

Desafios regulatórios na produção e comercialização do trigo orgânico no Brasil

Regulatory challenges in the production and commercialization of organic wheat in Brazil

Retos regulatorios en la producción y comercialización del trigo orgánico en Brasil

Recebido: 30/06/2025 | Revisado: 08/07/2025 | Aceitado: 08/07/2025 | Publicado: 09/07/2025

Daiana Perini

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3026-5570>

Universidade Estadual de Campinas, Brasil

E-mail: daianaperini2012@hotmail.com

Luan Ramos da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1150-6966>

Universidade Estadual de Campinas, Brasil

E-mail: luanramosea@gmail.com

Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8445-336X>

Universidade Estadual de Campinas, Brasil

E-mail: mclerici@unicamp.br

Resumo

A conservação do trigo e o armazenamento de qualquer grão a granel, quando submetido de forma adequada, pode facilmente durar de seis a oito anos ou mais, sem perder nenhum de seus benefícios nutricionais. O objetivo deste trabalho foi abordar, por meio de uma pesquisa documental de fonte direta em regulamentações e, associada a revisão bibliográfica, o sistema de produtos orgânicos, em específico, grãos de trigo e os desafios para o tratamento deste segmento no Brasil, com base nas legislações em vigor. As literaturas consultadas indicam que são permitidas a aplicação de atmosfera modificada com dióxido de carbono ou aplicação de terra diatomácea para o tratamento do trigo orgânico conforme Instrução Normativa Nº 46 de 06 de Outubro de 2011 do MAPA. Outro método que vem ganhando destaque no processo de preservação do trigo orgânico é a técnica nomeada VacQPack, a qual oferece uma bio fumigação baseada em temperatura de armazenamento e vácuo (baixa pressão). Dos métodos apresentados para tratativa de produtos orgânicos, o processo mais indicado, com menor custo e com abrangência para grandes volumes foi a técnica de atmosfera modificada, que já está disponível no mercado brasileiro. Já a técnica do sistema à vácuo não pode ser comparada por não haver o custo disponível em referências bibliográficas e por se tratar de um processo recente. Portanto o trigo orgânico, assim como outros grãos e sementes, ainda necessitam de mais pesquisas na pós-colheita que otimizem métodos de conservação eficientes e competitivos.

Palavras-chave: Trigo orgânico; Atmosfera modificada; Fumigação; Grãos armazenados.

Abstract

The preservation of wheat and the storage of any bulk grain, when carried out properly, can easily last from six to eight years or more without losing any of its nutritional benefits. The aim of this research was to address, through a documentary analysis of primary sources in regulations, combined with a literature review, the organic products system, specifically wheat grains, and the challenges related to managing this segment in Brazil, based on current legislation. The consulted literature indicates that the use of a modified atmosphere with carbon dioxide or the application of diatomaceous earth is permitted for treating organic wheat, according to Normative Instruction No. 46 of October 6, 2011, from MAPA. Another method gaining prominence in organic wheat preservation is the VacQPack technique, which offers bio-fumigation based on storage temperature and vacuum (low pressure). Among the presented methods for organic product treatment, the most recommended, cost-effective, and suitable for large volumes was the modified atmosphere technique, which is already available in the Brazilian market. The vacuum system technique could not be compared due to the lack of cost references in literature and because it is a relatively new process. Therefore, organic wheat, like other grains and seeds, still requires more research post-harvest to develop efficient and competitive preservation methods.

Keywords: Organic wheat; Modified atmosphere; Fumigation; Stored grain.

Resumen

La conservación del trigo y el almacenamiento de cualquier grano a granel, cuando se realiza de manera adecuada, puede durar fácilmente de seis a ocho años o más sin perder ninguno de sus beneficios nutricionales. El objetivo de esta investigación fue abordar, mediante un análisis documental de fuentes directas en regulaciones, asociado a una revisión bibliográfica, el sistema de productos orgánicos, en específico los granos de trigo, y los desafíos para el tratamiento de este segmento en Brasil, con base en la legislación vigente. La literatura consultada indica que se

permite el uso de atmósfera modificada con dióxido de carbono o la aplicación de tierra de diatomeas para el tratamiento del trigo orgánico, según la Instrucción Normativa n° 46 del 6 de octubre de 2011 del MAPA. Otro método que ha ganado relevancia en la preservación del trigo orgánico es la técnica VacQPack, que ofrece biofumigación basada en la temperatura de almacenamiento y el vacío (baja presión). Entre los métodos presentados para el tratamiento de productos orgánicos, la técnica de atmósfera modificada fue la más recomendada, con menor costo y aplicabilidad para grandes volúmenes, y ya está disponible en el mercado brasileño. La técnica del sistema al vacío no pudo ser comparada debido a la falta de referencias bibliográficas sobre su costo y por tratarse de un proceso relativamente reciente. Por lo tanto, el trigo orgánico, al igual que otros granos y semillas, todavía necesita más investigaciones en la poscosecha que optimicen métodos de conservación eficientes y competitivos.

Palabras clave: Trigo orgánico; Atmósfera modificada; Fumigación; Granos almacenados.

1. Introdução

O trigo é uma gramínea, estando entre as plantas mais cultivadas no mundo por ser fonte de proteínas formadoras do glúten, carboidratos, vitaminas e minerais essenciais, que além de nutrir, originam produtos de panificação e massas com qualidades tecnológicas apreciadas pelo consumidor. Os grãos de trigo são importantes para produção da serotonina, neurotransmissor que garante a sensação de bem-estar, redução da ansiedade, regulação do humor e do apetite. Os produtos à base de trigo orgânico, apresentam a vantagem de preservar as propriedades nutricionais, maior teor de antioxidantes, fitoquímicos, vitaminas e minerais e baixo teor de gordura (SEGS, 2018). Diversos trabalhos são encontrados na literatura na produção orgânica de diversas plantas (Pessoa et al., 2015; Tabaldi et al., 2012; Tabaldi et al., 2016).

Com as mudanças nos hábitos alimentares da sociedade e pensando nas tendências da indústria de alimentos, cada vez mais voltadas para a saúde e a sustentabilidade, o trigo orgânico se destaca por não utilizar agrotóxicos, transgênicos, fertilizantes sintéticos, radiação ionizante ou aditivos em sua produção. Diferentemente do trigo convencional, ele é isento de resíduos de contaminantes que possam comprometer o meio ambiente e a saúde de produtores, trabalhadores e consumidores. Além disso, preserva melhor suas propriedades nutricionais, apresentando maior teor de antioxidantes, fitoquímicos, vitaminas e minerais, além de possuir um baixo teor de gordura, tornando-se uma opção mais saudável e sustentável.

No tratamento de trigo orgânico, a Instrução Normativa N° 46 de 06 de Outubro de 2011 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), estabelece a lista de substâncias e práticas permitidas para uso nos sistemas orgânicos de produção para controle de pragas e doenças nos vegetais e tratamento pós colheita nos sistemas orgânicos de produção, sendo permitido para trigo em grãos, mediante autorização do Organismo de Avaliação da Conformidade Orgânica (OAC) ou pelo Organismo Certificador Social (OCS) o emprego de terra diatomácea e dióxido de carbono (CO₂), como também técnicas de sistema a vácuo (VacQPack), porém a relação das substâncias não são descritas no Decreto N° 24.114, de 12 de Abril de 1934 que aprovou o regulamento de defesa sanitária vegetal, destacando no §3° que a utilização de outros processos, deverá haver prévia autorização do MAPA, após a verificação da conveniência do seu emprego (BRASIL, 1934; BRASIL, 2011a). A Portaria n° 385, de 25 de agosto de 2021, dispõe sobre os tratamentos fitossanitários com fins quarentenários realizados no trânsito internacional de vegetais, partes de vegetais, produtos de origem vegetal, e outros artigos regulamentados e dá outras providências (BRASIL, 2021a). Ademais, tem-se a Portaria n° 514, de 8 de novembro de 2022, que estabelece os procedimentos de fiscalização e de certificação fitossanitária de embalagens e suportes de madeira destinados ao acondicionamento de mercadorias importadas ou exportadas pelo Brasil, e dos componentes e peças de madeira utilizados para sua confecção, e dá outras providências (BRASIL, 2022). No entanto, estas portarias não cobrem os tratamentos para o segmento de trigo orgânico.

