha-do-Brasil durante o armazenamento. As concentrações foram 0 (controle), 50, 100, 250, 500, 750 e 1.000 mg/L. Para avaliar a atividade antifúngica do Timol em castanha-do-Brasil, inicialmente efetuou-se a inoculação com *A. flavus*. Depois as amostras foram expostas a fumigação com Timol. As amostras foram mantidas em condições ambiente, sendo analisadas no início do armazenamento e a cada 15 dias, até 60 dias. A solução etanólica de Timol, nas concentrações de 188,1, 282,2 e 376,2 mg/L, atuou com agente fungicida sobre *A. flavu*, havendo redução significativa do percentual de infecção.

Oliveira (2016) analisou os efeitos letais e subletais do óleo essencial de *Lippia sidoides*, de seu composto majoritário (Timol) e de protótipos de nanoformulações a base destes compostos sobre populações de *S. zeamais* provenientes de diferentes regiões do Brasil. O delineamento experimental inteiramente casualizado, consistiu em quatro repetições para cada combinação de tratamento x população de *S. zeamais*. Bioensaios de toxicidade aguda foram conduzidos em placas de Petri (6 x 1,5 cm) contendo 10 adultos não sexados. As doses letais e o tempo letal foram determinados em bioensaios de aplicação tópica. As doses letais do óleo essencial de *L. sidoides* necessárias para matar 50% das populações de *S.*

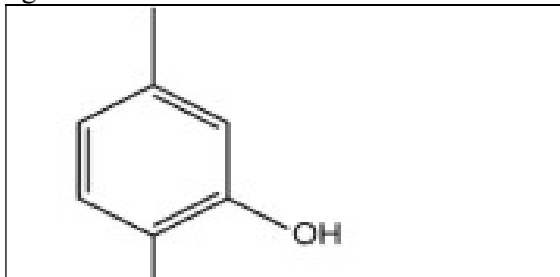
zeamais variaram de 7,1 a 19,9 $\mu\text{g mg}^{-1}$. Os tempos letais necessários para matar 50% das populações variaram de 5,8 a 62 horas. Concentrações crescentes das nanoformulações ocasionaram redução da taxa intrínseca de crescimento e do consumo de grãos das populações de *S. zeamais*. Este trabalho comprova que os protótipos de nanoformulação a base do óleo essencial de *L. sidoides* e seu composto majoritário são promissores para o manejo de populações de *S. zeamais* uma vez que demonstraram alta eficácia, liberação lenta das substâncias e boa estabilidade no armazenamento.

4.7 TIMOL

O tomilho é uma planta muito utilizada na culinária de diversas culturas. Muito difundida nos países do mediterrâneo, o seu sabor agradável torna-as de fácil aceitação no paladar da maioria das pessoas. Vários estudos comprovam a atividade biológica dos óleos essenciais dessa planta. É relatada principalmente atividade antioxidante e antimicrobiana e dessa forma sua aplicação em formulações alimentícias se torna viável (BERTELLI, 2003; BADI *et al.*, 2004; NOSTRO *et al.*, 2004; JORDÁN *et al.*, 2006; OCAÑA-FUENTES *et al.*, 2010; COSTA *et al.*, 2012; KOCIC-TANACKOV *et al.*, 2012).

Os compostos majoritários do tomilho são dois fenóis monoterpênicos e isômeros de posição. O Timol de nomenclatura química 5-metil-2-(1-metiletil)-fenol, fórmula molecular $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}$ e massa molar de 150,22 g/mol, se apresenta na forma de cristais grandes translúcidos incolores ou brancos. Seu odor aromático e paladar marcante são semelhantes ao tomilho. É uma substância pouco solúvel em água e seu ponto de fusão é de 52 °C, permanecendo líquido em temperaturas consideravelmente mais baixas, enquanto que seu ponto de ebulição é 233 °C. Já o carvacrol é quimicamente denominado 2-metil-5-(1-metiletil)-fenol, possui fórmula molecular $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}$, massa molar 150,22g/mol, apresenta-se na forma líquida com coloração amarelo claro e densidade de 0,975 g/mL à 20 °C. A Figura 2 ilustra a estrutura molecular desses dois compostos (NOSTRO *et al.*, 2004).

Figura 2: Estrutura molecular Timol e Carvacrol



Fonte: NOSTRO *et al.* (2004)

A alta volatilidade e consequente instabilidade química frente a fatores ambientais como luz, oxigênio e temperatura são limitadores do uso e aplicação desses compostos.

4.8 IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE SENSORIAL

Inúmeros estudos fazem referência de adição ou incorporação de substâncias com potencial de inibição de insetos, entretanto é necessário avaliar o quanto esses compostos interferem na aceitação sensorial do produto.

A análise sensorial tem importância significativa na indústria de alimentos, visto que através dela podem-se resolver problemas que ocorrem no processo de produção, determinar a qualidade de um produto e estreitar caminhos para os interesses do consumidor, que está cada vez mais exigente em busca de alimentos de qualidade sensorial. Através da análise sensorial é possível avaliar a aceitação e preferência mercadológica de um determinado produto, propor mudanças na formulação e/ou no processamento, avaliar matérias-primas utilizadas no processo produtivo, desenvolver novos produtos, avaliar a vida útil e as condições de armazenamento dos produtos (SANCHO, 2002).

Métodos discriminativos ou de diferença são utilizados quando se quer diferenciar amostras, pois indicam se existe ou não diferença entre elas, podendo ser classificados em testes de diferenças e similaridades. Geralmente, são fáceis de interpretar, requerem pouco tempo, são relativamente de baixo custo e avaliam diferença qualitativa ou quantitativa entre as amostras. Os métodos afetivos são importantes ferramentas, pois acessam diretamente a opinião (preferência e/ou aceitabilidade) do consumidor, ou o potencial de um produto, sobre características específicas ou ideias sobre o mesmo e, por isso, são também chamados de “testes de consumidor”. Estes testes são aplicados para a manutenção da qualidade de um dado produto, a avaliação da aceitação, devido à modificações da formulação, à substituição

de matérias primas e às variações do processamento e embalagem, otimização de produtos e processos, visando melhorar a qualidade e reduzir os custos de produção e distribuição de um produto, inovação e desenvolvimento de produtos, novos produtos e processos, verificação do posicionamento do produto no mercado e as oportunidades de acesso ao mercado, trabalhando com o departamento de marketing e responsável por análise sensorial. Os testes afetivos podem ser qualitativos ou quantitativos, no caso de grãos, os testes quantitativos são os mais usados, pois geram respostas em relação a preferências, opiniões, atributos sensoriais específicos que se deseja alcançar (PEREIRA *et al.*, 2021).

Os testes afetivos avaliam a opinião do consumidor de acordo com a sua preferência e/ou aceitação de um produto (BARBOZA *et al.*, 2003). O teste de aceitação e de intenção de compra expressa a opinião do consumidor sobre características específicas do produto. Nestes testes, é utilizada a escala hedônica (verbal, numérica e bipolar) e escala de atitude (verbal e bipolar), respectivamente (ABNT, 1998). A escala hedônica é facilmente compreendida pelos provadores, sendo utilizada por muitas empresas que objetivam resultados válidos e confiáveis. Neste teste, o consumidor expressa sua aceitação pelo produto, seguindo uma escala que varie gradativamente o seu grau de “gostar” ou “desgostar”. Pode-se avaliar somente a aceitação global ou também avaliar atributos do produto como, por exemplo, cor e textura (REIS, 2006). A escala mais usada nos métodos afetivos é a escala hedônica de nove pontos, desenvolvida por Peryam e Pilgrim em 1957, devido à confiabilidade de seus resultados e à facilidade de utilização pelos provadores. É uma escala de categorias em que a dimensão gosto/desgosto é dividida em nove categorias, indo de “desgostei extremamente” a “gostei extremamente”, com uma categoria neutra, “nem gosto nem desgosto”. As respostas são diretas e de magnitude hedônica, isto é, relacionadas ao “gostar”, uma vez que o indivíduo baseia sua escolha nas suas próprias sensações em relação ao produto (JAEGER, 2009).

5 MATERIAL E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos definidos, o trabalho experimental compreendeu cinco fases distintas:

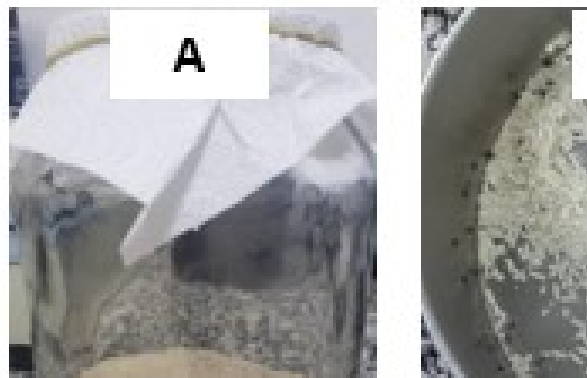
- (i) Reprodução em massa de insetos *Sitophilus* spp.
- (ii) Estudo preliminar para determinação da concentração de Timol

- (iii) Realização do estudo da resistência das películas escolhidas (*shelf life* da embalagem) à espécie de insetos selecionada
- (iv) Caracterização das películas quanto às suas propriedades de gramatura, espessura e micragem.
- (v) Análise sensorial do arroz armazenado nas embalagens que receberam o tratamento com Timol.

5.1 CRIAÇÃO DE INSETOS

O estudo foi conduzido na empresa Frohlich, localizada na cidade de Ivoti, Rio Grande do Sul. Os insetos utilizados para o experimento são derivados dos produtos que retornaram para a empresa de estabelecimentos/clientes onde ocorreram algum grau de infestação no alimento. Uma população não sexada e de idade desconhecida foi armazenada em vidros e mantida com temperatura de 25 ± 2 °C e umidade relativa de $65\pm 10\%$. Os vidros com capacidade de 1,8 litros foram vedados com papel filtro duplo e fixados por um elástico. Como substrato foram utilizados 500g de arroz variedade IRGA 424 RI. O tempo de criação dos insetos foi de 90 dias, para o desenvolvimento do inseto adulto que compreende a eclosão da larva (3 dias), alimentação da larva (18 dias), duração da pupa (6 dias) e permanência do inseto adulto no grão (4 dias) (KOEHLER, 2023). Na Figura 3 pode-se verificar o experimento realizado. Após este período todas as amostras foram peneiradas em peneira malha n° 13 (malhas por polegada) com a finalidade de retirar todos os insetos adultos os quais foram empregados nos experimentos.