O objetivo deste trabalho foi abordar, por meio de uma pesquisa documental de fonte direta em regulamentações e, associada a revisão bibliográfica, o sistema de produtos orgânicos, em específico, grãos de trigo e os desafios para o tratamento deste segmento no Brasil, com base nas legislações em vigor.

2. Metodologia

Foi realizada uma pesquisa documental de fonte direta na legislação e instruções normativas, num estudo de natureza qualitativa associado à uma revisão bibliográfica (Pereira et al., 2018; Silva & Vilela, 2019), especificamente uma revisão narrativa, caracterizada como não sistemática (Casarin et al., 2020; Mattos, 2015; Rother, 2007). A busca foi conduzida em bases de dados como *Web of Science*, *Scopus*, *ScienceDirect*, *Google Acadêmico* e *SciELO*, utilizando os termos trigo, trigo orgânico e trigo brasileiro. Foram priorizadas fontes mais recentes, sem restrição quanto à data de publicação. Além da análise de artigos científicos, teses e dissertações, a revisão considerou a legislação brasileira vigente e suas modificações ao longo do tempo, assegurando uma abordagem ampla, consistente e atualizada sobre o tema.

3. Resultados e Discussão

3.1 Trigo

O trigo (*Triticum* spp.) pertence à família das gramíneas e está entre as espécies vegetais mais amplamente cultivadas globalmente. Os tipos de trigos geneticamente diferenciados podem chegar a trinta espécies, sendo metade cultivada pela agricultura e os demais crescem de forma silvestre. Os tipos mais utilizados e que representam 90% dos trigos cultivados no mundo são: *Triticum aestivum*, *Triticum compactum* e *Triticum durum* (ABITRIGO, 2024). De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), há uma projeção de produção de 783 milhões de toneladas de trigo na safra mundial de 2023/24 (USDA, 2024). O consumo interno de trigo no Brasil, no ano de 2023/24 foi previsto em 12.643 milhões de toneladas (CONAB, 2024).

De acordo com pesquisas realizadas sobre a agricultura orgânica em todo o mundo, são cerca de 31 milhões de hectares de orgânicos, gerenciados por 633.891 fazendas, sendo a produção e comércio de produtos orgânicos uma das áreas do agronegócio que apresenta maiores índices de crescimento. A agricultura orgânica é praticada em mais de 120 países do mundo e vem se desenvolvendo de modo acelerado, sobretudo na Europa, Estados Unidos, Japão, Austrália e América do Sul (Willer & Yossef, 2007; Luizzi et al., 2016). Em algumas regiões do Brasil os sistemas convencionais estão sendo substituídos por práticas agroecológicas, principalmente devido à necessidade de recuperar os solos degradados por cultivos intensivos realizados no passado (PLANETA ORGÂNICO, 2018).

A produção de alimentos orgânicos no Brasil já atende parcialmente ao mercado interno, porém uma parcela significativa é destinada à exportação. Produtos como soja, feijão, arroz e trigo, cultivados no país, têm apresentado qualidade crescente (PLANETA ORGÂNICO, 2018). Dentre os mercados internacionais, o europeu destaca-se como o mais promissor, devido à resistência a grãos transgênicos, à preocupação com resíduos químicos nos alimentos e à necessidade de importação para atender à demanda. Esses fatores têm impulsionado o interesse por grãos orgânicos brasileiros, desde que sejam certificados e produzidos em conformidade com as rigorosas normas de produção agroecológica (PLANETA ORGÂNICO, 2018). No entanto, não foram encontradas estatísticas sobre a importação e o consumo de trigo orgânico no Brasil.

De modo geral, no que se refere a produtores de trigo, dez países detêm mais de 84% da produção mundial, destacando-se a União Europeia, responsável por aproximadamente 22% da produção mundial de trigo, equivalente a 160 milhões de toneladas. A Austrália é o único país entre os dez maiores produtores que não está localizado no hemisfério norte (FIEP, 2016).

Quando se analisa o consumo per capita de trigo, observa-se que diversos países superam significativamente a média mundial de 96,8 kg/ano, com destaque para a Ucrânia, que lidera o ranking com um consumo de 279 kg/ano. Rússia e a União Europeia também apresentam consumo per capita muito acima dessa média, ambos superando os 250 kg/ano. Em contrapartida, países como China (81,4 kg/ano), Índia (67,7 kg/ano) e Brasil (49,9 kg/ano) apresentam níveis de consumo mais próximos das recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) de 60 kg/ano (FIEP, 2016).

Na América do Sul, o Brasil vem demonstrando nos últimos anos redução expressiva no consumo per capita, de modo que, no ano de 2011, a população brasileira consumia em média 56 kg/ano, passando a consumir aproximadamente 49 kg/ano no ano de 2015, o que representa uma redução superior a 12%. O país vizinho, Argentina, liderou o ranking com consumo anual aproximado de 134 kg de trigo por habitante (FIEP, 2016). Considerando as estimativas de produção e consumo, no ciclo de 2025/26 a produção mundial poderá ultrapassar a marca de 789 milhões de toneladas, enquanto o consumo totalizará, no mesmo período, aproximadamente 787 milhões de toneladas, o que representa, na comparação com o ciclo de 2018/19, um crescimento de 5,97% na produção e 6,0% no consumo.

3.2 Trigo orgânico

Conforme a Lei nº 10.831 de 23 de dezembro de 2003, agricultura orgânica é definida no Art 1º de forma mais abrangente.

Considera-se sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não- renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2003).

A produção orgânica tem sido adotada devido a ascensão nas mudanças alimentares da sociedade, cada vez mais preocupada com os aspectos relacionados com a saúde e o meio ambiente. Diferentemente dos trigos convencionais, o segmento orgânico não utiliza agrotóxicos, transgênicos, fertilizantes sintéticos, radiação ionizante ou aditivos, sendo, pois, isentos de quaisquer resíduos de contaminantes que podem colocar em risco o meio ambiente, a saúde do produtor, do trabalhador e consumidor (BRASIL, 2021b).

Segundo pesquisas realizadas pelo ORGANICS BRASIL (2017), nas regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul, se destaca o consumo de produtos orgânicos em busca da saúde, sabor, informações divulgadas na mídia e questões ambientais. As entrevistas foram realizadas com 905 pessoas, oriundas de nove cidades com faixa etária de 18 a 69 anos. O maior consumo de produtos orgânicos está localizado na região Sul com 34%. Entre os alimentos mais consumidos, os cereais, incluindo trigo representam 12%.

No Brasil, o cultivo e o beneficiamento de trigo orgânico exigem o registro no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos, sendo permitidos apenas se o produtor estiver certificado por um dos três sistemas regulamentados. O primeiro sistema é a certificação por auditoria, realizada por uma certificadora pública ou privada credenciada pelo MAPA, entidades que têm autorização para conceder o selo SisOrg (Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica). A avaliação segue critérios baseados em procedimentos internacionais e nos requisitos técnicos estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2021b). O segundo é o Sistema Participativo de Garantia (SPG), que atribui a responsabilidade pela certificação aos membros do sistema, incluindo técnicos, produtores, consumidores e outros interessados. Nesse modelo, é necessário estabelecer um Organismo Participativo de Avaliação da Conformidade (OPAC), que deve estar formalmente constituído e será responsável por emitir o selo SisOrg (BRASIL, 2021b). Por fim, o controle social na venda direta aplica-se a produtos orgânicos provenientes da agricultura familiar. Nesse caso, os produtores estão dispensados da certificação obrigatória, mas precisam estar vinculados a uma organização de controle social registrada em um órgão fiscalizador oficial. Essa organização é responsável por monitorar e regularizar os agricultores no Cadastro Nacional de Produtos Orgânicos (BRASIL, 2021b).

Para importação, segundo MAPA, os produtos orgânicos devem atender as regulamentações brasileiras para produção

orgânica e deve acompanhar o certificado pela entidade certificadora do produto (BRASIL, 2021b). Conforme, Nota Técnica COAGRE N° 006/2011, a importação de produtos orgânicos certificados em seu país de origem, ficará condicionada às exigências sanitárias, fitossanitárias e de inspeção vegetal, de conformidade com as leis vigentes no Brasil, complementada com prévia análise e autorização de uma certificadora credenciada no Órgão Colegiado Nacional (BRASIL, 2011b).

3.3 Agricultura orgânica e não orgânica

A partir de 1920, o inglês Sir Albert Howard iniciou uma das correntes mais influentes do movimento orgânico: a agricultura orgânica. Durante aproximadamente 40 anos de pesquisas na Índia, ele correlacionou a saúde e a resistência humana a doenças com a estrutura orgânica do solo, publicando obras respeitáveis entre 1935 e 1940. Por suas contribuições, é considerado o fundador da agricultura orgânica (Penteado, 2000). Sir Howard defendia como princípio fundamental a não aplicação de adubos artificiais ou adubos químicos minerais. Em suas obras, destaca-se a importância do uso de matéria orgânica para melhorar a fertilidade e a vida do solo, promovendo uma agricultura mais sustentável (Penteado, 2000).

Os procedimentos para a produção orgânica baseiam-se em práticas que favorecem o equilíbrio entre o solo, as condições climáticas e as plantas, visando um sistema agrícola mais harmônico e sustentável (Penteado, 2000). Essas práticas têm como objetivo promover uma abordagem integrada e respeitosa com o meio ambiente, refletindo os princípios defendidos por Sir Albert Howard ao longo de sua carreira. As técnicas empregadas na agricultura orgânica contemplam tecnologias de processos envolvendo plantas, solo e ambiente, utilização de adubos orgânicos que liberam gradativamente nutrientes e mantem a cobertura do solo/matéria orgânica, obtenção do equilíbrio do solo (microbiano, matéria orgânica) proporcionando consequentemente equilíbrio nutricional e obtenção de alimentos saudáveis com ecossistema equilibrado e sistema autossustentável (Penteado, 2001).

A agricultura não orgânica está baseada na tecnologia de produtos. Os nutrientes são normalmente fornecidos às culturas adicionando fertilizantes químicos sintéticos contendo alguns nutrientes/minerais essenciais, que são necessários para o crescimento das plantas. Os pesticidas químicos sintéticos são utilizados na tentativa de eliminar insetos, ervas daninhas e outras pragas (Ayilara et al., 2023). As técnicas de agricultura não orgânica abrangem tecnologia de produtos (aquisição de insumos), utilização de pesticidas e adubos altamente solúveis, ocorrências de erosão do solo, empobrecimento quanto a presença de húmus e vida microbiana, ausência de manejo e cobertura do solo, monocultura, erradicação dos inimigos naturais, desequilíbrio mineral, ocorrência de alimentos com contaminação, deterioração do ecossistema e descapitalização (Penteado, 2001).

3.4 Pragas do trigo, defeitos e condições sanitárias

Os principais insetos que causam danos nos grãos armazenados estão divididos em insetos primários, que apresentam a capacidade de causar danos severos aos grãos saudáveis, e secundários que necessitam do dano inicial para atacar o grão. Ambos os tipos, além do dano direto causado pelo consumo do grão, proporcionam perdas que são consequência da presença de fragmentos de insetos nos subprodutos alimentares, além de contribuírem para a deterioração da massa dos grãos, contaminação fúngica e presença de micotoxinas (Lorini, 2003).

Medidas preventivas são essenciais para evitar a manifestação de pragas nos grãos de trigo, incluindo o controle do teor de umidade, mantendo-o abaixo de 13%, a higienização rigorosa dos locais de armazenamento, cuidados para evitar a mistura de lotes contaminados com não contaminados e o tratamento das instalações com pulverizações de produtos autorizados pelo MAPA para o controle de insetos e pragas em grãos (Lorini, 2003).

A Instrução Normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010, estabelece o Regulamento Técnico do Trigo, definindo o padrão oficial de classificação do produto. A norma abrange os requisitos de identidade e qualidade, amostragem, apresentação

e rotulagem, conforme os Anexos da instrução. Além disso, os critérios estabelecidos por essa normativa também são aplicáveis aos casos de trigo importado, garantindo uniformidade nas condições de comercialização e controle de qualidade do produto no mercado (BRASIL, 2010).

O trigo pode ser desclassificado e considerado impróprio para o consumo humano, tendo sua comercialização proibida, caso apresente uma ou mais das ocorrências previstas nos itens I a VIII, que incluem: aspecto generalizado de mofo ou fermentação, mau estado de conservação, odor estranho impróprio ao produto, presença de insetos vivos ou mortos, sementes tóxicas ou com toxicidade desconhecida, e percentuais de defeitos como danos causados pelo calor, mofo ou ardido superiores a 5% para o Grupo I e 10% para o Grupo II. Além disso, o trigo do Grupo I pode ser desclassificado se o percentual de matérias estranhas e impurezas ou defeitos exceder os limites estabelecidos (BRASIL, 2010). A Tabela 1 demonstra os tipos do trigo do Grupo I destinado diretamente à alimentação humana.

Tabela 1 - Tipos de trigo do Grupo I destinado diretamente à alimentação humana - limites máximos de tolerância expresso em %/peso.

Tipos	Matérias estranhas e impurezas	Danificados por insetos	Danificados pelo calor, mofados e ardidos	Chochos, triguilhos e quebrados
1	0,30	0,30	0,10	0,75
2	0,50	0,70	0,20	1,50
3	0,70	1,00	0,50	2,50
Fora de tipo	1,50	2,00	1,00	5,00

Fonte: BRASIL (2010).

O trigo do Grupo I poderá ser classificado em tipos ou fora de tipo e se não atender aos limites máximos de tolerância de matéria estranha, impurezas e defeitos, ser desclassificado. A apresentação do trigo, pertencente ao Grupo I, com percentual acima de cinco por cento do total de defeitos para danificados pelo calor, mofados e ardidos será desclassificado e considerado impróprio para consumo com comercialização vedada (BRASIL, 2010). A Tabela 2 demonstra os tipos do trigo do Grupo II destinado a moagem e outras finalidades.

Tabela 2 - Tipos de trigo do Grupo II, destinado a moagem e a outras finalidades - limites máximos de tolerância expresso em %/peso.

Tipos	Peso do hL* (mínimo)	Matérias estranhas e impurezas	Danificados por Insetos	Danificados pelo calor, mofados e ardidos	Chochos, triguilhos e quebrados	Total de defeitos
1	78	1,00	0,50	0,50	1,50	2,00
2	75	1,50	1,00	1,00	2,50	3,50
3	72	2,00	2,00	2,00	5,00	7,00
Fora de tipo	<72	>2,00	>2,00	10,00	>5,00	>7,00

*hL: hectolitro. Fonte: BRASIL (2010).

O trigo destinado para moagem e outros fins, pertencente ao Grupo II, deve atender os critérios para Peso do Hectolitro (hL), limites máximos de matérias estranhas e impurezas e as tolerâncias de defeitos estabelecidas, podendo ser classificado em tipos, enquadrado como fora de tipo e desclassificado. A apresentação do trigo, Grupo II, que não atender os critérios estabelecidos para o tipo 3, apresentando mais de 10% do total de defeitos danificados pelo calor, mofados e ardidos não poderá ser comercializado como se apresenta, nem rebeneficiado para enquadramento em tipo, sendo considerado como desclassificado (BRASIL, 2010).

De acordo com o Decreto nº 24.114, de 12 de abril de 1934, que aprovou o regulamento de defesa sanitária vegetal, o Art. 11 estabelece que produtos vegetais importados que estejam infectados, infestados ou suspeitos de veicularem fungos, insetos e outros parasitas já existentes no país — desde que de importância econômica secundária — poderão ser liberados após submissão a quarentena, expurgo ou esterilização, conforme as diretrizes do MAPA. Além disso, o § 3º determina que a utilização de outros métodos de tratamento só será permitida mediante autorização prévia do Ministério, após avaliação da viabilidade e conveniência de seu emprego (BRASIL, 1934).

O processo mais eficiente para tratamento de grãos de trigo armazenado com infestação é a fumigação. O produto fumigante mais utilizado hoje em dia para o controle da *Rhyzopertha dominica*, é a fosfina. Esta é um inseticida composto a base de brometo de metila, ácido sulfúrico e ácido cianídrico utilizado em larga escala no controle de pragas em grãos em sistemas de armazenagens (silos). A fosfina forma uma substância letal que se decompõe quando em contato com o ar, formando um gás e ocasionando a morte do inseto (AGROLINK, 2010), com grandes riscos aos operadores e ao entorno onde é aplicada. Segundo alguns autores, a aplicação deste, apresenta algumas inconveniências, tais como a corrosão de metais não ferrosos, demanda de longo tempo de aeração, inflamabilidade em altas concentrações e toxicidade aguda; podendo também provocar depreciação do produto (Santos, 1993). A utilização indiscriminada da fosfina tem acarretado o aparecimento de populações de *R. dominica* resistentes a este fumigante (Athié, 2005; Gonçalves et al., 2000).