Figura 3: Etapas para criação de *Sitophilus spp.* em laboratório



Legenda: (A) Recipiente utilizado para armazenar

os insetos . (B) Triagem dos insetos vivos e mortos.

Fonte: Autora (2023).

Foram obtidos 167 insetos vivos para fase de teste de concentração de Timol. Repetiu-se o experimento novamente para a obtenção de uma nova população de *Sitophilus spp*,

5.2 ESTUDO DA CONCENTRAÇÃO DE TIMOL

Conforme estudo realizado por Consentino (2011) é recomendável a aplicação de bioensaio preliminar a fim de confirmar as concentração das substâncias sugeridas. O estudo foi realizado conforme Lee *et al.* (2019), o qual sugeriu uma embalagem repelente com o preparo de uma solução de revestimento que continha concentração (15%) de óleo essencial. Este pré-teste foi constituído por três tratamentos e quatro repetições de cada unidade experimental e foi executado em um recipiente plástico com 15,5cm, retangular onde foram dispostas em uma extremidade o sache (suporte de material absorvente) embebidos em 2 ml com 5%, 15% e 35% de extrato de Timol diluídos em álcool etílico 92,8 INPM. Os saches foram secos em estufas por 2h a uma temperatura de 30°C.

Tabela 3: Teste de concentração de ativo

Ativo	Concentração	Processo de aplicação	Aplicação	Referência
Timol	5 a 35%	Diluição em solvente (etanol 92,8INPM)	Aspersão	Lee <i>et al</i> (2019)

Fonte: Autora (2023).

Na outra extremidade do recipiente foram colocados os saches do mesmo material absorvente contendo apenas álcool (testemunha). Consentino (2011) sugere a utilização de sagu no sache pelo seu potencial absorvente. Ao lado de cada sache foram depositados 15g de arroz polido e colocados 5 insetos adultos não sexados no centro do recipiente. Os recipientes foram cobertos com papel filtro para evitar a saída dos insetos. Após a realização dos testes foi determinado o Índice de Repelência (IR) pela fórmula $IR=2G/(G+P)$, onde G = porcentagem de insetos no tratamento e P = porcentagem de insetos na testemunha. Onde: IR = 1, planta neutra; IR > 1, planta atraente e IR < 1, planta repelente (LIN *et al.*,1990). Na Figura 4 estão apresentados os experimentos realizados.

Figura 4: Testes de concentração de Timol.



Figura 4: (A) Recipiente utilizado para o teste de concentração (B) Pesagem do material absorvente (C e D) Montagem dos testes.

Fonte: Autora (2023).

Após 24 horas foram contabilizado o número de insetos presentes no arroz próximo ao tratamento com extrato, e no arroz próximo a testemunha. A partir dos resultados fixou-se a concentração inicial de ativo.

5.3 ESTUDO DE PERFURAÇÃO DAS EMBALAGENS PELOS INSETOS

Para os ensaios foram utilizadas embalagens de arroz previamente desenvolvidas de filme laminado e impresso de polietileno linear de baixa densidade (PELBD) com o composto inibidor adicionado por aspersão sobre as embalagens. Realizou-se três tratamentos com duas repetições para cada ativo, sendo necessário uma embalagem para cada análise de contagem de insetos. No estudo, foram utilizadas embalagens conforme Figura 5, medindo 17 cm x 21,5 cm com capacidade para 1kg de produto.

Figura 5: Embalagem Arroz T-1



Fonte: Autora (2023).

Foram aplicados 5 mL de extrato (Timol e solvente) contendo 5 e 15% de Timol nas embalagens e como controle foi aplicada em uma embalagem a mesma dose somente de solvente (testemunha), considerando a dimensão da embalagem, foi aplicado de forma uniforme 0,014mL de ativo ou solvente por cm². Após a montagem dos 6 recipientes, foram liberados 20 insetos não sexados por recipiente. Estes foram fechados com tecido TNT e vedados por fita. O ensaio foi realizado em sala climatizada com 27 ± 2°C e umidade relativa de 70 ± 5%. Essa metodologia tem a finalidade de avaliar a penetração dos insetos no interior das embalagens, conforme evidencia a Figura 6.

Figura 6: preparação dos testes de inibição



Figura 6: (A) Diluição do Timol em álcool. (B e C) Separação do *Sitophilus spp.* (D) Aspersão e secagem das embalagens teste. (E) Adição dos insetos para o teste. (F) Montagem e fechamento dos recipientes dos testes.

Fonte: Autora (2023).

A contagem de insetos foi realizada após 30, 60, 90 e 120 dias do ensaio, onde foram contabilizados o número de insetos contidos na amostra com os tratamentos e na embalagem sem ativo (testemunha). Após a finalização do teste com concentração 5% e 15%, realizou-se novo teste com concentração de 2,5% em duplicata, sendo a contagem dos insetos realizada após 30 dias e 60 dias da aplicação do ativo (LEE *et al*, 2019).

Após a abertura dos pacotes foi realizada a análise de umidade dos grãos de arroz, onde amostras de 20g foram secas a temperatura de $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ em estufa por 24h (BRASIL, 2009). O teor de umidade expresso com base na massa úmida, sendo calculado por meio da seguinte fórmula:

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{100 \times (P1 - P2)}{P1}$$

Onde:

P1 = massa da amostra úmida

P2 = massa da amostra seca.

5.4 CARACTERIZAÇÃO DO FILME

As películas de filme laminado e impresso de PELBD (polietileno linear de baixa densidade) impregnados com Timol foram caracterizadas quanto a espessura, gramatura, densidade.

As películas foram imersas em soluções com Timol a 2,5%, 5% e 15% por um período de 24 horas. Decorrido o tempo, foram secas em estufa por 30°C por $\pm 2^\circ\text{C}$ por 2 horas e depois mantidas em ambiente com climatizada com $24 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 5\%$ até a realização das análises. Os filmes sem Timol foram considerados como o tratamento controle. A espessura foi obtida com micrômetro (Mitutoyo, intervalo de tolerância de $\pm 0,001$) em cinco pontos de cada corpo de prova de 4 cm^2 . A gramatura foi determinada pela pesagem de uma área de 2 cm^2 do filme, em balança analítica utilizando a equação $G=10000p/a$ (onde G =gramatura g.m^{-2} , p =peso (g) do filme e a =área do filme (cm^2)). Os resultados foram expressos em g/cm^2 . A densidade foi determinada por medição da espessura em cinco pontos, do corpo de prova de 2 cm^2 e, calculados pela equação $d=m/v$, onde d =densidade em gcm^{-3} , m =massa (g) e v =volume em cm^3 .

5.5 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial foi realizada após 1 e 4 meses da aplicação do Timol nas concentrações de 2,5%, 5% e controle (sem Timol). Para a realização do teste de ordenação foi realizado o recrutamento de 48 avaliadores na própria empresa, por meio de distribuição e preenchimento da ficha de recrutamento (APÊNDICE 1). Para a realização do teste de escala hedônica e intenção de compra, 98 consumidores não treinados, porém que consomem com frequência arroz e não possuem aversão ao teste. foram recrutados para avaliação do primeiro mês de armazenamento e 115 consumidores foram convidados a participar da pesquisa após 3 meses de armazenamento. A análise sensorial dos produtos foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade sob o parecer número CAAE: 64368622.7.0000.8091.

Após o recrutamento os avaliadores foram orientados a preencher o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE 3), concordando em colaborar com a pesquisa. A análise sensorial foi realizada em um local apropriado, de baixa movimentação e livre de ruídos, com os materiais necessários disponíveis, conforme figura 7.

Figura 7: Cabines de análise sensorial.



Fonte: Autora (2023).

Os participantes foram orientados de acordo com cada análise e assessorados quando necessário.

5.5.1 Teste de ordenação

A análise foi realizada conforme o descrito por Dutcosky (2019). Cada julgador recebeu uma porção de cada amostra cozida (aprox. 20 g), controle e com Timol (2,5% e 5%), com temperatura aproximada de 40 °C, em pratos plásticos brancos codificados com números de três dígitos, de forma balanceada e casualizada, acompanhadas de água para realização do branco entre as amostras. Então foi solicitado aos julgadores que cheirem a amostra e que as ordenem da esquerda para a direita em ordem crescente de odor de Timol/tomilho (APÊNDICE 2). Os resultados obtidos para o teste de ordenação foram somados de acordo com a ordem atribuída para cada amostra, assim, a diferença entre os somatórios foi comparada com o valor crítico tabelado (DUTCOSKY, 2019).

5.5.2 Escala Hedônica e Escala de Atitude

As análises foram realizadas conforme o descrito por Dutcosky (2019). Cada julgador recebeu uma porção de cada amostra (aprox. 20 g) tratadas com Timol, com temperatura

aproximada de 40 °C, em pratos plásticos brancos codificados com números de três dígitos, de forma balanceada e casualizada, acompanhadas de água para realização do branco entre as amostras. O teste de escala hedônica foi realizado utilizando uma escala estruturada de 9 pontos com as extremidades ancoradas nos termos desgostei muitíssimo (1) a gostei muitíssimo (9), referente ao atributo odor (APÊNDICE 4).

Os resultados obtidos na escala hedônica foram inicialmente avaliados através de estatística descritiva e posteriormente testados para a verificação dos pressupostos da ANOVA utilizando teste de Kolmogorov-Smirnov para se determinar a normalidade dos dados, sendo obtido um resultado significativo, portanto, foi realizada a análise de segmentação. Os dados obtidos na análise de segmentação foram comparados pela Análise de Variância (ANOVA) seguida de teste de Tukey, onde a diferença significativa entre as amostras foi considerada quando $p < 0,05$, também foi realizada a análise de componentes principais (ACP).