No tratamento de trigo orgânico, a Instrução Normativa Nº 46, de 6 de outubro de 2011, do MAPA, define a lista de substâncias e práticas permitidas nos sistemas orgânicos de produção para controle de pragas e doenças em vegetais, bem como para o tratamento pós-colheita. No caso do trigo em grãos, é autorizado, mediante aprovação do Organismo de Avaliação da Conformidade Orgânica (OAC) ou do Organismo Certificador Social (OCS), o uso de terra diatomácea e dióxido de carbono (CO₂) (BRASIL, 2011).

3.5 Tratamentos para segmento orgânico

3.5.1 Terra diatomácea

A terra diatomácea é um produto proveniente de algas diatomáceas fossilizadas, extraído e moído em um pó seco de baixa granulometria. O produto age no inseto aderindo a epicutícula através da carga eletrostática, atuando sobre abrasão e adsorção de lipídios epicuticulares, tendo como consequência a morte do inseto por desidratação, não apresentando, porém, toxicidade ou alteração das características alimentares dos grãos (Lazzari, 2005). Nos Estados Unidos este produto é reconhecido como seguro, sendo registrado como aditivo alimentar pelo Food and Drug Administration (Banks & Fields, 1995). O consumo de terra diatomácea por mamíferos não apresenta periculosidade e não há relatos de efeito tóxico agudo ou crônico. Estudos realizados com ratos alimentados com dietas contendo 5% de terra diatomácea não apresentaram sinal de anormalidade após 90 dias e quando submetidos à inalação de ar contendo de 5-80 mg de terra diatomácea em 1 m³, as reações nos pulmões foram imperceptíveis (Radic et al., 2023). Não foi localizado estudos realizados com seres humanos.

Pesquisas realizadas na Agência Internacional de Pesquisas do Câncer, apontam que a terra diatomácea é pertencente ao Grupo 3, sendo classificada como não cancerígena (Omura, 1981). Uma desvantagem do uso de terra de diatomácea em grãos a granel é a alteração nas propriedades físicas destes, como a capacidade de escoamento em correias transportadoras, que ocorre quando há doses elevadas do produto (Radic et al., 2023). Para eficiência do produto, é importante que haja uma mistura adequada do inseticida com a massa de grãos. Outros métodos de aplicação podem ser usados para o emprego da terra diatomácea como a pulverização ou polvilhamento para proteção de grãos armazenados em sacaria, na dose registrada e recomendada (Lorini, 2003).

3.5.2 Atmosfera modificada

O uso da atmosfera modificada tem sido utilizado com êxito no controle de infestação em grãos de trigo, porém o sucesso do processo depende de fatores físicos como temperatura, umidade e concentrações de gases incluídos, fatores biológicos como a espécie e o estágio de desenvolvimento dos insetos presentes bem como a composição da atmosfera do ambiente de armazenamento (Kumar et al., 2022).

A umidade relativa do ar exerce influência na sobrevivência dos insetos, pois gera efeito na sua umidade corporal. Condições secas extremas são normalmente desfavoráveis à reprodução e desenvolvimento da maioria das espécies de insetos. Desta forma, a manutenção da quantidade de vapor de água dentro de determinados limites, em produtos armazenados é um fator importante que influencia na estrutura fisiológica dos insetos, considerando-se que a umidade relativa do ar dentro da massa de grãos é altamente relacionada ao teor de umidade do produto (Ferreira Junior, 2024; Rocha et al., 2001).

A umidade da atmosfera intergranular exerce influência direta sobre o tempo ideal para alcançar o controle efetivo de insetos de grãos armazenados quando exposto à atmosfera modificada. Desta forma, o tempo em que o inseto é exposto a determinado tratamento em atmosfera modificada é diretamente proporcional à umidade do ar intersticial na massa de grãos. Estudos indicam que para tratamento em atmosfera modificada em uma umidade relativa entre 20 e 24%, são necessários 3,2% de O₂ e 4,2% de CO₂ no ar intergranular para alcançar 100% de mortalidade de determinados tipos de insetos como *Ephesia cautela* que atacam cacau, fumo, milho e trigo. Por outro lado, quando realizado o mesmo tratamento com a umidade relativa mais elevada, evidenciou-se um maior número de insetos vivos desde a fase da pupa. Com base nos relatos, os resultados mostram que o tratamento com atmosfera modificada apresenta maior eficiência quando a umidade dos grãos for mais baixa (Silva et al., 2024).

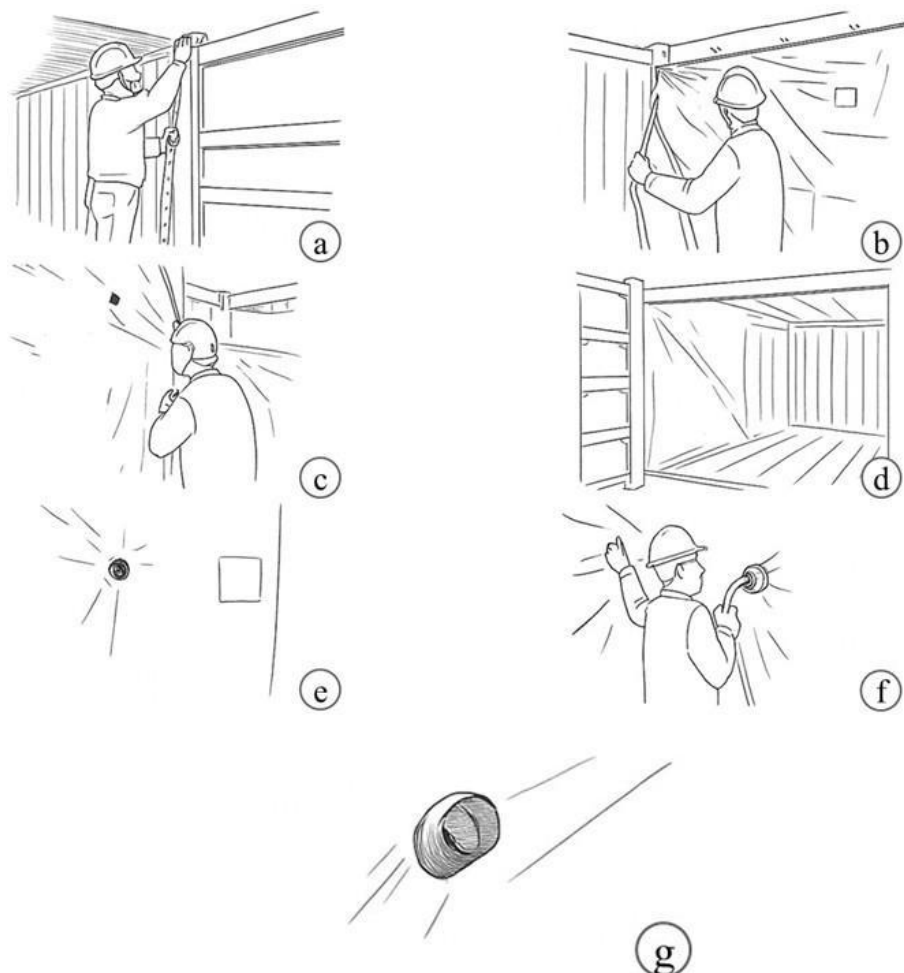
Para um certo nível de mortalidade dos insetos expostos a uma determinada composição da atmosfera da massa de grãos, a temperatura do ambiente de armazenagem exerce influência no tempo necessário para um alcance de mortalidade reduzindo-se o tempo letal com o aumento da temperatura. O desenvolvimento dos insetos ocorre em uma faixa pequena de temperatura, considerando o aspecto fisiológico e uma atmosfera normal. O efeito da atmosfera modificada parece ser similarmente dependente da temperatura da atmosfera intergranular. Dados relatam que, para atingir 95% de mortalidade dos insetos sob atmosfera modificada, quanto maior a temperatura, menor será o tempo necessário (Ferreira Junior et al., 2024; Silva et al., 2024).