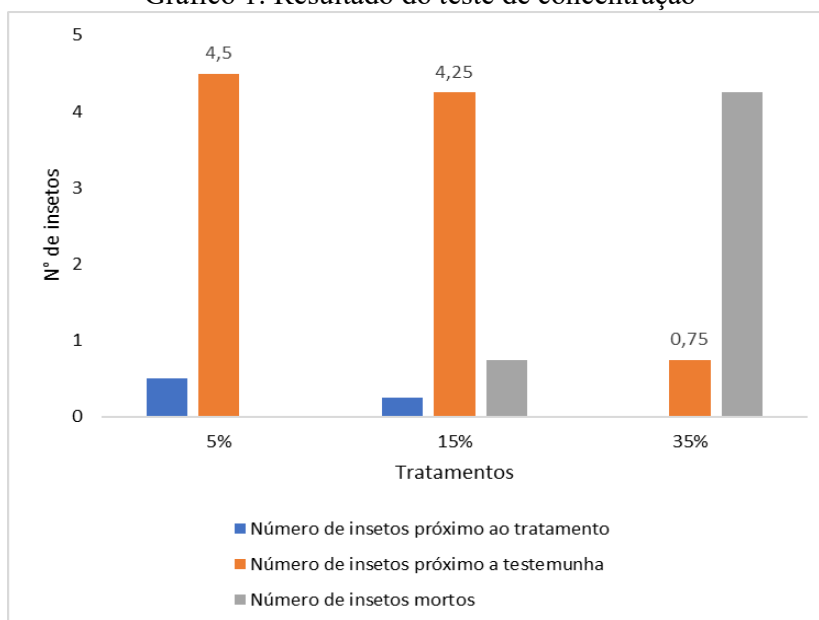
Na mesma ficha foram realizada a indicação da intenção de compra de cada amostra utilizando uma escala de atitude de 5 pontos (APÊNDICE 4). Os testes foram realizados aos 1 e 4 meses de armazenamento nas amostras tratadas com Timol nas concentrações branco, 2.5% e 5%. Os resultados da intenção de compra foram comparados pela Análise de Variância (ANOVA) seguida de teste de Tukey, onde a diferença significativa entre as amostras foi considerada quando $p < 0,05$.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 TESTE CONCENTRAÇÃO DE TIMOL

De acordo com os resultados obtidos no ensaio preliminar, pode-se estabelecer as concentrações que foram aplicadas no filme. Constatou-se que concentrações acima de 15% apresentaram odor extremamente forte que, inclusive, após 24 horas de aplicação causou a mortalidade dos insetos. Segundo Almeida *et al.* (1999) ao ficarem expostos aos óleos essenciais, os insetos inalam os compostos químicos presentes neste, levando a morte após períodos de exposição. No gráfico 1, são apresentados os resultados do teste de concentração de Timol.

Gráfico 1: Resultado do teste de concentração



Fonte: Autora (2023).

Com base neste pré-teste também foi possível determinar a concentração de extrato que apresentou o melhor resultado, sendo que a aplicação de 5% e 15% já apresentaram excelente repelência, não sendo necessário a utilização de percentuais maiores de Timol.

Tabela 4: Determinação do índice de repelência (IR) de *Sitophilus* spp. para diferentes concentrações de Timol.

Tratamento	IR (\pm EP)	Classificação
5%	0,2	Repelente
15%	0,1	Repelente
35%	0	Repelente

IR = 1, planta neutra; IR > 1, planta atraente e IR < 1, planta repelente.

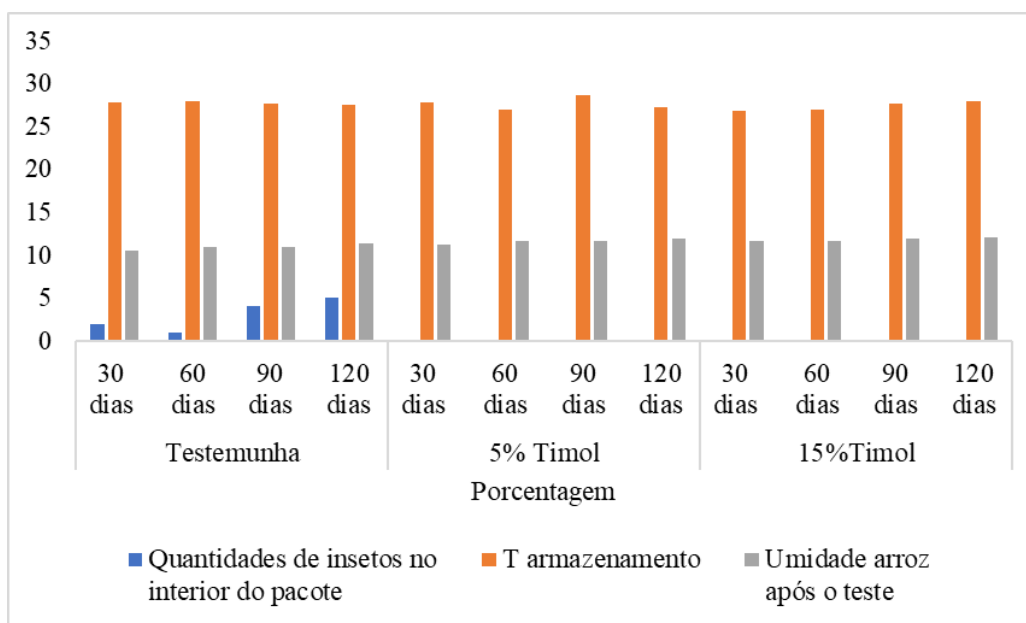
Fonte: Autora (2023).

Com base nos resultados do índice de repelência pode-se constatar que todas as concentrações de Timol apresentaram repelência ao *Sitophilus* spp. Um estudo realizado por Oliveira (2018) avaliou os efeitos letais de Timol em populações de *S. zeamais*. A concentração letal necessária para matar 50% das populações de *S. zeamais* variaram 65,00–91,23 $\mu\text{L L}^{-1}$ para Timol. Como conclusão do trabalho o Timol mostrou-se uma fonte promissora de bioinseticida no manejo de populações de *S. zeamais*.

6.2 RESULTADO DE PERFURAÇÕES DAS EMBALAGENS POR *SITOPHILUS* SPP.

De acordo com os resultados obtidos nos ensaios de perfuração nas embalagens primárias por insetos, pode-se verificar que o *Sitophilus* spp. pode facilmente atacar polímeros. No entanto, nas análises de perfuração das embalagens que receberam tratamento com Timol não ocorreram perfurações, demonstrando que este composto é efetivo no controle dessa praga quando aplicado à embalagem primária. No gráfico 2 são evidenciados os resultados dos ensaios com as concentrações de 5 e 15% de Timol.

Gráfico 2: Resultados do teste de perfuração das embalagens primárias.

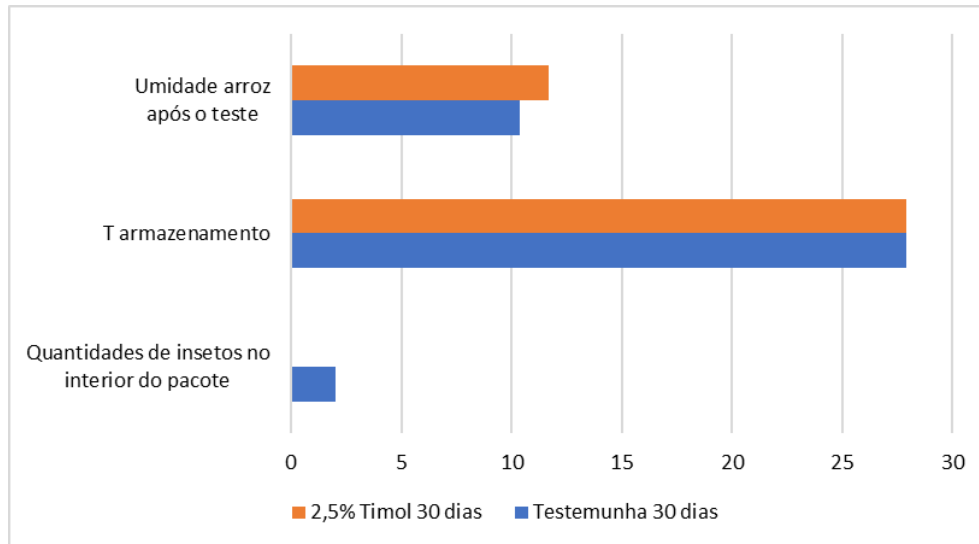


Fonte: Autora (2023).

Após a abertura dos pacotes foi realizada a análise de umidade dos grãos, onde a variação verificada foi de $10,63 \pm DP$ % a $12,11 \pm DP$ %, evidenciando que a aplicação do ativo não interferiu na umidade do produto e que as amostras atendem as especificações do artigo 18 da Instrução Normativa N° 6 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), o qual menciona que o percentual de umidade máxima tecnicamente recomendado para o arroz de qualquer dos subgrupos de ocorrência, será de até 13% (BRASIL, 2009).

Com a finalidade de reduzir a porcentagem de Timol utilizada, testou-se a concentração de 2,5% acompanhada de testemunha em duplicata, durante 30 e 60 dias de exposição aos insetos. Os resultados estão apresentados nos gráficos 4 e 5, respectivamente.

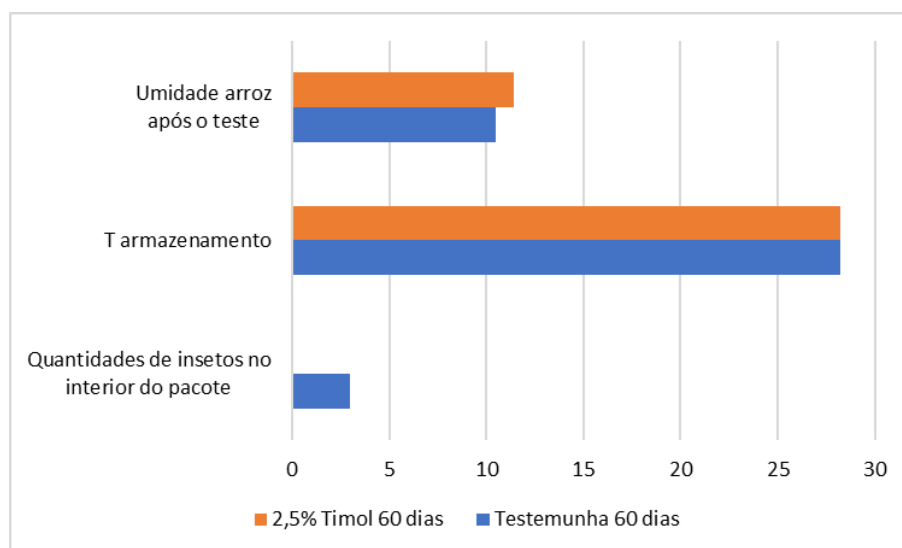
Gráfico 3: Resultados do teste de perfuração das embalagens primárias após 30 dias de armazenamento



Fonte: Autora (2023).

Em ambos os ensaios (30 e 60 dias) para concentração de 2,5% de Timol, não houve perfurações nos pacotes, mas ocorreram a entrada de insetos na embalagem primária das amostras sem Timol, em ambos os testes, reforçando a suscetibilidade do material sem aplicação do agente inibidor.

Gráfico 4: Resultados do teste de perfuração das embalagens primárias após 60 dias de armazenamento



Fonte: Autora (2023).

Quanto a análise de umidade, todas atenderam as especificações exigidas pelo MAPA com umidade máxima de 13%.

6.3 CARACTERIZAÇÃO DA PELÍCULA

O filme foi caracterizado espessura, gramatura e densidade.

6.3.1 Resultados espessura, densidade e gramatura

A determinação da espessura possibilita a avaliação da homogeneidade de um filme, onde as variações na espessura resultam em problemas no desempenho mecânico e flutuações nas propriedades de barreira (OLIVEIRA, 2016). A densidade está relacionada à composição química, a massa molar e a forma como estão compactadas as moléculas (SARANTÓUPOLOS *et al.*, 2002). A gramatura está relacionada a resistência mecânica e de barreira em filmes, onde maiores gramaturas oferecem maiores resistências mecânicas (SARANTÓUPOLOS *et al.*, 2002). Na tabela 5 são apresentados os valores de espessura, densidade e gramatura encontrados nos filmes com adição de Timol em 0%, 2,5%, 5%,15%.

Tabela 5: Resultados espessura, densidade e gramatura

Tratamento	Propriedades		
	Espessura (mm)	Densidade (g/cm ³)	Gramatura (g/cm ²)

EMB+0% Timol	0,054 ^a ±0,005	0,901 ^a ±0,013	0,049 ^a ±0,001
EMB+2,5% Timol	0,056 ^a ±0,005	0,896 ^a ±0,013	0,050 ^a ±0,001
EMB+5% Timol	0,054 ^a ±0,005	0,909 ^a ±0,013	0,049 ^a ±0,001
EMB+15% Timol	0,056 ^a ±0,005	0,894 ^a ±0,013	0,050 ^a ±0,001

^{a,b} Letras minúsculas sobrescritas diferentes indicam diferença significativa entre as linhas (amostras) com significância de 5% no teste de Tukey.

Fonte: Autor (2023).

De acordo com os resultados de espessura, densidade e gramatura das embalagens, a adição do ativo não interferiu na estrutura do filme, onde para todos os percentuais adicionados de Timol não houve diferenças significativas ao nível de 5% entre as amostras.

De acordo com Zapparoli (2015), a adição de Timol, como substância antimicrobiana, não afetou significativamente a estrutura de filme de celulose bacteriana, onde a concentração de 6% de Timol apresentou os melhores resultados pela redução da absorção de água, aumento da tração e da cristalinidade dos filmes.

6.4 ANÁLISE SENSORIAL

Neste tópico são apresentados os resultados da análise sensorial.

6.4.1 Teste de ordenação

Na tabela 6 são apresentados os resultados do teste de ordenação. Os resultados evidenciam que no primeiro mês de armazenamento as amostras com 0%, 2,5% e 5% apresentaram diferença significativa, ou seja, os painelistas constataram a diferença de intensidade de odor entre as amostras, identificando a amostra com 5% de Timol como sendo a com odor mais intenso.

Tabela 6: Resultados do teste de ordenação

Amostras	1 mês de armazenamento	4 meses de armazenamento
0% Timol	61 ^c	75 ^b
2,5% Timol	85 ^b	109 ^a

5% Timol

112^a

94^a

Letras diferentes na mesma coluna a soma das ordens diferem entre si pelo teste de Friedman ($p \leq 0,05$) e intervalo de confiança de 95%.

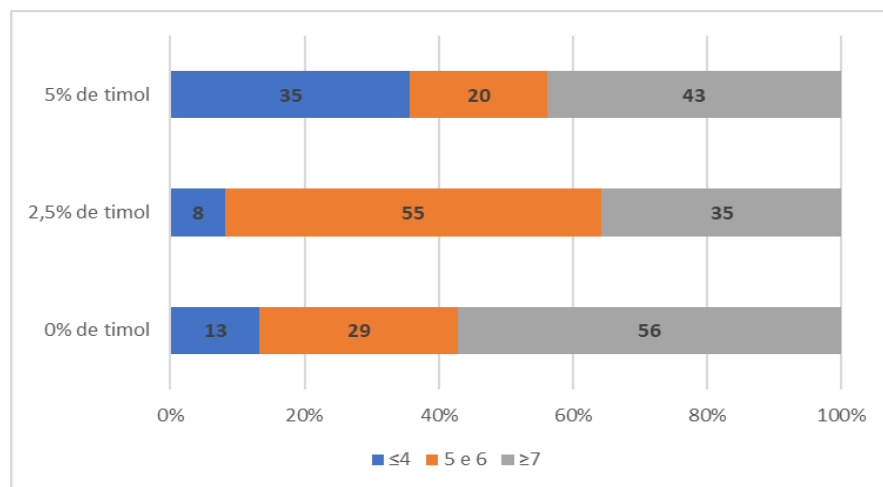
Fonte: Autora (2023).

Os resultados do teste de ordenação após quatro meses de armazenamento demonstram que houve diferença significativa entre as amostras com 0% e 2,5% e 5% de Timol, entretanto, não foi constatada diferença entre as amostras com 2,5% e 5% de Timol. A diferença entre a percepção de odor entre o primeiro e o quarto mês de armazenamento evidencia a volatilidade do Timol (NOSTRO *et al.*, 2004), o que acaba sendo um desafio para aplicação desse composto como agente repelente em embalagens.

6.4.2 Escala hedônica e intenção de compra

A figura 8 apresenta os resultados da análise sensorial de escala hedônica para o atributo odor após o primeiro mês de armazenamento das amostras, onde notas menores ou iguais a 4 significam provavelmente rejeição do produto pelos consumidores, notas entre 5 e 6 indiferença e maiores ou igual a 7 indicam possivelmente maior aceitação do produto pelos consumidores.

Figura 8: Porcentagem de preferência dos escores hedônicos para as diferentes concentrações de Timol após o primeiro mês de armazenamento.

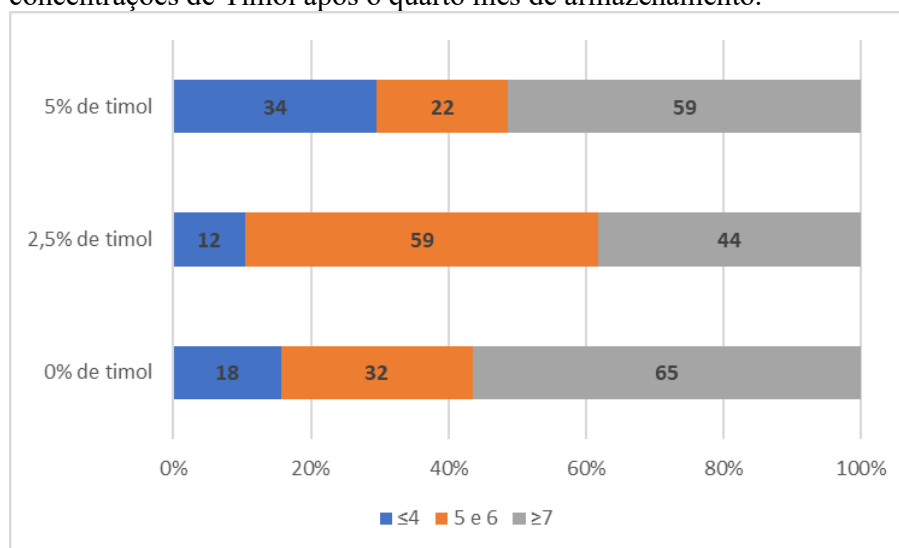


Fonte: Autora (2023).

Para a aplicação de 5% de Timol na embalagem, pode-se verificar que 43% dos avaliadores consideraram o odor do produto sensorialmente aceito e 35% rejeitaram o produto. Na amostra com 2,5% de Timol a maioria dos avaliadores (55%) consideraram a amostra como indiferente (notas entre 5 e 6), seguindo de 35% de aceitação e 8% rejeitaram o odor do produto. Para a amostra sem aplicação de Timol, a maioria dos avaliadores considerou o produto sensorialmente aceito (56%), seguido de indiferente com 29% e 13% rejeitaram a amostra. Assim, pode-se verificar que após um mês de armazenamento houve a percepção do odor do Timol no produto, já que a maior aceitação foi observada na amostra sem adição de Timol. No entanto, cabe ressaltar que a aplicação de 2,5 e 5% de Timol nas embalagens é promissora, visto que a primeira apresentou a menor rejeição no teste e a segunda uma aceitação de 43%.

Na figura 9 são apresentados os resultados da análise sensorial após 4 meses de armazenamento de produto.

Figura 9: Porcentagem de preferência dos escores hedônicos para as diferentes concentrações de Timol após o quarto mês de armazenamento.



Fonte: Autora (2023).

Pode-se constatar que após 4 meses de armazenamento a amostra com aplicação de 5% de Timol foi mais aceita pelos avaliadores quando comparada ao primeiro mês de armazenamento, com 59% de aceitação. Já para a amostra com aplicação de 2,5% de Timol, 59% dos avaliadores consideraram o odor da amostra como indiferente e 44% avaliaram a amostra como aceita. A amostra sem adição de Timol apresentou 65% de aceitação, seguida de 32% de indiferença e 18% de rejeição. Estes resultados demonstram que provavelmente existe pelo menos uma parcela destes consumidores que gostam do odor do Timol.

Segundo Minim (2013), os testes afetivos são uma importante ferramenta, pois obtém diretamente a opinião (preferência ou aceitação) do consumidor em relação as ideias, características específicas ou globais de determinado produto. Dutcosky (2011) afirma que os testes afetivos são também chamados de testes de consumidores, observando que a definição de população-alvo é condição básica para estimativa de preferências deste público.

A análise de segmentação dos resultados da escala hedônica do primeiro mês de armazenamento demonstra a divisão dos consumidores em três grupos distintos (Tabela 7). O Grupo 1 e 2 apresentaram maior aceitação do odor da amostra sem adição de Timol, já o Grupo 3 maior aceitação da amostra com 5% de aplicação de Timol. Quando avaliamos as diferenças entre os grupos para cada concentração de Timol, podemos constatar que para a amostra sem aplicação do ativo o Grupo 2 apresenta a maior média de aceitação para o odor,

enquanto os Grupos 1 e 2 não diferem significativamente. A amostra com 2,5% de aplicação de ativo apresenta maiores aceitações pelos Grupos 2 e 3, os quais não diferem entre si, enquanto o odor da amostra com 5% de Timol é sensorialmente mais aceito pelo Grupo 3.

Tabela 7: Médias dos escores hedônicos do atributo odor para as diferentes concentrações de Timol após o primeiro mês de armazenamento.