Em ocorrência de diferentes temperaturas nas diversas áreas da massa de grãos, a média da temperatura mais baixa indicará o tempo ideal para um controle mais eficaz. Também, ao se aplicar a técnica de atmosfera modificada, é necessário levar em conta a presença de espécies mais resistentes encontradas na massa de grãos armazenados, a fim de se estabelecer o tempo mínimo de tratamento necessário (Ziegler et al., 2021).

O CO₂ é um gás incolor, não inflamável, não corrosivo e não poluente, que não compromete o valor comercial do produto fumigado. Sendo 1,53 vezes mais denso que o ar a 21°C, está naturalmente presente na atmosfera em uma concentração aproximada de 0,03%. No entanto, em concentrações elevadas, pode interferir na respiração, causando desde perda de consciência até a morte (Mitchan et al., 1997). Seu efeito sobre insetos ocorre por meio de uma mistura gasosa de nitrogênio e CO₂, que altera o metabolismo dos organismos-alvo, aumentando a taxa respiratória, acidificando a hemolinfa e dificultando as trocas gasosas, levando à morte (Adler et al., 2000). A preparação do contêiner para aplicação deste gás pode ser visualizada na Figura 1.

O sucesso do emprego do CO₂ depende de fatores físicos como temperatura, umidade e concentrações de gases incluídos e fatores biológicos como a espécie e o estágio de desenvolvimento dos insetos presentes bem como a composição da atmosfera do ambiente de armazenamento, sendo também o tempo de exposição mais prolongado quando comparado a fosfina (Kumar et al., 2022; Silva, 2013).

Figura 1 - Etapas do processo de preparação e aplicação de Dióxido de Carbono (CO_2) em contêiner. (a) Limpeza das laterais internas do contêiner; (b) Início da instalação da folha de nylon; (c) Fixação da folha de nylon no contêiner; (d) Término da instalação da folha de nylon, devendo estar sem frestas; (e) Bocal para introdução do gás CO_2 ; (f) Aplicação do CO_2 ; (g) Vedação do bocal.

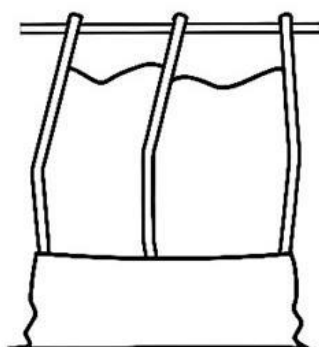


Fonte: Autoria própria.

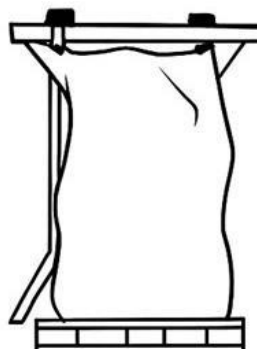
3.5.3 VacQpak

No processo de preservação do trigo orgânico é fundamental não haver a presença do oxigênio para poder manter suas características. A técnica nomeada VacQPack oferece uma bio fumigação baseada em temperatura de armazenamento e vácuo (baixa pressão). A conservação do trigo e o armazenamento de qualquer grão a granel, quando feitos adequadamente, podem facilmente resultar em uma duração média de seis a oito anos, podendo ultrapassar este período sem perder nenhum de seus benefícios nutricionais (VACQPACK, 2018). Há diferentes métodos para a aplicação dessa técnica. Um deles consiste no uso de liner externo para big bags (Figura 2), no qual cada saco recebe individualmente.

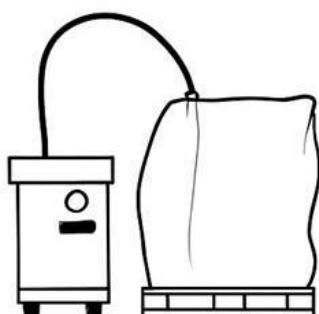
Figura 2 - Método de aplicação em liner exterior para big bag.



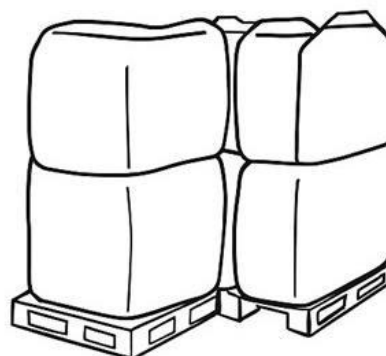
Liner sendo colocado por fora do big bag cheio de produto



Selagem do liner sob a barra de vedação



Aplicação de vácuo

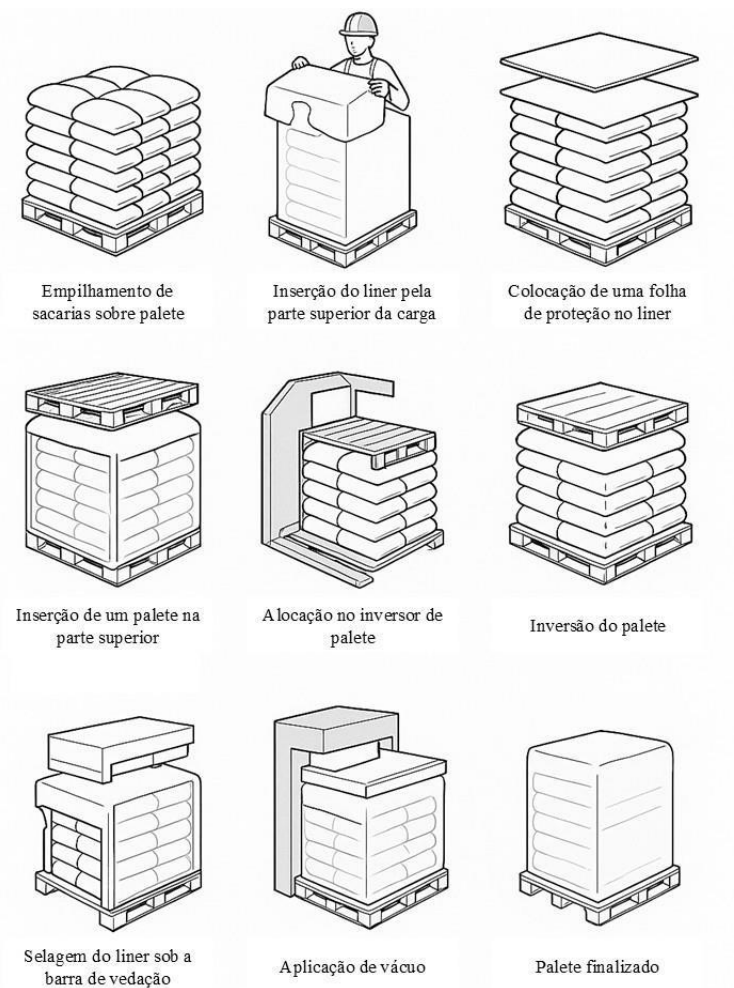


Big bags finalizados

Fonte: Autoria própria.

Além disso, os liners externos da VacQPack também podem ser aplicados em sacos empilhados (Figura 3). Com o auxílio de um torneador de paletes, a unidade empilhada é envolvida, permitindo a realização do biotratamento de forma eficiente (VACQPACK, 2018). Os liners externos VacQPack são compostos de multicamadas, entre as quais álcool vinílico de etileno (EVOH) de alta barreira. Estes liners envolvem o big bag e através deles processa-se o biotratamento (VACQPACK, 2018).