Mês 1				
Amostras	Grupo 1 (n= 29)	Grupo 2 (n=26)	Grupo 3 (n=43)	Intenção de compra
0% de Timol	6,24 ^{Ba} ±1,48	7,27 ^{Aa} ±1,56	5,95 ^{Bb} ± 1,09	4,31 ^a ±0,82
2,5% de Timol	4,96 ^{Bb} ±1,03	6,54 ^{Ab} ±0,89	6,42 ^{Ab} ±1,10	4,02 ^b ±0,56
5% de Timol	2,69 ^{Cc} ±0,86	5,19 ^{Bc} ±0,88	7,65 ^{Aa} ±0,52	3,72 ^c ±1,19

Fonte: Autora (2023).

n = número de consumidores em cada grupo.

^{A, B, C} letras maiúsculas sobrescritas indicam diferença significativa entre as colunas (grupos) com significância de 5% no teste de Tukey.

^{a, b} letras minúsculas sobrescritas indicam diferença significativa entre as linhas (amostras) com significância de 5% no teste de Tukey.

Quanto à intenção de compra observa-se que a amostra sem aplicação de Timol apresentou nota superior as das amostras com 2,5% e 5% de aplicação de ativo. A amostra sem o ativo apresentou a nota 4,31 (possivelmente compraria), seguido de 4,02 da amostra com 2,5% de Timol. O produto que apresentou menor intenção de compra foi o produto com 5% de Timol com média de 3,72 (nota entre talvez compraria e possivelmente compraria). Todas as médias de intenção de compra apresentaram diferenças significativas entre si.

Na tabela 8 são apresentadas as médias das notas atribuídas pelos consumidores para as amostras após 4 meses de armazenamento.

Tabela 8: Médias dos escores hedônicos do atributo odor para as diferentes concentrações de Timol após o terceiro mês de armazenamento.

Mês 4				
Amostras	Grupo 1 (n=32)	Grupo 2 (n=38)	Grupo 3 (n=45)	Intenção de compra

0% de Timol	7,11 ^{Aa} ±0,84	4,89 ^{Bc} ±1,03	7,47 ^{Aa} ±0,93	4,18 ^a ±0,85
2,5% de Timol	5,18 ^{Bb} ±0,45	5,42 ^{Bb} ±1,17	7,24 ^{Aa} ±0,46	3,93 ^{ab} ±0,61
5% de Timol	2,86 ^{Bc} ±0,87	6,79 ^{Aa} ±1,57	7,20 ^{Aa} ±1,39	3,68 ^b ±1,15

Fonte: Autora (2023).

n = número de consumidores em cada grupo.

^{A, B} letras maiúsculas sobrescritas indicam diferença significativa entre as colunas (grupos) com significância de 5%.

^{a,b} letras minúsculas sobrescritas indicam diferença significativa entre as linhas (amostras) com significância de 5%.

O Grupo 1 atribuiu a maior média de odor para a amostra sem aplicação de Timol, enquanto o Grupo 2 para a amostra com aplicação de 5% de Timol. Já para o Grupo 3 não foram verificadas diferenças significativas entre as três amostras. Quando avaliamos as diferenças entre os grupos para cada concentração de Timol, podemos constatar que para a amostra sem aplicação do ativo os Grupos 1 e 3 apresentam as maiores médias de aceitação para o odor. A amostra com 2,5% de aplicação de ativo apresenta maior aceitação pelo Grupo 3, enquanto o odor da amostra com 5% de Timol é sensorialmente mais aceito pelos Grupos 2 e 3, os quais não diferem entre si. Quanto a intenção de compra, a amostra sem adição do ativo apresentou a maior média, enquanto as amostras com 2,5 e 5% de Timol não diferiram entre si.

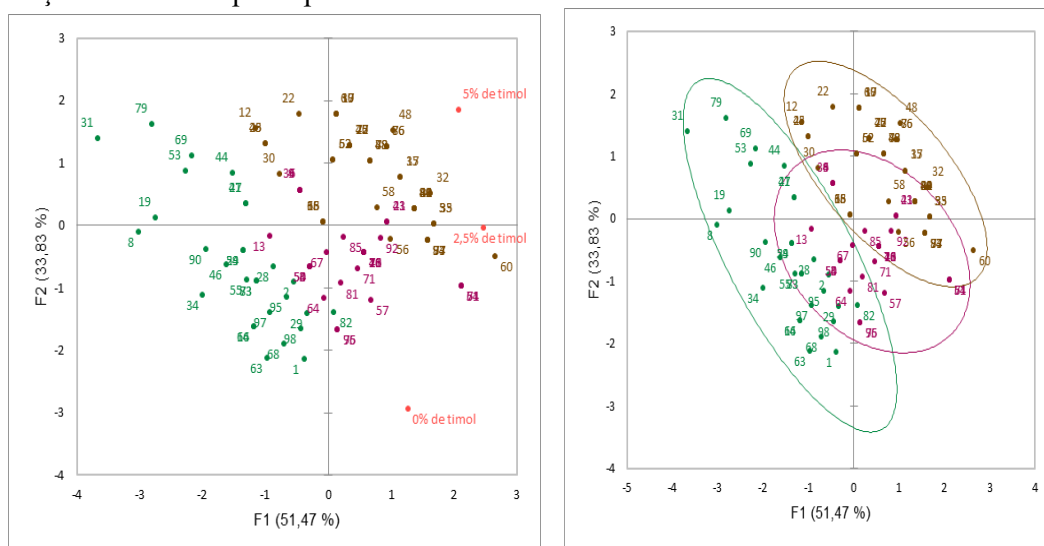
Quando observamos as médias de alguns grupos tanto no primeiro, quanto no quarto mês de armazenamento, elas são maiores que as verificadas por Beininger *et al.* (2010), os quais determinaram a aceitação e as diferenças sensoriais entre o arroz convencional e o arroz fortificado com ferro, obtendo valores médios de aceitação para os atributos avaliados (aparência geral, cor, aroma e sabor) entre 5,6 e 5,9, correspondentes a "gostei" e "gostei muito" de acordo com a escala hedônica.

O atributo estudado na escala hedônica foi avaliado pela Análise de Componentes Principais (ACP) a fim de observar a correlação entre as amostras do presente estudo. Segundo Minim (2013), classifica-se como critério adequado para o sucesso desta

metodologia que a soma dos dois primeiros componentes principais resulte em uma porcentagem de variância a ser explicada igual ou superior a 70%.

A ACP do primeiro mês de armazenamento revelou que os dois componentes principais explicam 85,3% da variação total das amostras (Figura 10). Pode-se perceber que a amostra controle (sem adição de Timol) está oposta a amostra de 5% de Timol na matriz, demonstrando ser percebida pelos consumidores de maneira diferente da mesma, enquanto as amostras com 2,5 e 5% de aplicação de ativo estão mais próximas. Podemos observar na Figura 10 a segmentação dos consumidores em três grupos distintos e sua distribuição entre as amostras, o que corrobora os resultados apresentados na Tabela 7.

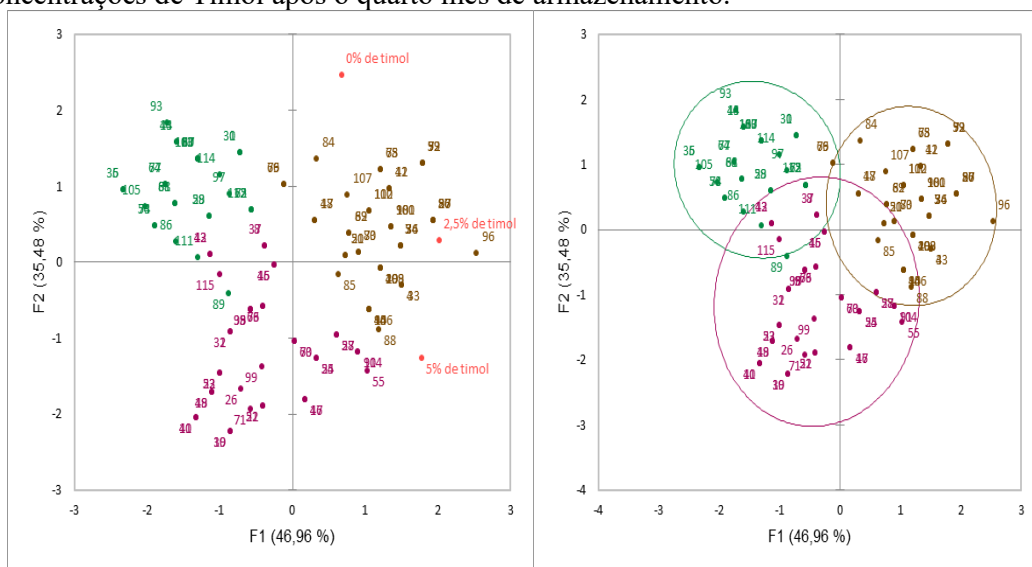
Figura 10: Análise de componentes principais para o atributo odor para as diferentes concentrações de Timol após o primeiro mês de armazenamento.



Fonte: Autora (2023).

Já a ACP obtida para o quarto mês de armazenamento é apresentada na figura 11, onde os dois componentes principais explicam 82,44% da variação total das amostras. Assim como observado no primeiro mês de armazenamento (Figura 10), percebe-se que a amostra controle (sem adição de Timol) está oposta a amostra de 5% de Timol na matriz, enquanto a amostra com 2,5% de aplicação de ativo encontrasse entre estas duas amostras, mas visivelmente mais próxima da amostra de 5%. No entanto, no quarto mês de armazenamento aparentemente os três grupos de consumidores estão mais distanciados, quando comparados ao primeiro mês de armazenamento.

Figura 11: Análise de componentes principais para o atributo odor para as diferentes concentrações de Timol após o quarto mês de armazenamento.



Fonte: Autora (2023).

Dessa forma, através da aplicação da análise sensorial, pode-se verificar que a aplicação de Timol em embalagens com o objetivo de repelir insetos é promissora, pois embora o odor do ativo tenha sido perceptível, tanto para o primeiro, quanto para o quarto mês de armazenamento, observou-se por meio dos escores hedônicos e da análise de segmentação que existe um grupo de pessoas que gosta do odor do Timol presente nas amostras.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este estudo pode-se verificar que o ativo Timol mostrou-se eficiente para repelência de *Sitophilus* spp., onde a aplicação nas concentrações acima de 15% apresentaram odor extremamente forte que, inclusive, após 24h de aplicação causou a mortalidade dos insetos. A aplicação de 5% e 15% já apresentaram excelente repelência, não sendo necessário a utilização de percentuais maiores do ativo. De acordo com os resultados obtidos dos ensaios de perfuração por insetos, pode-se concluir que o *Sitophilus* spp. pode facilmente atacar polímeros e nas análises de perfuração com concentrações de 2,5%, 5%, 15% de Timol não

ocorreram perfurações, mostrando-se um composto efetivo no controle dessa praga quando aplicado à embalagem primária.