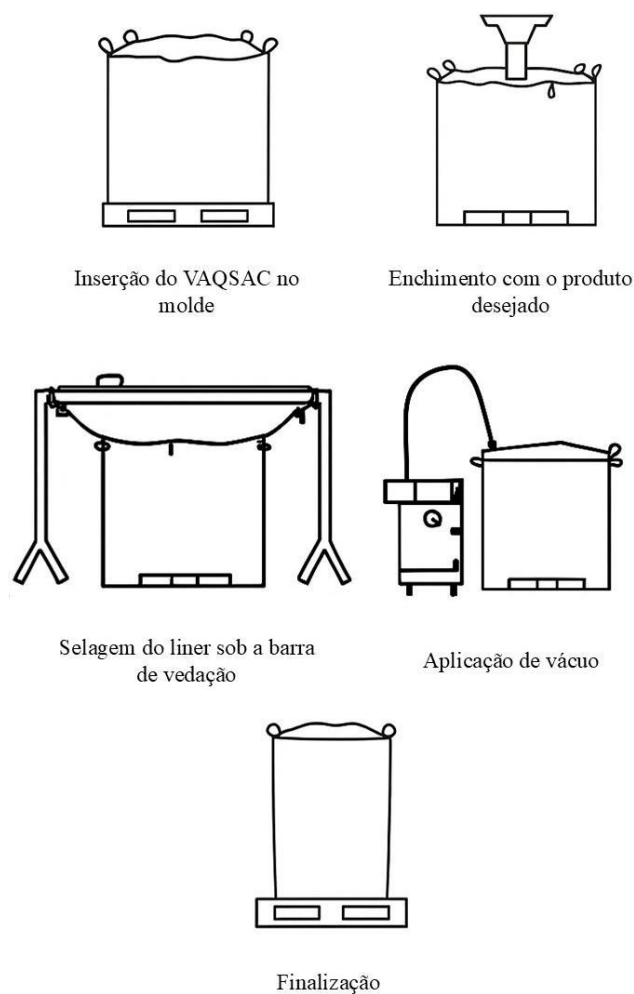
Figura 3 - Método de aplicação liner superior para sacaria agrupada.



Fonte: Autoria própria.

Outro método para aplicação da embalagem em função do fluxo de processo é com o liner no interior do big bag (Figura 4). Diferentemente dos métodos anteriores (Figuras 2 e 3), neste caso o produto será alocado no interior do liner e posteriormente selado, estando em contato direto com a embalagem.

Figura 4 - Método de aplicação VACSAC – Big bag + liner interior colado.



Fonte: Autoria própria.

Estudos demonstraram que sacos herméticos são vantajosos para produtos secos, mas o teor de umidade torna-se constante após três meses, podendo também aumentar devido à respiração de pragas. Além disso, esses sacos podem ser perfurados por besouros ou larvas em busca de um local de pupação antes que o oxigênio dentro do saco seja consumido (VACQPACK, 2018; Adler et al., 2000).

A aplicação de vácuo pode ser útil para reduzir o conteúdo residual de oxigênio no início do armazenamento hermético de grãos. Nos casos de recipientes de aço e sacos de juta, o nível de umidade segue as condições ambientais. A barreira de gás com camadas de EVOH, presente em todos os revestimentos do VacQPack (Figuras 2, 3 e 4), evita tal problema (VACQPACK, 2018; Adler et al., 2000).

Um estudo divulgado em 2016 submeteu amostras de trigo à infestação em um saco que tinha sido armazenado em diferentes umidades relativas para atingir as umidades dos grãos em 9,5%, 12,5%, 14,0% e 15,5% e introdução de vácuo (Adler et al., 2000). Os sacos com vácuo, quando abertos, com período de armazenamento de três meses, não revelaram danos visíveis causados por *Sitophilus granarius* e nenhum sobrevivente foi encontrado, sendo a amostra enviada para ressonância magnética, identificando um gorgulho vivo a partir dos 480 inseridos nos sacos inicialmente. No entanto, a presença de gorgulhos ou conteúdo residual de oxigênio não afetou a qualidade dos grãos. O principal fator determinante da qualidade dos grãos foi o teor de umidade (VACQPACK, 2018; Adler et al., 2000).

É fundamental considerar a redução do uso de embalagens derivadas de fontes não renováveis, como os plásticos, e

priorizar o desenvolvimento e a produção de embalagens a partir de fontes renováveis, visando uma maior sustentabilidade na produção do trigo. Essa abordagem também contribui para a diminuição da dependência de recursos que, nos próximos anos, podem enfrentar escassez. Diversas pesquisas estão sendo conduzidas no desenvolvimento de embalagens sustentáveis, utilizando amidos (Silva et al., 2022), gelatina (Filgueiras et al., 2024), subprodutos de alimentos de origem vegetal (Nogueira et al., 2020), entre outras fontes renováveis, para substituir os materiais convencionais.

3.6 Comparativo econômico das técnicas para tratamento dos grãos de trigo

Para o controle do trigo orgânico, principalmente para maiores volumes, as técnicas mais recomendadas e autorizadas atualmente pelos organismos certificadores de produtos orgânicos são a aplicação do CO₂ e o uso de terra diatomácea (Silva, 2013).

A aplicação, sob condição ambiente da forma sólida (gelo seco), proporciona a transformação diretamente em gás sendo um processo denominado sublimação. As formas do gelo seco podem ser em barras, pequenos cubos, ou *pellets*, onde quanto menor a porção sólida, maior será a velocidade de transformação (Silva, 2013).

O gás (CO₂) é disponibilizado no mercado em cilindros pressurizados de 25 ou 33 kg, sendo que para cada kg de CO₂ líquido produz 0,5 m³ de gás. Conforme trabalhos executados pelo Stored Grain Research Laboratory SGRL – Austrália, são requeridos 2 kg CO₂ para cada tonelada de grãos armazenados (Silva, 2013).

No Brasil, o quilo de CO₂ líquido apresenta o valor aproximado de R\$ 4,60. Com base nos mesmos trabalhos realizados na Austrália pelo SGRL, a fumigação com fosfina custa entre R\$ 0,32 a R\$0,53 por tonelada de produto, enquanto o tratamento com CO₂ tem custo entre R\$ 2,14 a R\$5,35, sendo o custo do tratamento com CO₂ dez vezes superior ao uso da fosfina (Silva, 2013).

A fosfina, um dos inseticidas mais utilizados, é comercializada no mercado em forma de pastilhas, que são adicionadas a massa de grãos liberando gás tóxico em contato com a umidade. A eficiência na mortalidade de pragas pode chegar a 100%, com um período de segurança recomendado de quatro dias (AGROLINK, 2010).

A desvantagem da utilização da fosfina está associada à exposição dos armazenadores, que nem sempre estão preparados para fazer o expurgo dos grãos de maneira segura. Acidentes letais como intoxicações ou explosões ainda acontecem em todo o mundo, mesmo com mais de 75 anos de uso do produto. Além disso, após o expurgo com pastilhas de fosfina, os grãos devem permanecer estocados por mais uma semana para evitar resíduos químicos nos alimentos e depreciação do produto. O uso indiscriminado vem causando problemas com a seleção de pragas resistentes e crescimento populacional de espécies consideradas pragas ocasionais. A utilização da fosfina não é permitida para agricultura orgânica (AGROLINK, 2010).

A utilização de terra diatomácea apresenta-se como uma medida de controle de pragas alternativa e permitida pelas certificadoras de produtos orgânicos. A aplicação protege a qualidade dos produtos, sem os problemas de resistência dos insetos aos inseticidas, intoxicação humana e contaminação dos produtos com resíduos químicos, mantendo sua eficácia ao longo tempo e vindo de encontro com as exigências dos usuários por produtos eficientes. A aplicação do produto utilizando polvilhadeira, na dose de 1,0-1,5kg/ tonelada de sementes, ocasiona desidratação do inseto entre 1 e 7 dias, custando R\$ 8,00/tonelada (AGROLINK, 2010; Rossato, 2013; TV TEM, 2017).

Não foram encontrados na literatura valores específicos para a aplicação do sistema a vácuo VACQPACK. Esse método, conforme descrito anteriormente, apresenta eficiência para aplicação na conservação de trigo, principalmente para aquele produzido no sistema orgânico, no entanto, informações detalhadas sobre os custos de implementação, manutenção e operação desse sistema ainda são escassas em publicações científicas e relatórios técnicos. Estes estudos são importantes para maior popularização do método entre produtores de cereais.

3.7 Desafios dos produtos para aplicação em trigo orgânico

A qualidade dos pães, incluindo os produzidos com trigo orgânico, está diretamente relacionada ao teor de proteínas, além de fatores como valor nutricional e atributos sensoriais, como sabor e aroma (Haglund et al., 1998). Os produtos integrais apresentam vantagens nutricionais evidentes em comparação com aqueles feitos a partir de farinhas refinadas. Essas vantagens podem ser potencializadas pela escolha adequada da variedade de trigo e pelas condições de cultivo, além de um processamento que preserve os nutrientes essenciais. Nesse contexto, a pesquisa sobre a influência da genética na composição do farelo, do gérmen e no perfil nutricional dos grãos integrais torna-se cada vez mais relevante, evidenciando a necessidade de ampliar estudos nessa área (Gómez et al., 2020).

O processo de moagem do trigo impacta diretamente suas características sensoriais, influenciando a integridade do amido, a atividade da amilase, o teor de cinzas e a distribuição do tamanho das partículas (Kilhberg et al., 2004). No entanto, estudos mostram que o tipo de moagem, seja fracionada (moinho de rolos) ou inteira (moinho de pedras, martelo), não altera o teor de micotoxinas, apenas sua redistribuição na farinha integral. Embora a moagem em pedras seja mais apreciada pelos consumidores, o moinho de rolos oferece maior eficiência e flexibilidade, permitindo ajustes que minimizam a geração de calor e preservam os componentes químicos. O processo de moagem é dividido em etapas de trituração, redução e compressão, com o objetivo de separar o endosperma do farelo, maximizando a extração e o rendimento industrial. Para melhorar a eficiência energética, ajustes na folga dos rolos, na textura das superfícies de moagem e no fluxo de ar do purificador podem ser implementados. Já a produção de flocos de trigo envolve um processo adicional de laminação, no qual os grãos, previamente condicionados e secos, passam por um pré-cozimento a vapor antes de serem comprimidos por rolos, resultando em flocos que garantem melhor absorção de nutrientes e menor tempo de cozimento (Nabeshima et al., 2024).

No ano de 2003-2007 houve um programa francês abordando pães orgânicos para avaliar a influência do manejo de culturas (genótipo, manejo de fertilização, entre outros) e condições ambientais sobre o teor de proteína dos grãos, o efeito da técnica de moagem sobre o valor nutricional e propriedades de cozimento para melhorar o processo da fermentação com levedura e, otimizar as receitas de produção de pães de acordo com a demanda dos consumidores. Nas entrevistas com grupo dedicado, foi possível obter novos conhecimentos sobre interesses, exigências e restrições dos diferentes membros envolvidos (produtores, moleiros, padeiros e consumidores) na cadeia orgânica de farinha de trigo e panificação (Abécassis et al., 2008).

O estudo revelou que a preferência dos consumidores de pão orgânico é fortemente explicada pela autenticidade e dimensão saudável em relação aos valores éticos e ecológicos da produção orgânica pela segurança e valores nutricionais ligados princípios garantidos pela certificação orgânica. Consumidores ocasionais mencionaram a necessidade de uma melhor informação ao consumidor, especialmente sobre o valor nutricional, disponibilidade do produto no mercado e diversidade mais ampla. Segundo os autores, os principais desafios para aumentar o consumo de pão orgânico são o alto preço ao consumidor e a baixa disponibilidade na distribuição de massa (Abécassis et al., 2008).

A aplicação do trigo orgânico enfrenta diversos desafios, sendo fundamental considerar a necessidade de um maior apoio governamental, além da implementação de políticas públicas eficazes que incentivem e auxiliem os produtores orgânicos. Medidas como incentivos fiscais, subsídios para tecnologias sustentáveis, capacitação técnica e fortalecimento da fiscalização podem contribuir significativamente para o crescimento e a viabilidade da produção orgânica, garantindo maior competitividade e segurança alimentar.

4. Conclusão

Com base na revisão bibliográfica realizada foi possível constatar dificuldades para localizar dados sobre produção de trigo orgânico no Brasil, assim como dados de importação, tratamento dos grãos, condições de armazenagem e comercialização.

O tratamento dos grãos de trigo orgânico durante o armazenamento para controle de pragas, apresenta muitas vezes dificuldades, pois se a fosfina for usada, mesmo constando em legislação do próprio órgão responsável pela agricultura no Brasil, ocorrerá, conseqüentemente, descaracterização do produto orgânico. No entanto outras técnicas já estão disponíveis, tais como o uso de dióxido de carbono, terra diatomácea e atmosfera modificada, porém todos apresentam maior custo quando comparado à fosfina. Estas três técnicas, se regulamentadas, podem ocasionar maior interesse de empresas especializadas em tratamento de grãos, tornando o preço competitivo, viabilizando a técnica e incentivando agricultores e importadores para a produção de produtos orgânicos, tornando os produtos resultantes com maior disponibilidade no mercado e com preços mais acessíveis para o consumidor.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES—Código 001) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - GD: 141413/2019-0; PQ2: 312660/2023-5).

Referências

- Abécassis, J., David, C., Fontaine, L., Taupier-Létage, B., & Viaux, P. (2008). A multidisciplinary approach to improve the quality of organic wheat-bread chain. *16th IFOAM Organic World Congress*, Italy.
- ABITRIGO – Associação Brasileira das indústrias de Trigo. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br>>. Acesso em: 16 dez. 2024.
- Adler, C., Corinth, H. G., & Reichmut, C. (2000). *Alternatives to pesticides in stored product IPM*. New York: Massachusetts: Kluwer Academic. 436p.
- AGROLINK. Fosfina líquida reduz riscos na armazenagem, n. 119901, 21 out. 2010. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/fosfina-liquida-reduz-riscos-na-armazenagem_119901.html>. Acesso em: 28 dez. 2024.
- Athié, I., & Mills, K. A. (2005). Resistance to phosphine in stored-grain insect pests in Brazil. *Brazilian Journal of Food Technology*, 8, 143–147.
- Ayilara, M. S., Adeleke, B. S., Akinola, S. A., Fayose, C. A., Adeyemi, U. T., Gbadegesin, L. A., Omole, R. K., Johnson, R. M., Uthman, Q. O., & Babalola, O. O. (2023). Biopesticides as a promising alternative to synthetic pesticides: A case for microbial pesticides, phytopesticides, and nanobiopesticides. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1040901>
- Banks, H. J., & Fields, P. G. (1995). *Physical methods for insect control in stored-grain ecosystems*. New York: Marcell Dekker. 409p.
- BRASIL. (1934) *Decreto nº 24.114, de 12 de abril de 1934. Aprova o regulamento de defesa vegetal*. Casa Civil.
- BRASIL. (2003). *Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).
- BRASIL. (2010). *IN nº 38, de 30 de novembro de 2010. Regulamento técnico de trigo*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).
- BRASIL. (2011a). *IN nº 46 de 06 de outubro de 2011. Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção, bem como as listas de substâncias e práticas permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).
- BRASIL. (2011b). *Nota Técnica Coagre nº 006/2011*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).
- BRASIL. (2021a). *Portaria nº 385, de 25 de agosto de 2021. Dispõe sobre os tratamentos fitossanitários com fins quarentenários realizados no trânsito internacional de vegetais, partes de vegetais, produtos de origem vegetal, e outros artigos regulamentados e dá outras providências*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária.
- BRASIL. (2021b). *Portaria nº 52, de 15 de março de 2021. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção e as listas de substâncias e práticas para o uso nos Sistemas Orgânicos de Produção*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária.
- BRASIL. (2022). *Portaria nº 514, de 8 de novembro de 2022. Estabelece os procedimentos de fiscalização e de certificação fitossanitária de embalagens e suportes de madeira destinados ao acondicionamento de mercadorias importadas ou exportadas pelo Brasil, e dos componentes e peças de madeira utilizados para sua confecção, e dá outras providências*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária.
- Casarin, S. T., Porto, A. R., Gabatz, R. I. B., Bonow, C. A., Ribeiro, J. P., & Mota, M. S. (2020). Tipos de revisão de literatura: considerações das editoras do *Journal of Nursing and Health*. *Journal of Nursing and Health*, 10(n. esp.), e20104031. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- CONAB. (2024). *Companhia Nacional do Abastecimento*. Governo Brasileiro.
- ECOTEC FUMIGATION. (2018). *Ecotec Brasil tratamentos fitossanitários Ltda*. Santos, 4p.