Quanto a caracterização da película, pode-se verificar que para espessura, densidade e gramatura, para todos os percentuais adicionados de Timol, não houve diferenças significativas ao nível de 5% entre os resultados. Assim, conclui-se que a adição do ativo não interferiu na estrutura do filme para os critérios analisados.

Para os resultados sensoriais, nota-se que o produto que apresentou maior aceitação sensorial e intenção de compra foi a amostra sem adição de Timol, entretanto, quando realizada a análise de segmentação dos consumidores, observou-se que existe um grupo de consumidores que tem preferência pelas amostras de arroz com odor de Timol. O que torna a aplicação deste ativo na embalagem promissora, pois embora o odor do Timol tenha sido perceptível, tanto para o primeiro mês de armazenamento quanto para o quarto, não houve elevada rejeição deste produto pelos consumidores.

Dessa forma, considerou-se a aplicação de Timol muito promissora para repelência de *Sitophilus* spp. e, como estudo futuro, sugere-se a redução da concentração do ativo na aplicação externa de embalagens primárias, bem como a possibilidade de micro encapsulamento em polímeros, a fim de validação de repelência para o inseto. Outro efeito a ser estudado é o grau de atoxicidade do Timol para consumo, mesmo em baixas concentrações.

8 REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 1414**. Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1998.

AGUIAR, R. W. S *et al.* **Efeito do dióxido de carbono, temperatura e armazenamento sobre sementes de soja e microflora associada.** Revista Ciência Agronômica, v. 43, p. 554-560, 2012.

ALENCAR, E.R; FARONI, L.R.A; CARDOSO, F.S. **Avaliação qualitativa do milho (*Zea mays*) infestado por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento.** In: simpósio de iniciação científica, 12., 2002, Viçosa. Ed. UFV, 2002. V1 , p. 5-6.

ALMEIDA, C. A. F; GOLDFARB, C. A; GOUVEIA, G. P. J; **Avaliação de Extratos Vegetais e Métodos de Aplicação no Controle de *Sitophilus spp.*** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. Campina Grande, PB, v.1, n.1, p.13-20, 1999.

ANTUNES CIF. 2010. **Susceptibilidade de variedades de arroz ao ataque de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae).** Lisboa: ISA Universidade de Lisboa, 2010, 76 p

ARBOGAST, R. T.; THRONE, J. E. **Insect infestation of farm-stored maize in south Carolina: towards characterization of a habitat. Journal Stored Product Resistance.** v. 33. n. 3. p. 187-198, 1997. ARBOGAST, R. T; KENDRA, P. E.; MANKIN, R. W.; MCDONALD, R. C. Insect infestation of a botanical warehouse in north-central Florida. Journal of stored Products Research, v. 38, p. 349-363, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGENS. Disponível em:<https://www.abre.org.br/dados-do-setor/> Acesso em: 02 de abril de 2021.

ATHIÉ, P. **Insetos de grãos armazenado: aspectos biológicos e identificação.** 2ed, São Paulo: Varela. 2002 – 344p.

ANYADIKE, Nnamdi. **Embalagens flexíveis.** São Paulo: E. Blucher, 2010

AZEREDO, Henriette **Fundamentos de estabilidade de alimentos** , editora técnica. – 2 ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2012.

BABARINDE GO, Babarinde SA, Ogunsola SO. **Effect of maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky 1855) infestation on the quality of three commercial pastas.** Food Science and Quality Management, 2013.

BADI, H. N. *et al.* **Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L.** Industrial Crops and Products. v.19, p. 231–236, 2004.

BARBOZA, L. M. V.; FREITAS, R. J. S.; WASZCZYNSKYJ, N. **Desenvolvimento de produtos e análise sensorial. Brasil Alimentos,** São Paulo, n. 18, 2003.

BEINNER, A., et al. **Análise sensorial de arroz fortificado com ferro.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, 30(2): 516-519, abr.-jun. 2010

BERTELLI, D.; PLESSI, M.; MIGLIETTA, F. **Effect of microwaves on volatile compounds in organum**. LWT - Food Science and Technology, v.36, p. 555-560, 2003.

BHAVYA ML *et al* (2019) **In-vitro evaluation of antimicrobial and insect repellent potential of supercritical-carbon dioxide (SCF-CO₂) extracts of selected botanicals against stored product pests and foodborne pathogens**. J Food Sci Technol <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04141-6>

BOTTON, M. *et al*. **O gorgulho do milho Sitophilus zeamais (Coleptera: Curculionidae) como praga em frutíferas de clima temperado**. Circular técnica. Bento Gonçalves, RS Dezembro, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

BRASIL. 2022. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Resolução RDC nº 727, de 01 de julho de 2022 -Dispõe sobre a rotulagem dos alimentos embalados**. Diário Oficial da União, 06 jul 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-727-de-1-de-julho-de-2022-413249279>. Acesso em: 26 de janeiro, 2023.

BRASIL. **Lei Nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1990.

CAMPOS, T. B; ZORZENON, F. J. **Pragas dos Grãos e Produtos Armazenados**. Boletim Técnico: Instituto Biológico, São Paulo, julho 2006. (ISSN 1413-2400).

CARNEIRO, J. D. S., MINIM, V. P. R. **Testes de preferência**. In: MINIM, V. P. R. *Análise Sensorial: Estudos com Consumidores*. Viçosa: UFV, p.51-65, 2006.

CAVALCANTI, P. , Carmo. **História da embalagem no Brasil**. São Paulo: Editora Griffio, 2006. 255p.

CEDES – Centro de Estudos e Debates Estratégicos. **Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. Perdas e desperdício de alimentos – estratégias para redução. Série de cadernos de trabalhos e debates 3**. Brasília, DF, pág. 260, 2018;

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx#:~:text=Considerando%2Dse%20os%20desempenhos%20da,pecu%C3%A1rio%20avan%C3%A7ou%20%2C11%25> acesso em 19/03/2023

CHUCK-HERNÁNDEZ C, García-Lara S, Serna-Saldívar. **Conversion into bioethanol of insect (Sitophilus zeamais Motschulsky), mold (Aspergillus flavus Link) and sprout-damaged maize (Zea mays L.) and sorghum (Sorghum bicolor L. Moench)**. Journal of Cereal Science. 55(3):285–292, . 2012.

CICATIELLO, C., Franco, S., Pancino, B., & Blasi, E. (2016). **The value of food waste: An exploratory study on retailing.** Journal of Retailing and Consumer Services, 30, 96-104. doi: 10.1016/j.jretconser.2016.01.004 <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2016.01.004>

CHARLES, et al. **Molecular Characterization of the Principal Symbiotic Bacteria of the Weevil Sitophilus oryzae: A Peculiar G + C Content of an Endocytobiotic DNA.**, Mol Evol 47, 52–61 (1998). <https://doi.org/10.1007/PL00006362>

COSENTINO, N.. **Avaliação da atividade repelente de extratos vegetais sobre Sitophilus oryzae em arroz beneficiado.** 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal do Pampa, Itaqui, 2011.

COSTA, S. B. da *et al.* **Effect of the matrix system in the delivery and in vitro bioactivity of microencapsulated oregano essential oil.** Journal of Food Engineering, v. 110 p. 190-199, 2012.

DOBIE, P. *et al.* **Insects and arachnids of tropical stored products, their biology and identification: a training manual.** UK, Tropical Development and Research Institute, 1984. 273p.

DELOBEL, B. GRENIER, A. M. **Effect of non-cereal food on cereal weevils and tamarind pod weevil (Coleoptera: Curculionidae).** Journal of Stored Products Research. v. 29, n. 1, p. 7-14, 1993.

DUBEY, N. K *et al.* **Antifungal properties of Ocimum gratissimum essential oil (ethyl cinnamate chemotype).** Fitoterapia. v. 71, n. 5, p. 567-569,. 2003.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos** 3.ed. Curitiba: Champagnat, 2011. 426p

DUTCOSKY, S. **Análise sensorial de alimentos.** 5. ed., rev. – Curitiba : PUCPRESS, 2019. 540 p

EMBRAPA. **Árvore do conhecimento- milho: Pragas de grãos armazenados, Agroindústria de Alimentos,** Rio de Janeiro, 28p, 2019

FANG, Z., *et al.*, **Active and Intelligent Packaging in Meat Industry.** Trends in Food Science & Technology, v. 61, n. 2, p. 60–71, 2017.

FAO. **The future of food and agriculture.** 2005. 163 p. Disponível em: . Acesso em: 12 abr. 2023. HUANG, Y.; BROWN, M. E. Advancing to the next generation of precision agriculture. In: SERRAJ, R.;

FAO. **The future of food and agriculture: trends and challenges.** Rome, 2017. 163 p. Disponível em: . Acesso em: 12 abr. 2023. HUANG, Y.; BROWN, M. E. Advancing to the next generation of precision agriculture. In: SERRAJ, R.;

FAO. **The future of food and agriculture: trends and challenges**. Rome, 2019. 163 p. Disponível em: . Acesso em: 12 abr. 2023. HUANG, Y.; BROWN, M. E. Advancing to the next generation of precision agriculture. In: SERRAJ, R.;

FARONI, L. R. D., & Sousa, A. H. (2010). **Os problemas com pragas de armazenamento e as tendências para seu controle na pós-colheita de grãos**. In *V Anais Conferência Brasileira de Pós-Colheita* (pp. 68-83).

GARY Alpert, Harvard University, Bugwood.org.
<https://www.invasive.org/browse/subthumb.cfm?sub=2435&cat=101> acesso em 10 de outubro de 2021.

GIMÉNEZ, Ana; ARES, Florencia; ARES, Gastón. **Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches**. Food Research International, Montevideu, v. 1, n. 49, p.311-325, jul. 2012.

GUARDA A, Rubilar JF, Miltz J, Galotto MJ (2011) **The antimicrobial activity of microencapsulated thymol and carvacrol**. Int J Food Microbiol 146:144–150.<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.02.011>

GULARTE, M. A., ÁVILA, B.P., DIERINGS, E. J., PEREIRA, A. M. **Manual Prático de Análise Sensorial: arroz e feijão**. Pelotas: Santa Cruz, 2017. 92p

HARADA, J. **Polímeros para embalagens. Apostila elaborada para o curso: Polímeros para Embalagens**. ABPol, Junho, 2001, São Carlos, São Paulo.