- Ferreira Junior, W. N., Resende, O., Sousa, K. A., Costa, L. M., & Quirino, J. R. (2024). Equilibrium moisture content: Use of intergranular relative air humidity sensors in silos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 28(8). <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n8e280005>
- FIEP. (2016). *Panorama setorial: indústria do trigo*. Federação das Indústrias do Estado do Paraná, Curitiba. 152p.
- Filgueiras, C. T., Fakhouri, F. M., Garcia, V. A. S., Velasco, J. I., Nogueira, G. F., Silva, L. R., & Oliveira, R. A. (2024). Effect of adding red propolis to edible biodegradable protein films for coating grapes: Shelf life and sensory analysis. *Polymers*, 16(7), 888. <https://doi.org/10.3390/polym16070888>
- Gómez, M., Gutkoski, L. C., & Bravo-Núñez, Á. (2020). Understanding whole-wheat flour and its effect in breads: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 3241–3265. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12625>
- Gonçalves, R. A., Santos, J. P., Chandra, P. K., & Germani, R. (2000). Controle de *Rhizopertha dominica* pela atmosfera controlada com CO₂, em trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(1), 1–9. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2000000100001>
- Haglund, Å., Johansson, L., & Dahlstedt, L. (1998). Sensory Evaluation of Wholemeal Bread from Ecologically and Conventionally Grown Wheat. *Journal of Cereal Science*, 27(2), 199–207. <https://doi.org/10.1006/jcrs.1997.0155>
- Kihlberg, I., Johansson, L., Kohler, A., & Risvik, E. (2004). Sensory qualities of whole wheat pan bread—influence of farming system, milling and baking technique. *Journal of Cereal Science*, 39(1), 67–84. [https://doi.org/10.1016/s0733-5210\(03\)00067-5](https://doi.org/10.1016/s0733-5210(03)00067-5)
- Kumar, H., Vijay, V. K., Subbarao, P. M. V., & Chandra, R. (2022). Studies on the application of bio-carbon dioxide as controlled atmosphere on pest management in wheat grain storage. *Journal of Stored Products Research*, 95, 101911. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101911>
- Lazzari, F. N. (2005). *Controle de Zabrotes subfasciatus (Boheman, 1833) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) e qualidade do feijão (Phaseolus vulgaris Linnaeus, 1753) tratado com terra de diatomácea* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná].
- Lorini, I. (2003). *Manual técnico para o manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados*. Passo Fundo: Embrapa Trigo. 80 p.
- Luizzi, D., Ferreira, J. D., & Schneider, M. B. (2016). O comércio internacional de produtos orgânicos: Atuação do Brasil e de países atuantes no setor. *Caderno de Administração*, 24(2), 75–76.
- Mattos, P. C. (2015). Tipos de revisão de literatura. Botucatu. Disponível em: <http://www.ip.usp.br/portal/images/biblioteca/revisao.pdf>
- Nabeshima, E. H., Miranda, M. Z., Silva, L. R., Reyes, R. S., & Clerici, M. T. P. S. (2024). Qualidade sanitária de cereais e pseudocereais: Comparativo entre farinha obtida com e sem reconstituição. *Research Society and Development*, 13(12), e80131247686. <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i12.47686>
- Nogueira, G. F., Oliveira, R. A., Velasco, J. I., & Fakhouri, F. M. (2020). Methods of incorporating plant-derived bioactive compounds into films made with agro-based polymers for application as food packaging: A brief review. *Polymers*, 12(11), 2518. <https://doi.org/10.3390/polym12112518>
- Omura, T. (1981). Dynamic changes of protease inhibitors in workers exposed to diatomaceous earth dust. *Averagi*, 30.
- Organics Brasil. (2017). *Consumo de produtos orgânicos no Brasil*. Disponível em <<http://materiais.organicsbrasil.org/o-consumo-de-organicos-no-brasil>>.
- Penteado, S. R. (2000). *Introdução à agricultura orgânica*. Ed. Grafimagem.
- Penteado, S. R. (2001). *Agricultura orgânica*. ESALQ.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria. <https://www.ufsm.br/publicacoes/metodologia>.
- Pessoa, S. M., Heredia-Zárate, N. A., Vieira, M. C., Cardoso, C. A. L., Poppi, N. R., Formagio, A. S. N., & Silva, L. R. (2015). Total biomass and essential oil composition of *Ocimum gratissimum* L. in response to broiler litter and phosphorus. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 17(1), 18–25. https://doi.org/10.1590/1983-084X/13_024
- Planeta Orgânico. (2018). *Produtos orgânicos*. Disponível em <<http://planetaorganico.com.br/site/index.php/produtos-organicos/>>.
- Radic, J. K., Hansman, J., Mrdja, D., Forkapic, S., Bikit, K., Kuzmanovic, P. & Velimirovic, D. (2023). Diatomaceous earth: radiological characterization and risk assessment. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 332(8), 3227–3234. <https://doi.org/10.1007/s10967-023-09018-9>
- Rocha, D. S., Jurberg, J., Carcavallo, R. U., Presgrave, O. A., Cunha, V., & Galvão, C. (2001). Influência da temperatura e umidade no desenvolvimento ninfal de *Rhodnius robustus*. *Revista de Saúde Pública*, 35(4), 400–406. <https://doi.org/10.1590/s0034-89102001000400011>
- Rossato, C. (2013). *Terra diatomáceas no controle de pragas de armazenamento de soja, milho e trigo em função da composição físico-química* [Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Londrina].
- Rother, E. T. (2007). Revisão sistemática X revisão narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*, 20(2), v-vi. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-21002007000200001>.
- Santos, J. P. (1993). Perdas causadas por insetos de grãos armazenados. *Simpósio de Proteção de Grãos Armazenados, Passo Fundo*. Anais. Embrapa-CNPT.
- SEGS. (2018). *Conheça as propriedades do trigo e seus benefícios como alimento*. Disponível em <<https://www.segs.com.br/saude/64592-conheca-as-propriedades-do-trigo-e-seus-beneficios-como-alimento.html>>. Acesso em 14 de dezembro de 2024.
- Silva, L. C. (2013). *Grãos: Métodos de conservação* (Boletim técnico AG 08/05). Universidade Federal do Espírito Santo.
- Silva, L. R. & Vilela, D. M. (2019). Tecnologia de chá e seus processos: uma revisão. *Revista UNINGÁ Review*, 34(2), 39-50.

- Silva, L. R., Velasco, J. I., & Fakhouri, F. M. (2022). Bioactive films based on starch from white, red, and black rice to food application. *Polymers*, 14(4), 835. <https://doi.org/10.3390/polym14040835>
- Silva, M. A. D., Lopes, L. M., Sousa, A. H., Faroni, L. R. A., Brito, R. S., Lima, M., & Andrade, R. A. (2024). Storage and quality of landrace cowpea grains stored in silo bags. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 28(11). <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n11e282159>
- Tabaldi, L. A., Vieira, M. C., Heredia-Zárate, N. A., Formagio, A. S. N., Pilecco, M., Silva, L. R., Santos, K. P., Santos, L. A. C., & Cardoso, C. A. L. (2016). Produção de biomassa e conteúdo de fenóis e flavonoides de *Schinus terebinthifolius* cultivada em fileira simples e dupla com cama de frango. *Ciência Florestal*, 26(3), 787–796. <https://doi.org/10.5902/1980509824207>
- Tabaldi, L. A., Vieira, M. C., Zárate, N. A. H., Silva, L. R., Gonçalves, W. L. F., Pilecco, M., Formagio, A. S. N., Gassi, R. P., & Padovan, M. P. (2012). Cover crops and their effects on the biomass yield of *Serjania marginata* plants. *Ciência Rural*, 42(4), 614–620. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000400006>
- TV TEM. (2017). *Terra diatomácea aumenta tempo de armazenamento de sementes*. G1 – Sorocaba e Jundiaí. <<https://g1.globo.com/sao-paulo/sorocaba-jundiai/nosso-campo/noticia/terra-diatomacea-aumenta-tempo-de-armazenamento-de-sementes.ghtml>>. Acesso em 28 de dezembro de 2024.
- USDA. (2024). *World Agricultural Supply and Demand Estimates*. United States Department of Agriculture.
- VacqPac Production B.V. (2018). *Keeping it organic*.
- Willer, H., & Yussefi, M. (2006). *The world of organic agriculture – Statistics and emerging trends*. International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM).
- Ziegler, V., Paraginski, R. T., & Ferreira, C. D. (2021). Grain storage systems and effects of moisture, temperature and time on grain quality - A review. *Journal of Stored Products Research*, 91, 101770. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101770>