HARADA, J. **Polímeros para embalagens..** ABPol, Junho, 2005, São Carlos, São Paulo.

HAYES, A. J. Food Chem 40:535 Highland, H., 1988. **Insect resistance of food packages – a review**. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2(2), 123–129p.

HUANG, Y.; BROWN, M. E. **Advancing to the next generation of precision agriculture. Agriculture & Food Systems to 2050: global trends, challenges and opportunities**. New Jersey: World Scientific Publishing, 2018. p. 285-314. DOI: 10.1142/9789813278356_0009

RIUDAUVETS, I, *et al.*. **Damage characteristics produced by insect pests in packaging film**, *Journal of Stored Products Research*, Volume 43, Issue 4, 2007,

JAEGER, S. R.; CARDELLO, A. V. **Direct and indirect hedonic scaling methods: A comparison of the labeled affective magnitude (LAM) scale and best-worst scaling**. *Food Quality and Preference*, Barking, v.20, n.3, p.249-258, 2009.

JAYAKUMAR, *et al.* **Repellent activity and fumigant toxicity of a few plant oils against the adult rice weevil *Sitophilus oryzae* Linnaeus 1763 (Coleoptera: Curculionidae).** Journal of Entomology and Zoology Studies, v. 5, n. 2, p. 324-335, 2017.

JORDÁN, M.J, *et al.* **Seasonal variation of *Thymus hyemalis* Lange and Spanish *Thymus vulgaris* L. essential oils composition.** Industrial Crops and Products, v.24, p.253–263, 2006

JORGE, N. **Embalagens para alimentos.** – São Paulo : Cultura Acadêmica : Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2013 194 p. ISBN 978-85-7983-394-6

KAREL, M, LUND, D. **Protective Packaging: Principles of Food Preservation.** New York, Marcel Dekker. 2ª edição, 2003, capítulo 12;

KIRITANI, K. **Biological studies on the *Sitophilus* complex (Coleoptera: Curculionidae) in Japan.** Journal Stored Products Research. v. 1, p. 169-176, 1965.

KOCIC-TANACKOV, *et al.* **The inhibitory effect of oregano extract on the growth of *Aspergillus* spp. and on sterigmatocystin biosynthesis.** LWT - Food Science and Technology, v. 49, p.14-20, 2012.

KOEHLER, P. G. Lesser grain borer, ***Rhyzopertha Dominica* (Coleoptera: Bostrichidae).** University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_IG117>. Acesso em: maio 2023.

KUMMU, M., *et al.* **Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use.** Science of the Total Environment, 438, 477-489. 2012 doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.08.092.

LEE, J.; *et al* (2019). **Characterization and Preservation Performance of Multilayer Film with Insect Repellent and Antimicrobial Activities for Sliced Wheat Bread Packaging.** Journal of Food Science, 2019, doi:10.1111/1750-3841.14823

LICCIARDELLO, F., *et al.* **Rapid assessment of the effectiveness of antioxidant active packaging— Study with grape pomace and olive leaf extracts .** Food Packaging and Shelf Life, v. 6, p. 16, 2015.

LIMA, Jade Cardoso. **Estudo da atividade antifúngica dos fitoconstituintes carvacrol e Timol contra cepas de *aspergillus* spp.:aplicabilidade em grãos de milho.** 2017. 52 fl. Curso de Bacharelado em Farmácia, Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité – Paraíba – Brasil.

LIN, H; KOGAN, M; FISHER, D. **Induced resistance in soybean to the Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae): Comparisons of inducing factors.** Environmental Entomology, v. 19, n. 6, p. 1852-1857, 1990

LOPES, suelen. **INFLUÊNCIA DO ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA (Cymbopogon spp) NA REPELÊNCIA E MORTALIDADE DE Sitophilus zeamais Mots.**, 2019 Doi: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/3771>

LORINI, I. **Armazenagem de Grãos**. Campinas, SP: Instituto Biogeneziz, 2002. v. 1. 1000 p.

LORINI, I. **Perdas anuais em grãos armazenados chegam a 10% da produção nacional**. Revista Visão Agrícola, n. 13, p. 127-129, jul.-dez. 2015.

LYON, F. **The creation of social capital in agricultural economies in Ghana**. 2000 , Science Direct- World Development: II. Trust, Networks and Norms Journal of Store Product Research, 28:4:663-681.

MARSIN, A. M. ,*et al* (2020). **Essential oils as insect repellent agents in food packaging: a review**. 2020 , doi:10.1007/s00217-020-03511-1.

MAZOYER, Marcel; ROUART, Laurence. **História das agriculturas no mundo: do Neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: UNESP; Brasília, DF: NEAD / MDA, 2010.

MOURA, R. A. e BANZATO, J. M. **Embalagem, Unitização & Containerização**. 4ª ed. São Paulo: IMAM, 2003. Série manual de logística, vol. 3.

MULLEN, M. A. **Pest-Proofing Food Packaging**. Agricultural Research. p. 10- 11, Manhattan, 1998.

MURATA M, *et al*. **Infestation and Development of Sitophilus spp. in Pouch-Packaged Spaghetti in Japan**. Journal of Economic Entomology. 101(3):1006–1010, 2008.

NEGRET, Fernando. **A identidade e a importância dos mestrados profissionais no Brasil e algumas considerações para a sua avaliação**. Revista Brasileira de Pós-Graduação, Brasília, v. 5, n. 10, p. 217-225, dez. 2008.

NOSTRO, A; *et al*. **Susceptibility of methicillin-resistant staphylococci to oregano essential oil, carvacrol and thymol**. FEMS Microbiology Letters, v.230 p.191- 195, 2004.

OCAÑA-FUENTES, A.; *et al*. **Supercritical fluid extraction of oregano (Origanum vulgare) essentials oils: Anti-inflammatory properties based on cytokine response on THP-1 macrophages**. Food and Chemical Toxicology, v.48, p.1568–1575, 2010

OKELANA, F. A. OSUJI, F. N. C. **Influence of relative humidity at 30°C on oviposition, development and mortality of Sitophilus zeamais Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) in maize kernels**. Journal of Stored Products Research. v. 21, p. 13- 19, 1985.

OLIVEIRA, A., *et al.* **Essential oil of *Lippia sidoides* and its major compound thymol: Toxicity and walking response of populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae).** 2018, *Crop Protection*, 112(), 33–38. doi:10.1016/j.cropro.2018.05.011

OLIVEIRA, A. P.. **Nanoformulações à base de óleo essencial de *Lippia sidoides* e Timol para o manejo de populações de *Sitophilus zeamais*.** 2016. 41 f.- Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.

OLIVEIRA, L.M.; OLIVEIRA, P.A.P.L.V. **Revisão: Principais agentes antimicrobianos utilizados em embalagens plásticas.** *Brazilian Journal Food Technol*, v. 7, p. 161-165, 2004.

OLIVEIRA, M. A. **Utilização de película de fécula de mandioca como alternativa à cera na conservação pós-colheita de frutos de Goiaba (*Psidium guajava*).** 73 f. - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, 1996.

ORNELAS, L. H. **Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos.** 8. ed. São Paulo: Atheneu, 2007. 276p.

ORTIZ, Angel Visentim. **Avaliação de propriedades mecânicas e de barreira a gases em embalagem plástica multicamada composta de polietileno de baixa densidade e poliamida tratada com radiação ionizante.** 2005. Universidade de São Paulo, São Paulo

PACAVIRA, R.; PEREIRA, A. P.; MEXIA, A. **Quality and food security of stored products in Luanda/Angola.** *Actas VII National Meeting of Integrated Protection. Agrarian Superior School of Coimbra, Coimbra.* v. 528-533. p. 6-7, 2005.

PEIXOTO, M. G.; *et al.* **Toxicity and repellency of essential oils of *Lippia alba* chemotypes and their major monoterpenes against stored grain insects.** *Industrial Crops and Products*, v. 71, p. 31-36, 2015.

PEIXOTO N. D.; *et al.* **Vasorelaxant effects of the monoterpenic phenol isomers, carvacrol and thymol, on rat isolated aorta.** *Fundam. Clin. Pharmacol.*, 24, 341-350, 2010.

PEREIRA DE ABREU, D. A. J. M. Cruz. **Active and intelligent packaging for the food industry.** *Food Reviews International* 28.2 (2012): 146-187.

PEREIRA *et al* **Descomplicando a Análise Sensorial: Grãos e Derivados.** Canoas. Merita Pushiers, 2021.

PEREIRA, P., Almeida , LM. 2001. **Chaves para a identificação dos principais Coleoptera (Insecta) associados com produtos armazenados.** *Revista brasileira Zool.* 18 (1): 271 ·283, 2001

PEREIRA, José Almeida. **As variedades de arroz vermelho brasileiras**. Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2014, página 39, (Documentos / Embrapa Meio-Norte, ISSN 0104-866X ; 229).

PINGALI, P. (Ed.). **Agriculture & Food Systems to 2050: global trends, challenges and opportunities**. New Jersey: World Scientific Publishing, 2018. p. 285-314.
DOI: 10.1142/9789813278356_0009.

PIRES, M., *et al.*, “**Efeito da migração de composto antimicrobiano nas propriedades finais de selagem de filme poliolefinico**”, *Polímeros*, v. 24, pp. 237-242, 2014

POÇAS, M. F.; SELBOURNE, M. C.; DELGADO, T. **A embalagem para produtos alimentares**. Porto: ESB/UCP, [200-?].

REIS, R. C., MINIM, V. P. R. **Testes de aceitação**. In: MINIM, V. P. R. *Análise Sensorial Estudos com Consumidores*. Vicosa: UFV, 2006. p.67-83. revisão, *Revista Brasileira De Plantas Mediciniais*, v.13, n.4, p.500-506, 2011.

RIUDAVETS, J.; SALAS. I.; PONS, M. J. **Damage characteristics produced by insect pests in packaging film**. *Journal of Stored Products Research*. v.43, p. 564- 570, 2007.

ROSSETO, C.I. **Resistência do milho as pragas da espiga, Helicoverpa zea (Boddie), Sitophilus zeamais Motschulsky e Sitotroga cerealella (Olivier)**. Piracicaba, ESALQ-USP, 1972. 144 p. T

SANCHO, J.; BOTA, E.; CASTRO, J.J. de. **Introducción al análisis sensorial de los alimentos**. Barcelona: Alfaomega grupo Editos, 2002

SANTOS, J. P. ; MANTOVANI, E.C. S237p. **Perdas de grãos na cultura do milho; pré-colheita**, 1 997 colheita, transporte e armazenamento. Sete Lagoas: EMBRAPA- CNPMS, 2007 40p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 24)

SARANTÓPOULOS, C.G.L.; OLIVEIRA, L.M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R.M.V; GRACIA, E.E.C. **Embalagens Plásticas Flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**. CETEA/ ITAL, Campinas, 2002.

SARWAR, M. **Distinguishing and controlling insect pests of stored foods for improving quality and safety**. *American Journal of Marketing Research*, v. 1, n. 3, p. 201-207, 2015.

SCHEFF, D., 2016. **Effect of methoprene treated polymer packaging on fecundity, egg hatchability, and egg-to-adult emergence of Tribolium castaneum and Trogoderma variabile**. *Journal of Stored Products Research*, 69, 227-234p.

SCHEFF, DS, Arthur, FH, & Myers, S. **Avaliação de embalagens tratadas com metopreno contra Trogoderma granarium Everts e Trogoderma inclusum LeConte, desenvolvimento larval e penetração ou invasão de embalagens**. *Journal of Stored Products Research*, 84, 2019. doi: 10.1016 / j.jspr.2019.101530

Silva, B. **Canibalismo e desempenho reprodutivo dos carunchos *Sitophilus zeamais* e *Sitophilus granarius***. Viçosa, MG, 2016. 18f.

SILVA, C. R.. **Bioatividade do óleo essencial de tomilho e do Timol como fumigante no controle de *Aspergillus flavus* CCUB1405 in vitro e em castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) durante o armazenamento**. 2021. xiv, 40 f., il. Dissertação (Mestrado em Agronomia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2021.,

SIMÕES, C.M.O.; *et al.* **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre, RS: Ed. da UFSC, 2004.

SOARES, N.D.F.F., *et al.*, **Novos desenvolvimentos e aplicações em embalagens de alimentos**, *Ceres*, v. 56, n. 4, pp. 370–378, 2009.

SOSBAI. **Arroz Irrigado: Recomendações da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria: Sosbai, 2005. p. 89-92.

STEJSKAL, V., *et al.* **Comparison of the resistance of mono- and multilayer packaging films to stored-product insects in a laboratory test**. *Food Control*, 73, 566-573p; 2017.

TEODORO, A. V. **A importância da análise sensorial em unidades de alimentação e nutrição**. 2013. 28 f., Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

THYBERG, L., TONJE J. S. **Drivers of food waste and their implications for sustainable policy development, Resources, Conservation and Recycling**, Volume 106, 2016, Pages 110-123, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.11.016>.

TREMATERRA P. 2009. **Preferences of *Sitophilus zeamais* to different types of Italian commercial rice and cereal pasta**. *Bulletin of Insectology*. 62(1):103-106

URBAIN, W. M. **Food Irradiation**. New York, N. Y.: Academic Press, Inc, 1986.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Production, Supply and Distribution (PSD)**.

Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>. Acesso em: 27 nov. 2022.

VIEBRANTZ, P. C. **Armazenagem de grãos de milho infestados com *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* em sistema hermético e convencional**. 2014. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

VIEIRA, Pedro Abel, *et al.* **Geopolítica do alimento : o Brasil como fonte estratégica de alimentos para a humanidade** Brasília, DF : Embrapa, 2019. PDF (317 p.) : il. Color

ZAPAROLLI, F. B. **Aplicação e caracterização de celulose bacteriana impregnada com Timol**. 36 f. Tecnologia em Alimentos - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2015.

ZAPAROLLI, F. B. **Aplicação e caracterização de celulose bacteriana impregnada com Timol**. 2015. 37f. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015.

ZYLBERSZTAJN, D. Conceitos gerais, evolução e apresentação do sistema agroindustrial. In: ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, M. F. (Orgs.). **Economia e gestão dos negócios agroalimentares**. São Paulo: Pioneira, 2000. [Cap. 1, pp 1-21].

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Ficha de seleção dos colaboradores para teste sensorial

Ficha de seleção de provedores

A mestranda Gisele Koetz Tomiello e os professores Bruna Klein e Voltaire Sant'Anna convidam para participar de análise sensorial em arroz. Se você não tem intolerantes a lactose e alergias a proteína do leite, soja, amendoim, amêndoas, avelã, castanha-de-caju, castanha-do-pará e nozes e consome arroz com frequência, venha ajudar a analisar os atributos de qualidade desse produto.

Entre em contato pessoalmente ou por email para uma conversa de dúvidas com a mestranda Gisele (gisele@frohlich.com.br) ou pelo whatsapp (51 - 995450264) e o professor voltaire (voltaire-santanna@uergs.edu.br).

Você está sendo convidado a participar de um teste sensorial de um dos produtos da empresa. Para participar, por favor, responda as perguntas abaixo. Entraremos em contato

para marcar os testes sensoriais. Os nomes e e-mail serão solicitados para contato posterior e serão mantidos em completo sigilo por parte dos pesquisadores. Após o fim dos testes, todos os materiais serão destruídos.

Nome: _____

Idade: _____

Sexo: () Masculino () Feminino

1- Melhores dias para você participar da seção de degustação?

2- Indique o quanto você gosta dos produtos abaixo:

a) Arroz branco T-1: () Gosto () Nem gosto nem desgosto () Não gosto

3- Com que frequência você consome arroz branco?

() todos os dias

() ao menos 1 vez por semana

() ao menos 1 vez por mês

() raramente

() não consumo

4 -Você consome orégano, sálvia e temperos similares:

() sim () não

5- Você é fumante?

() sim () não

6- Cite alimentos e ingredientes que você desgosta muito?

7 - Você tem alergia ou intolerância a algum alimento ou ingrediente?

8-Especifique os alimentos que você não pode comer ou beber por razões de saúde. Explique.

9-Você se encontra em dieta por questão de saúde? Caso positivo, explique.

10-Indique se você possui:

- Diabetes
- Hipertensão
- Hipoglicemia
- Doença bucal
- Alergia ao leite (proteína ou lactose)
- Celíaco (alergia a glúten)
- Alergia a algum tipo de nozes
- Alergia a soja

APÊNDICE 2

Teste de ordenação

Avalie o odor de cada uma das amostras da esquerda para a direita em ordem crescente de odor de timol.

Menor odor

APÊNDICE 3

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Você/Sr./Sra. está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa de mestrado, intitulada “Desenvolvimento de embalagem com potencial inibidor de *sitophilus spp.*”, que faz parte da dissertação de mestrado do programa de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia De Alimentos pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS/ unidade de Encantado/RS. Os pesquisadores responsáveis por essa pesquisa são Voltaire Sant’Anna e Gisele Koetz Tomiello que podem ser contatados no telefone (51) 3751 3376, endereço Rua Alegrete, 821, bairro São José, Encantado/RS e e-mails: voltaire-santanna@uergs.edu.br e gisele_koetz@yahoo.com.br.

O referente estudo “tem por objetivo geral analisar sensoriais descritivas e quantitativas diferentes arrozes com aplicação de diferentes compostos com potencial de inibição de *sitophilus spp.* Nessa parte do estudo será avaliado se o você reconhece diferenças sensoriais entre arrozes com aplicação em embalagem externa de tymol, pyrethrin, óleo essencial de citronela e metopreno. Você será instruído e treinado para avaliar sensorialmente e então dar notas comparativas entre os produtos quanto à atribuídos previamente definidos.

Esse projeto de pesquisa envolve risco baixo para consumo de arroz, pois esse produto não é considerado alergênico. A concentração dos produtos aplicados sob a embalagem varia entre 0,1 a 35% diluídos em etanol. Os produtos testados são aprovados pela FDA e os larvicidas avaliados são autorizados para uso em água potável pela Organização Mundial de Saúde (OMS), destinada para consumo humano. Pode envolver riscos mínimos de constrangimento, caso você não tenha a mesma opinião que os demais participantes. Para tanto, os testes serão realizados de forma individual e os dados mantidos em total sigilo por parte dos pesquisadores. Logo após as análises, as fichas serão destruídas.

As pessoas que estarão acompanhando os procedimentos serão os pesquisadores: a estudante de mestrado Gisele Tomiello e o professor responsável Voltaire Sant’Anna. Todas as despesas decorrentes de sua participação nesta pesquisa, caso haja, serão ressarcidas. Danos decorrentes da pesquisa serão indenizados. Você/Sr./Sra. poderá se retirar do estudo a qualquer momento, sem qualquer tipo despesa e constrangimento. Solicitamos a sua autorização para usar suas informações na produção de artigos técnicos e científicos, aos quais você poderá ter acesso. A sua privacidade será mantida através da não-identificação do seu nome. Esse estudo está inserido na dissertação de mestrado da aluna Gisele Tomeillo e está sendo financiada pela empresa Frohlich. Todos os registros da pesquisa estarão sob a guarda do pesquisador, em lugar seguro de violação, pelo período mínimo de 05 (cinco) anos, após esse prazo serão destruídos.

Este termo de consentimento livre e esclarecido possui 02 (duas) páginas e é feito em 02 (duas) vias, sendo que uma delas ficará em poder do pesquisador e outra com o participante da pesquisa. Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Uergs (CEP-Uergs). Formado por um grupo de especialistas, que tem por objetivo defender os interesses dos participantes das pesquisas em sua integridade e dignidade, contribuindo para que sejam seguidos os padrões éticos na realização de pesquisas: Comitê de Ética em Pesquisa da Uergs – CEP-Uergs - Av. Bento Gonçalves, 8855, Bairro Agronomia, Porto Alegre/RS – CEP: 91540-000; Fone/Fax: (51) 33185148 - E-mail: cep@uergs.rs.gov.br.

O projeto somente será iniciado quando houver a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UERGS e segue os critérios éticos estabelecidos na Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

Encantado/RS, ____ de _____ de 2020.

Assinatura do(a) participante

Assinatura do pesquisador responsável 1

Assinatura do pesquisador responsável 2

APÊNDICE 4

Ficha sensorial de escala hedônica e escala

Por favor, dê uma nota usando a escala abaixo para descrever o quanto gosta do odor dos produtos:

1. Desgostei muitíssimo
2. Desgostei muito
3. Desgostei regularmente
4. Desgostei ligeiramente
5. Nem gostei, nem desgostei
6. Gostei ligeiramente
7. Gostei regularmente
8. Gostei muito
9. Gostei muitíssimo

Código da amostra	Valor

Por favor, agora indique sua opinião com base na escala abaixo. Se não comprar, você: