

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS

Kelly Pelc da Silva

**Efeitos de resfriamento artificial e tempo de armazenamento sobre a
qualidade tecnológica e fisiológica de grãos de trigo**

Passo Fundo

2017

Kelly Pelc da Silva
(Engenheira de Alimentos)

**Efeitos de resfriamento artificial e tempo de armazenamento sobre a
qualidade tecnológica e fisiológica de grãos de trigo**

Dissertação de Mestrado apresentada para
obtenção do título de Mestre em Ciência e
Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Gutkoski.

Co-orientador: Dr. Paulo Roberto Valle da
Silva Pereira.

Linha de pesquisa: avaliação e controle de
qualidade de alimentos.

Passo Fundo

2017

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

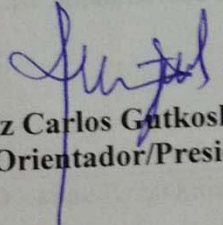
A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de Mestrado

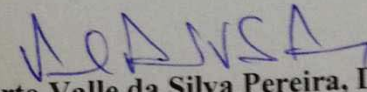
Efeitos de resfriamento artificial e tempo de armazenamento sobre a qualidade
tecnológica e fisiológica de grãos de trigo

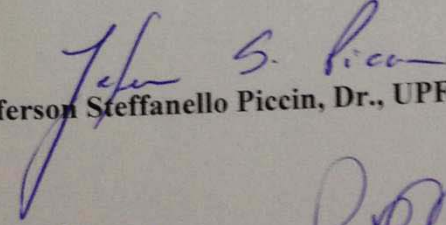
Elaborada por
Kelly Pelc da Silva

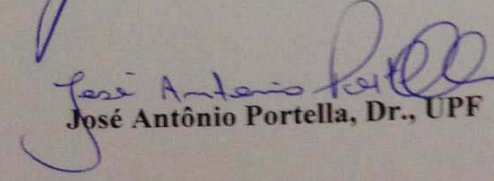
Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestra em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Comissão Examinadora


**Luiz Carlos Gutkoski, Dr., UPF
(Orientador/Presidente)**


Paulo Roberto Valle da Silva Pereira, Dr., Embrapa Trigo


Jeferson Steffanello Piccin, Dr., UPF


José Antônio Portella, Dr., UPF

**Passo Fundo, RS, Brasil
2017**

CIP – Catalogação na Publicação

S586e Silva, Kelly Pelc da
Efeitos de resfriamento artificial e tempo de
armazenamento sobre a qualidade tecnológica e fisiológica
de grãos de trigo / Kelly Pelc da Silva. – 2017.
100 p. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Gutkoski.
Coorientador: Dr. Paulo Roberto Valle da Silva Pereira.
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de
Alimentos) – Universidade de Passo Fundo, 2017.

1. Trigo. 2. Colheita . 3. Composição química. 4. Análise
do grão. I. Gutkoski, Luiz Carlos, orientador. II. Pereira,
Paulo Roberto Valle da, coorientador. III. Título.

CDU: 633.11

Catalogação: Bibliotecária Marciéli de Oliveira - CRB 10/2113

Dedico

A minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem ele nada teria acontecido.

Ao meu orientador, pela confiança, pela oportunidade concedida, por acreditar que eu seria capaz, obrigada Professor Dr. Luiz Carlos Gutkoski pela sua orientação e compreensão em todos os momentos.

A Dr Tatiana Oro, por toda a ajuda concedida nos momentos difíceis, estímulo e as orientações em todos os momentos.

As colegas do laboratório de Cereais da Universidade de Passo Fundo, Caroline Vicenzi, Gabriela Santetti, Daniela Honnef, Izadora Strapazon, Rafaela Devos, pela convivência e auxílio nas análises.

Aos funcionários do Laboratório de Cereais da Universidade de Passo Fundo, Tânia Santetti e Jonas Bredalga, pela recepção, ajuda e experiência em todos os momentos. Ao Ricardo e a Camila do laboratório de Físico-química, a Cinara do laboratório de Fitopatologia, pela ajuda e ensinamentos, foi de grande valia.

Aos colegas de mestrado pelo apoio e pela amizade. Agradeço especialmente à Josemeri Both, por ter me ajudado em todos os momentos, foi uma irmã para mim, também a Nyelle Aquino, Vanessa Carpes, Ana Bianchi e Patrícia Costapela companhia, pelos momentos que passamos juntas e pelo apoio mútuo, realmente fomos uma família.

Aos meus pais Moacyr e Abigail e ao meu irmão Moacyr Neto, pela compreensão, pelo carinho e apoio. Ao meu namorado Jonas pela companhia, compreensão nos momentos difíceis de muito stress e pelas ajudas.

Ao Dr Paulo Pereira da Embrapa Trigo pela co-orientação, pela ajuda e disponibilidade.

A Dr Ana Claudia Margarites e o Mestre Volnei Meneghetti pela convivência, disponibilidade e auxílio nas análises estatísticas.

A Biotrigo por te disponibilizado o trigo para a realização deste trabalho.

A Universidade de Passo Fundo (UPF), em especial ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGTA), Professores, Alunos e Funcionários, pela amizade, apoio e suporte fornecidos para a realização deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

*“Um dos segredos para o sucesso são as
idéias misturadas a inspiração.”
Jim Rohn*

RESUMO

O trigo está entre os alimentos básicos no mundo, sendo consumido em todos os continentes. A fim de atender a demanda anual de consumo, o trigo colhido deve ser armazenado até a próxima safra. No armazenamento os grãos enfrentam condições adversas como contaminação microbiológica, insetos-praga e quebra por metabolismo. Para a manutenção da qualidade tecnológica e fisiológica, o emprego de baixas temperaturas se apresenta como uma técnica para o manejo no armazenamento de grãos de trigo. Este trabalho objetivou avaliar a qualidade de trigo armazenado em ambiente resfriado artificialmente através da determinação de características tecnológicas e fisiológicas dos grãos. O trabalho foi realizado com o emprego dos tratamentos ambiente natural com inseticida, ambiente resfriado e ambiente resfriado com terra de diatomácea. As variáveis respostas avaliadas foram sobre o impacto causado na quebra técnica, perdas quantitativas, perdas qualitativas, alterações de características físicas, químicas e reológicas da farinha. Os resultados foram analisados pelo emprego da análise estatística e, nos modelos significativos, as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey 95% de intervalo de confiança. Ao longo do tempo de armazenamento observou-se alterações nos grãos armazenados, ocorrendo redução nos parâmetros contagem de fungos, envelhecimento acelerado, umidade, proteínas, lipídios, número de queda, índice de tolerância à mistura, tenacidade e relação tenacidade e extensibilidade. Nas determinações de vigor e acidez graxa dos grãos armazenados em ambiente natural, na cor do trigo resfriado artificialmente, absorção de água, estabilidade, extensibilidade e força de glúten ocorreram elevações de valores. Com o tempo de armazenamento os valores de pH, massa de mil grãos, cinzas e glúten não variaram significativamente ($p > 0,05$). O resfriamento artificial é efetivo na conservação da qualidade fisiológica e tecnologia de grãos de trigo armazenados. O resfriamento artificial é uma técnica viável no armazenamento de trigo, com a indicação de uso da terra de diatomácea para prevenir possíveis perdas devido ao ataque de insetos-praga.

Palavras-chave: Pós-colheita. Quebra técnica. Composição química. Vigor. Alveografia.

ABSTRACT

Wheat is among the staple foods in the world, being consumed on all continents. In order to meet the annual consumption demand, the harvested wheat must be stored until the next harvest. In storage the grains face adverse conditions such as microbiological contamination, insect pests and breakdown by metabolism. For the maintenance of the technological and physiological quality, the use of low temperatures is presented as a technique for the storage management of wheat grains. This work aimed to evaluate the quality of wheat stored in an artificially cooled environment by determining the technological and physiological characteristics of the grains. The work was carried out with the use of natural environment treatments with insecticide, cooled environment and cooled environment with diatomaceous earth. The evaluated variables were the impact caused by the technical breakdown, quantitative losses, qualitative losses, changes in the physical, chemical and rheological characteristics of the flour. The results were analyzed using the statistical analysis and, in the significant models, the means compared to each other by the Tukey test 95% confidence interval. During storage time, changes were observed in stored grains, with reduction in fungal counts, accelerated aging, moisture, proteins, lipids, falling number, mixture tolerance index, tenacity and relation between tenacity and extensibility. In determinations of vigor and fat acidity of the grains stored in natural environment, artificially cooled wheat, water absorption, stability, extensibility and gluten strength occurred elevations of values. With the storage time the values of PH, thousand grain mass, ashes and gluten did not vary significantly ($p > 0.05$). Artificial cooling is effective in preserving the physiological quality and technology of stored wheat grains. Artificial cooling is a viable technique in storage of wheat, with indication of diatomaceous earth use to prevent possible losses due to insect-plague attack.

Key-words: Post-harvest. Technical breakdown. Chemical composition. Force. Alveografia.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química do trigo (%).....	27
Tabela 2 - Classes do trigo destinado à moagem e a outras finalidade.	27
Tabela 3 - Condutividade elétrica de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses	45
Tabela 4 - Peso Hectolitro (PH) de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses	46
Tabela 5- Massa de mil grão de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses	47
Tabela 6- Germinação do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses	48
Tabela 7- Envelhecimento acelerado (EA) do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses	49
Tabela 8 - Umidade dos grãos do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses	52
Tabela 9 - Teor de proteína bruta de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses	53
Tabela 10 – Teor de lipídios dos grãos do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses	54
Tabela 11 – Teor de cinzas dos grãos do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses	54

Tabela 12 – Acidez graxa dos grãos do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses.....	55
Tabela 13 – Avaliação de cor do parâmetro L*(luminosidade) das farinhas de grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses	56
Tabela 14 – Avaliação de cor do parâmetro de cromaticidade a* (-a*=verde; +a*= vermelho) das farinhas de grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses.....	57
Tabela 15 – Avaliação de cor do parâmetro de cromaticidade +b* (amarelo) das farinhas de grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses.....	57
Tabela 16 – Número de queda (NQ) das farinhas de grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses	58
Tabela 17 – Glúten úmido (GU), glúten seco (GS) e índice de glúten (IG) das farinhas de grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses	59
Tabela 18 - Farinografia das farinhas de grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses	60
Tabela 19 - Alveografia dos tratamentos ao longo do armazenamento com os parâmetros P, L, P/L e W das farinhas dos grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses.....	62

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Estrutura do grão de trigo - (A) seções longitudinal e (B) transversal.	26
Figura 2 - Variáveis obtidas no gráfico do alveograma e a sua identificação.	33
Figura 3 - Diagrama geral para conservação de cereais.	36
Figura 4 - Fluxograma das atividades experimentais.	37
Figura 5 - Trigo armazenado a granel em recipientes de 8 kg.	38
Figura 6 – Fungos toxigênicos avaliados em trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1	TRIGO.....	25
2.2	ATRIBUTOS DE QUALIDADE DO GRÃO.....	28
2.2.1	Peso do hectolitro (PH)	28
2.2.2	Massa de mil grãos	29
2.2.3	Vigor.....	29
2.2.4	Acidez graxa.....	30
2.2.5	Glúten	30
2.2.6	Cor	30
2.2.7	Número de queda.....	31
2.2.8	Farinografia	31
2.2.9	Alveografia	32
2.3	CONSERVAÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS	33
2.4	ARMAZENAMENTO RESFRIADO DE GRÃOS	34
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.1	MATERIAL	37
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	37
3.3	MÉTODOS.....	39
3.3.1	Temperatura e umidade relativa do ar ambiente	39
3.3.2	Temperatura da massa de grãos.....	39
3.4	ANÁLISES DE QUALIDADE DO GRÃO	39
3.4.1	Teste de germinação	39
3.4.2	Teste de envelhecimento acelerado	39
3.4.3	Incidência de fungos.....	40
3.4.4	Umidade	40
3.4.5	Peso do hectolitro (PH)	40
3.4.6	Massa de mil grãos	40
3.4.7	Condutividade elétrica.....	40
3.4.8	Moagem de grão	41
3.4.9	Teor de proteína bruta.....	41
3.4.10	Teor de cinzas.....	41

3.4.11	Teor de lipídios	42
3.4.12	Teor de acidez graxa	42
3.5	AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DA FARINHA.....	42
3.5.1	Moagem experimental.....	42
3.5.2	Teor de glúten	43
3.5.3	Perfil colorimétrico	43
3.5.4	Farinografia.....	43
3.5.5	Alveografia.....	43
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1	QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO ARMAZENADOS.....	45
4.1.1	Condutividade elétrica	45
4.1.2	Peso do hectolitro (PH).....	46
4.1.3	Massa de mil grãos (MMG).....	47
4.1.4	Germinação	48
4.1.5	Envelhecimento acelerado	48
4.1.6	Fungos.....	50
4.1.7	Composição química.....	51
4.1.7.1	<i>Umidade</i>	51
4.1.7.2	<i>Proteínas</i>	52
4.1.7.3	<i>Lipídios</i>	53
4.1.7.4	<i>Cinzas</i>	54
4.1.7.5	<i>Acidez graxa</i>	55
4.2	AVALIAÇÕES DE QUALIDADE DA FARINHA DE TRIGO.....	55
4.2.1	Cor.....	55
4.2.2	Número de queda	58
4.2.3	Glúten.....	58
4.2.4	Farinografia.....	60
4.2.5	Alveografia.....	61
5	CONCLUSÕES.....	65
	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICE A – ARTIGO CIENTÍFICO.....	77

1 INTRODUÇÃO

A necessidade crescente de suprir a demanda mundial de alimentos exige que a qualidade do grão colhido seja mantida com perdas mínimas nas operações de pós-colheita. As características do grão, bem como sua composição variam com as condições operacionais de colheita, pós-colheita e processamento. A fim de manter a qualidade deve ser empregado técnicas adequadas durante o manejo do grão de trigo.

O teor de água, a temperatura e o tempo de armazenamento são variáveis importantes na manutenção da qualidade do trigo. Na armazenagem o grão é exposto a vários fatores físicos, químicos e biológicos com redução de matéria seca e dos atributos de qualidade, sendo a deterioração inevitável. Por isso, durante o armazenamento devem ser controlados os fatores adversos visando prolongar a qualidade tecnológica e fisiológica dos grãos de trigo. Entre os métodos físicos empregados para preservar a qualidade de trigo armazenado, o uso de baixa temperatura apresenta-se como técnica consagrada de manejo. O propósito da técnica de resfriamento artificial é reduzir a quebra técnica, incidência de insetos-praga, fungos e alterações físico-química dos grãos.

A temperatura e a umidade influenciam na intensidade de respiração do grão e com o aumento pode levar a uma maior deterioração. O processo de deterioração dos grãos dentro do silo se inicia com o aumento da umidade devido à condensação de água e a criação de bolsas de calor na massa de grãos. As consequências desse fenômeno podem induzir a perda da capacidade de germinação, perda de matéria seca, aumento do desenvolvimento de fungos e por fim perdas qualitativas e quantitativas dos grãos (FLEURAT-LESSARD, 2017). Além disso, promove o crescimento de insetos-praga e fungos. Com teores de água superior a 15% se torna mais favorável o desenvolvimento de fungos na massa de grãos de trigo armazenado. Para o armazenamento seguro dos grãos, tanto a temperatura quanto teor de umidade devem ser controlados em teores compatíveis com o período de armazenamento.

Para uma melhor conservação, a condição requerida é manter os grãos de trigo limpos, íntegros e secos. O resfriamento artificial ajuda manter as características tecnológicas e fisiológicas dos grãos armazenados. Com a finalidade de ampliar os conhecimentos acerca de armazenamento com ar resfriado artificialmente, desenvolveu-se o presente trabalho que objetivou avaliar os efeitos da temperatura em ambiente natural e resfriado com e sem o emprego de terra de diatomácea e, do tempo de armazenamento nas características tecnológicas e fisiológicas de grãos e de qualidade da farinha de trigo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é cultivado em vários países e de grande importância econômica, devido ao elevado consumo de seus produtos. A farinha de trigo é única devido a capacidade de apresentar propriedade viscoelásticas da massa sendo o uso obrigatório para a elaboração de uma diversidade de produtos levedados de panificação como pães, massas, biscoitos e bolos (VASCONCELOS et al., 2013).

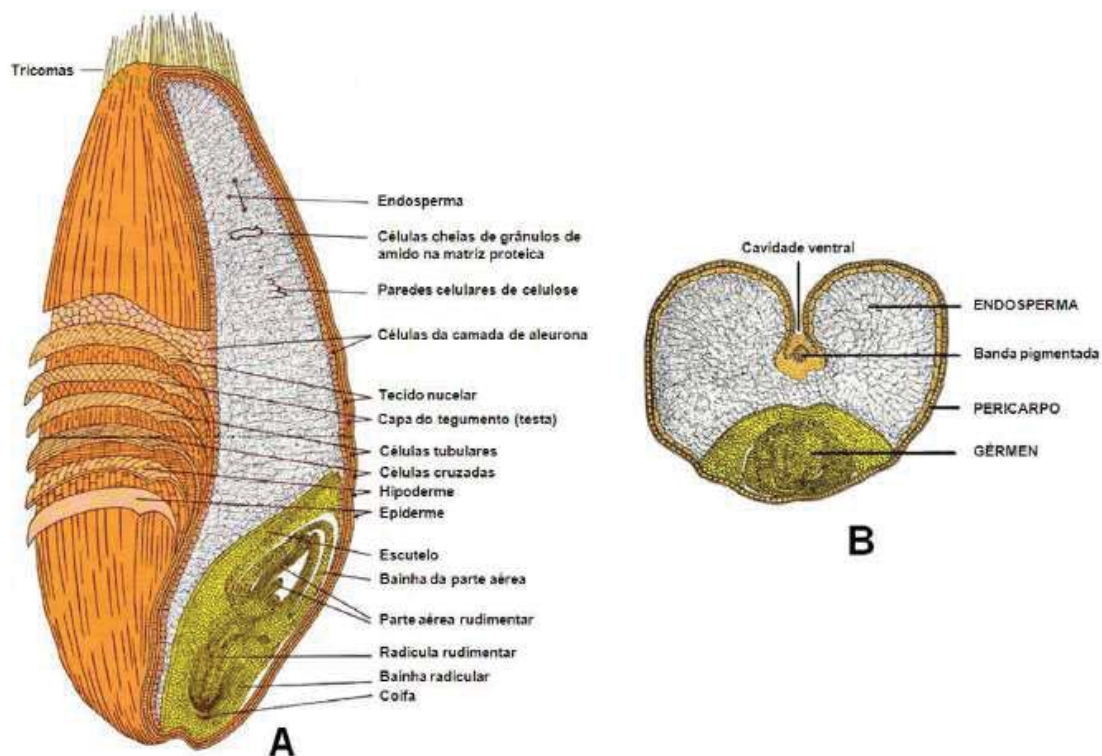
A demanda de trigo tem aumentado significativamente, devido principalmente ao crescimento da população, sendo responsável por fornecer cerca de 20% das necessidades calóricas e protéicas aos seres humanos. Assim a indústria de trigo está constantemente se adequando ao mercado que é muito competitivo (NIAMUTWALI et al., 2016). Devido à seleção realizada pelos detentores de cultivares e ao trabalho de pesquisas científicas, a cultura ampliou-se, ocupando áreas cada vez mais distintas e alcançando maiores produtividades. No entanto, a produção de grãos no Brasil não tem sido suficiente para atender à demanda, sendo agravada pela grande quantidade de grãos perdidos ou colhidos com qualidade inferior para o processamento. A baixa qualidade se deve a vários fatores incluindo o ataque de pragas, germinação na espiga e redução de matéria seca (CARNEIRO et al., 2005), além do decréscimo da qualidade durante o armazenamento (GUTKOSKI, 2011). A produção de grãos prevista para a safra 2016/17 está estimada em 219,1 milhões de toneladas, com um aumento de 17,4% em relação à safra anterior (CONAB, 2017), sendo em torno de 7 milhões de toneladas a de trigo.

A qualidade do grão de trigo pode ser definida como resultado da interação que a cultura sofre no campo, do efeito das condições do solo, do manejo da cultura, da cultivar, bem como das operações de colheita, armazenamento e moagem (EDWARDS, 2004). Em condições inadequadas de colheita, secagem e armazenamento, o trigo pode sofrer alterações em suas propriedades físicas, químicas e reológicas, reduzindo o valor comercial e a funcionalidade da farinha (FLEURAT-LESSARD, 2002).

O grão de trigo, do ponto de vista tecnológico, pode ser descrito em pericarpo, endosperma e gérmen. O pericarpo é a parte mais externa do grão formada pelas camadas epiderme, hipoderme, células cruzadas, células finas, células intermediárias e células tubulares. O endosperma e o gérmen são recobertos por três camadas: capa do tegumento,

camada hialina e aleurona. O endosperma é composto de células contendo grânulos de amido, os amiloplastos, envoltos em uma matriz protéica. O gérmen por sua vez é rico em enzimas, lipídios e vitaminas, sendo separado do endosperma pelo escutelo (DELCOUR; HOSENEY, 2010) (Figura 1).

Figura 1- Estrutura do grão de trigo - (A) seções longitudinal e (B) transversal.



Fonte: Adaptado por Silva(2017).

O grão de trigo é uma excelente fonte de amido, proteínas e fibras. A composição química do grão de trigo afeta as características funcionais e tecnológicas e, juntamente com as propriedades estruturais e população microbiológica, define a qualidade da farinha de trigo (SCHEUER et al., 2011). A farinha de trigo é composta por amido (70-75%, b.s.), água (12-14%, b.u.), proteínas (8-16%, b.s.), lipídios (2%, b.s.), cinzas (1%, b.s.) e outros constituintes menores. Na Tabela 1, é apresentada a composição química média do grão de trigo em porcentagem.

Tabela 1 - Composição química do trigo (%).

Componente	Composição do Grão (%)
Proteínas	13,3
Gordura	2,0
Minerais	1,7
Fibra	2,3
Carboidratos	68,7
Água	12,0

Fonte: Morita et al., (2002).

A qualidade da farinha de trigo é determinada pela qualidade do grão, sendo afetada por os fatores ambientais e genéticos. Os fatores ambientais incluem a condição do solo, manejo da cultura, condições de pós-colheita e tempo de armazenamento (MHIKO, 2012). As principais condições de armazenamento que afetam a qualidade do grão de trigo são temperatura e umidade relativa do ar ambiente. As características físicas e químicas do grão de trigo armazenado têm influência na utilização final da farinha de trigo.

O trigo é classificado na legislação brasileira vigente em melhorador, pão, doméstico, básico e outros usos, definidas em função dos ensaios força de glúten (W) e estabilidade (Tabela 2) (BRASIL, 2017).

Tabela 2 - Classes do trigo destinado à moagem e a outras finalidades.

Classes	Força do glúten ($10^{-4}J$)	Estabilidade (minutos)
Melhorador	300	14
Pão	220	10
Doméstico	160	6
Básico	100	3
Outros Usos	Qualquer	Qualquer

Fonte: Adaptado de BRASIL (2017).

A qualidade da farinha de trigo pode ser avaliada por características mensuráveis que a experiência tem indicado serem relevantes para na definição de uso final. Cada tipo de produto requer farinha com características tecnológicas específicas para sua elaboração. Dentre essas características estão, essencialmente, a força da farinha, a qual está associada, principalmente, ao conteúdo e à qualidade das proteínas formadoras de glúten, e a atividade

de alfa-amilase, particularmente nas farinhas usadas na produção de pão. Portanto, a qualidade da farinha de trigo tem sido avaliada com base em diversas características físicas, químicas e reológicas, permitindo predizer o melhor uso final (GUTKOSKI, 2011).

A qualidade dos grãos de trigo é um importante critério na comercialização e na transformação, podendo afetar o preço do produto. Existem muitas perdas quantitativas e qualitativas, durante as etapas de fim de ciclo, colheita e armazenagem, que podem ser minimizadas com uma boa tecnologia disponível para agricultura brasileira. Os grãos de trigo precisam ser armazenados de forma segura e de acordo com as suas propriedades a fim de não comprometer a sua transformação e o consumo. Para a melhor conservação do grão e também a determinação de suas aptidões tecnológicas, o conhecimento das características, intrínsecas e extrínsecas é primordial (ELIAS, 2009).

2.2 ATRIBUTOS DE QUALIDADE DO GRÃO

2.2.1 Peso do hectolitro (PH)

O PH é a massa de cem litros de trigo, expressa em quilogramas. É uma medida tradicional de comercialização em vários países e expressa indiretamente atributos de qualidade dos grãos, em especial aqueles relacionados com a moagem. Na determinação do peso do hectolitro, estão associadas várias características do grão, como a forma, a textura do tegumento, o tamanho, o peso e as características extrínsecas ao material, como a presença de palha, de terra e de outras matérias estranhas (GUARIENTI, 1996).

O decréscimo no valor do PH durante o armazenamento pode ser associado à perda de qualidade. O baixo valor na relação massa e volume indicam a possibilidade de moagem com baixo rendimento da farinha. Com o aumento do tempo de armazenamento pode ocorrer redução de PH, devido ao consumo de componentes orgânicos dos próprios grãos (FLEURAT-LESSARD, 2002).

Os valores de PH refletem a quebra técnica e as perdas quantitativas totais, resultantes dos processos de deterioração dos grãos, devido ao seu metabolismo intrínseco, à atividade microbiana e à de pragas associadas (SEOK-HO PARK et al., 2008).

2.2.2 Massa de mil grãos

A massa de mil grãos é uma medida que apresenta controle genético, mas também é afetada pelas condições de temperatura, de luminosidade e de umidade durante a fase de maturação no campo. Esta análise permite definir a densidade de sementes no plantio de trigo (GUTKOSKI et al., 2003).

Os grãos de maior tamanho não são almejados pela indústria, pois podem provocar problemas nos equipamentos de limpeza e de moagem. Por outro lado, grãos muito pequenos também não são almejados, pois podem passar pelas peneiras de limpeza e trazer perdas na produção de farinhas pela diminuição de trigo moído (GUARIENTI, 1996).

2.2.3 Vigor

A qualidade fisiológica é avaliada pelo teste padrão de germinação, que conduzido sob condições ótimas de ambiente fornece o potencial máximo de germinação estabelecendo o limite para o desempenho do lote após a sua sementeira e a sua vitalidade em usos tecnológicos. Entretanto, em razão de suas limitações, principalmente quanto à menor sensibilidade para a diferenciação da qualidade e à frequente discrepância dos resultados, com a emergência das plântulas em campo são necessários também os resultados obtidos nos testes de vigor. Nestes, buscam-se obter respostas complementares às fornecidas pelo teste de germinação, possibilitando a obtenção de informações consistentes (OHLSON et al., 2010).

Um dos métodos rápidos para avaliar a qualidade do grão é o teste de condutividade elétrica, o qual pode ser realizado de forma massal, avaliando a condutividade elétrica de um grupo de grãos. A condutividade elétrica resulta da média de condutividade da solução em que está os grãos. Os menos vigorosos apresentam uma menor velocidade de restabelecimento da integridade das membranas celulares durante a embebição na solução e, por consequência, liberam maiores quantidades de solutos para o meio exterior (MARCOS FILHO, 2005).

Outro método para avaliar vigor é o teste de envelhecimento acelerado, indicado para determinar o potencial de armazenamento. Dentre os fatores que afetam o comportamento dos grãos submetidos ao teste, a interação entre temperatura e período de exposição é um dos mais importantes. Também a velocidade de absorção de água pelos grãos interfere nos resultados de envelhecimento acelerado, originando variações acentuadas no grau de umidade no final do teste (FANAN et al., 2006).

2.2.4 Acidez graxa

A acidez graxa é utilizada como indicador de deterioração de grãos e seus produtos, pois a hidrólise dos lipídios ocorre mais rapidamente do que a de proteínas e carboidratos. A deterioração pode ser detectada no início, possibilitando a tomada de medidas adequadas para evitar maiores danos na qualidade do produto armazenado (MARINI et al., 2005).

A rancidez hidrolíticada trigo, pode ocorrer por armazenamento inadequado e afeta a qualidade do produto final (ARAÚJO, 2004). Esta reação se inicia através da lipase, a qual está concentrada na camada externa do grão, e após moagem, a lipase atua nas ligações éster de lipídios, liberando ácidos graxos e glicerol, sendo responsável pela deterioração da farinha durante o armazenamento (MOUSIA et al., 2004).

Os grãos se mantidos com temperaturas baixas e uma umidade controladas, podem ser armazenados por um longo período. Diante disso, a acidez graxa é utilizada como indicador de qualidade durante o armazenamento e farinha de trigo (MUIR, 2000), pois se alguns desses parâmetros variarem podem iniciar a hidrólise e a deterioração da farinha.

2.2.5 Glúten

O teor de glúten úmido e seco é uma medida quantitativa das proteínas formadoras de glúten, as quais são responsáveis pela força e qualidade das massas, e está relacionado ao conteúdo de proteínas insolúveis da farinha de trigo (DELCOUR; HOSENEY, 2010).

O glúten é uma medida quantitativa da formação de proteínas de farinha que são responsáveis pelas suas propriedades de mistura da massa (KARAOGLU et al., 2010). As proteínas do glúten são consideradas como determinantes de qualidade no produto a base de cereais, ou seja, na formação da estrutura da massa, conferindo capacidade de absorção de água, coesividade e viscoelasticidade da massa. A determinação da quantidade e qualidade do glúten é importante para conhecer as suas potencialidades, o qual está relacionado com a textura, forma, expansão e a qualidade final dos produtos (WANG et al., 2015).

2.2.6 Cor

A cor da farinha é determinada pelas medidas de luminosidade, que tem uma escala de zero a cem, determinada pelo sistema da Comissão Internacional de Iluminação (CIELAB). Quando fica mais perto do zero a coloração tem tendência à cor preta e para cem a coloração

tende à cor branca. No atributo de cor também são avaliados as coordenadas de cromaticidade que variam de verde até vermelho e azul até amarelo. A cor pode ser afetada pelo teor de farelo, material estranho e pigmentos do grão (MIRANDA; MORI; LORINI, 2010).

Durante o armazenamento a farinha de trigo apresenta um aumento de luminosidade e redução da cromaticidade $+b^*$, isso resulta da oxidação natural dos pigmentos e estes valores variam não apenas com a extensão do branqueamento, mas também pelo envelhecimento da farinha (RASPER; WALKER, 2000). A determinação da cor é muito importante para a qualidade da farinha e influencia principalmente na comercialização dos produtos de panificação, pois a cor da farinha afeta a aceitação do produto final pelos consumidores que preferem produtos mais claros.

2.2.7 Número de queda

A análise de número de queda tem por finalidade verificar a atividade da enzima α -amilase do grão, a fim de detectar danos ocorrentes pela germinação na espiga. O acréscimo de produção da α -amilase provoca sacarificação mais intensa das moléculas de amido durante o processo de fabricação de pão, afetando textura interna, com descoloração da crosta, miolo seco e pequeno volume. Por outro lado, a baixa atividade da enzima α -amilase afeta negativamente pelo menor volume do pão (GUTKOSKI et al., 2008).

A quantidade de enzima presente nas farinhas tem uma influência direta sobre o pão produzido. Para apresentar miolo firme com bom volume e textura macia a farinha deve ter atividade enzimática entre 200 a 350 segundos. De outro lado, quando os pães são elaborados com farinha de alta atividade enzimática (número de queda menor que 200 segundos) ou baixa (maior que 350 segundos) apresentam volume reduzido e características internas e externas indesejáveis (PERTEN INSTRUMENTS, 2010).

2.2.8 Farinografia

A farinografia é um dos mais completos e sensíveis testes para a avaliação da qualidade de mistura da massa de farinha de trigo. Nesse teste, é adicionada uma quantidade de água à farinha suficiente para que a massa adquira uma consistência padrão (atinga a linha das 500 Unidades Farinográficas), e todas as fases de mistura, de desenvolvimento e de quebra, ou amolecimento, da massa são registradas em gráfico. Na farinografia são obtidos dados a

respeito da capacidade das farinhas em absorver água, tempo de desenvolvimento e estabilidade da massa (SINGH et al., 2011).

O valor de capacidade de absorção de água é importante em panificação, sendo que, quanto maior for a absorção de água, maior será a quantidade de pão que se pode elaborar a partir de uma mesma quantidade de farinha (VÁZQUEZ, 2009). O tempo de desenvolvimento da massa (TDM), calculado em minutos, corresponde ao intervalo decorrente desde a adição de água até o ponto de máxima consistência, observada pela formação de um pico. As farinhas com tempo de mistura que variam de 4 a 5 minutos são preferíveis para panificação (MELLADO, 2006).

Outros parâmetros a serem considerados são a estabilidade (E), que é o tempo que a massa permanece consistente durante o batimento e o índice de tolerância a mistura (ITM) que é o tempo decorrido após um intervalo de cinco minutos do ponto de consistência máxima da massa, até sua perda total (VÁZQUEZ, 2009).

2.2.9 Alveografia

A alveografia é um teste reológico usado para determinar as características qualitativas da farinha levando em consideração as variáveis (GUTKOSKI et al., 2008) (Figura 2):

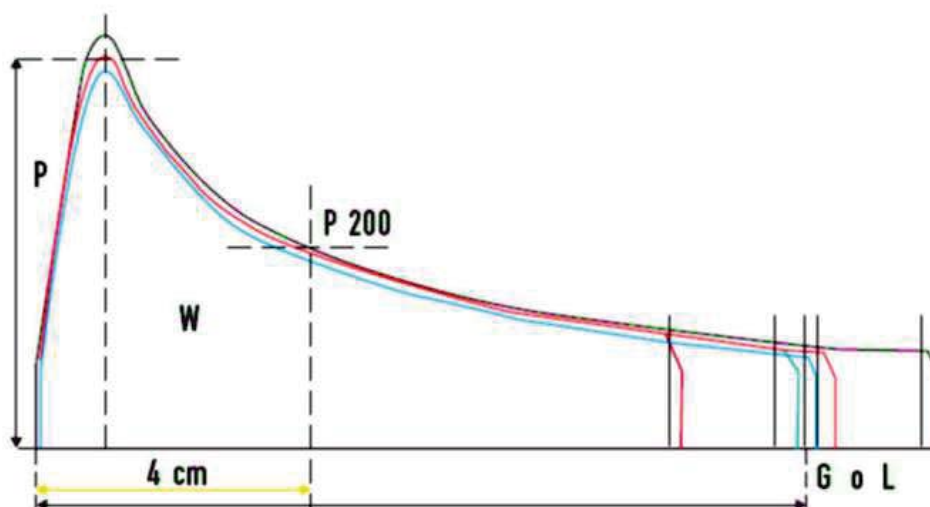
a) tenacidade: indica a pressão máxima exercida no trabalho de expansão da massa, expressa em mm, e está relacionada a altura máxima do alveograma;

b) extensibilidade: capacidade de estiramento da massa sem que ocorra a ruptura. Um alto grau de extensibilidade está associado a um baixo rendimento de farinha;

c) força de glúten (W): corresponde ao trabalho de deformação da massa até que a bolha se rompa. O W está relacionado com a qualidade de panificação da farinha;

d) relação tenacidade e extensibilidade (P/L): expressa a estabilidade da massa que serve como guia para determinar se as massas são pouco extensíveis, equilibradas ou muito extensíveis;

Figura 2 - Variáveis obtidas no gráfico doalveograma e a sua identificação.



Legenda: P = pressão máxima requerida para deformação; W = Força. Área abaixo da curva ligada a energia requerida para deformação; L = extensibilidade; P/L = Relação tenacidade/extensibilidade. Fonte: Concereal (2017).

2.3 CONSERVAÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS

O teor de água dos grãos, a temperatura e o tempo de armazenamento são as mais importantes variáveis em termos de qualidade de grãos de trigo, sendo esses fatores podendo causar mudanças significativas nas características funcionais dos grãos de trigo e no produto final (NITHYA et al., 2011). O trigo armazenado é exposto a fatores ambientais, uma vez que respira, perde matéria seca, reduz seu valor nutritivo, sendo a deterioração inevitável (CARDOSO et al., 2012).

Os grãos são materiais higroscópicos, pois apresentam capacidade de ceder ou absorver umidade de acordo com o ambiente. Como qualquer material higroscópico, os grãos, mantêm equilíbrio de sua umidade com determinada umidade relativa do ar, a uma dada temperatura (GONZÁLEZ-TORRALBA, 2013). Os silos de armazenamento convencional apresentam variações de temperatura no seu interior, pois são afetados pelo ambiente externo. Entretanto, devido às características de a massa de grãos serem mal condutores de energia, as variações de temperaturas ocorrem com mais intensidade na superfície (GONZÁLEZ-TORRALBA, 2013).

A temperatura é um fator importante para manter a qualidade dos grãos durante o armazenamento. O aumento da temperatura influencia na intensidade da respiração do grão podendo levar a deterioração mais rápida. Além disso, promove o crescimento de insetos e fungos (QUIRINO et al., 2013). A maioria dos insetos-praga de grãos armazenados é de

origem tropical e subtropical, necessitando de temperaturas altas, na faixa de 27°C a 34°C para seu desenvolvimento completo. No entanto, esse desenvolvimento pode ser retardado ou paralisado se a temperatura ficar abaixo de 16°C (QUIRINO et al., 2013). A redução da temperatura dos grãos diminui a velocidade das reações bioquímicas e metabólicas dos insetos (SANTOS et al., 2004; PEREZ-GARCIA; GONZALEZ- BENITO, 2006; AGUIAR et al., 2012), permitindo a manutenção das características iniciais de armazenamento dos grãos por períodos mais longos.

Da mesma forma que a temperatura a umidade é muito importante para o armazenamento seguro dos grãos. O teor de água e a temperatura, uma vez mantidas baixas, irão inibir as reações metabólicas, as atividades enzimáticas do grão, o ataque de microorganismos e a respiração.

Teores de umidade superiores a 15% favorecem o desenvolvimento de fungos nos grãos, podendo causar implicações sérias na qualidade. Para a conservação segura de grãos, a condição ideal requerida é mantê-los limpos, íntegros, secos e frios. Os grãos da maioria das culturas podem ser armazenados por um ano, quando mantidas na faixa de 12 a 14% de água, b.u., e de 18 a 20 °C de temperatura. Para dois anos de armazenagem, o teor de água precisa ser reduzido e acondicionados em temperaturas inferiores a 16 °C (DEMITO, 2009).

Os efeitos da umidade se revelam no aumento da intensidade da respiração, da atividade fúngica e, conseqüentemente, no aumento da temperatura da massa de grãos. Os fungos são altamente dependentes tanto da condição de umidade dos grãos quanto da temperatura durante o período de armazenamento. Com as condições ideais pode ocorrer o desenvolvimento de espécies fúngicas não toxigênicas como as toxigênicas, sendo estes formadores de micotoxinas (FLEURAT-LESSARD, 2017).

Para retardar os efeitos de deterioração dos grãos existem técnicas que tornam o armazenamento de grãos mais seguro e efetivo. Entre os métodos físicos de conservação de grãos, o resfriamento artificial pode ajudar a manter as características tecnológicas e fisiológicas em condições similares a inicial por longo período de armazenamento.

2.4 ARMAZENAMENTO RESFRIADO DE GRÃOS

O resfriamento artificial consiste em resfriar armazém ou silo utilizado para o armazenamento dos grãos, que permite aspirar ou insuflar ar entre o ambiente e o interior da massa de grãos com o sistema de aeração (PARK et al., 2012). A massa de grãos deve apresentar teores de água desfavoráveis ao desenvolvimento da microflora, além de

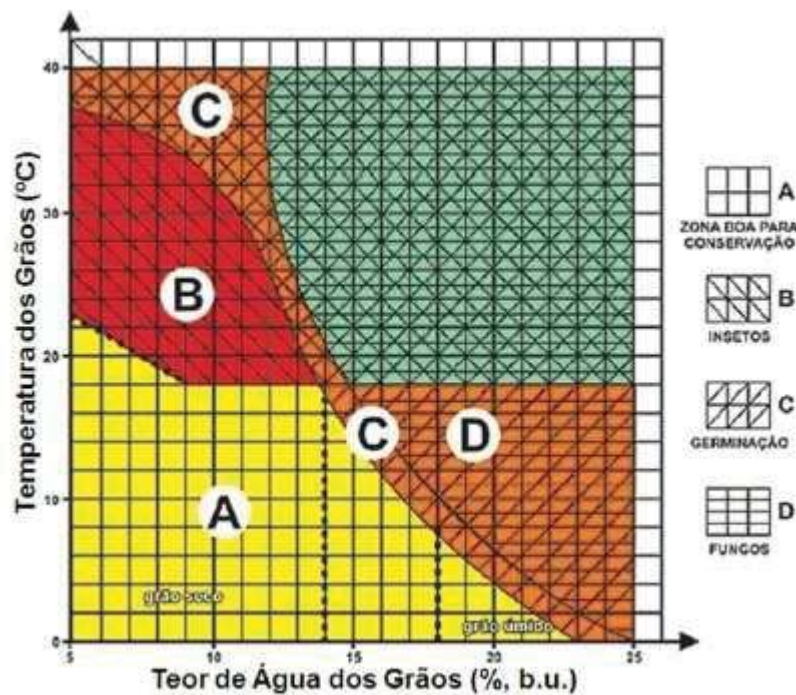
temperaturas baixas e homogêneas que inibam a ação dos insetos (KALIYAN et al., 2007). A eficiência de um sistema de resfriamento depende de um adequado manejo, que relacione o teor de água e a temperatura dos grãos juntamente com a temperatura e umidade relativa do ar ambiente (LOPES et al., 2010; ZUCHI et al., 2013). O propósito da utilização da técnica de resfriamento é prevenir a deterioração biológica, química e física dos grãos.

O ar a baixa temperatura pode ser disponibilizado independente da estação do ano ou do clima (DEMITO, 2009). E por se tratar de uma medida física de controle, pode ser aplicada em ambientes e produtos aonde não se tolera a presença de resíduos de ingredientes ativos de inseticidas, como as sementes especiais e orgânicas. Além disso, uma vez que a massa de grãos tenha sido resfriada, esta permanece por vários meses à mesma temperatura, mantendo a qualidade dos grãos.

O consumo de energia é um fator importante a ser considerado neste sistema, sendo diretamente influenciado pelo tempo requerido para a aeração e pelo fluxo de ar utilizado durante o processo. Estudos realizados por Mayer e Navarro (2002), utilizando um equipamento resfriador de ar com potência de 55 kW e avaliando, comparativamente, o custo operacional anual do resfriamento e da aplicação de inseticidas para o controle de insetos-praga em milho permitiram concluir que o custo da aeração mais a fumigação foi aproximadamente 120% superior ao custo do resfriamento. Com o mesmo equipamento, resfriaram trigo colhido no período de verão, no meio oeste americano. O custo operacional anual foi de US\$ 1,47/t para o resfriamento e de US\$ 2,93/t para a fumigação mais aeração com ar ambiente natural. A diminuição da temperatura da massa de grãos utilizando o resfriamento pode ser uma técnica comum em todas as unidades de armazenamento, com o propósito de evitar a deterioração. Contudo, necessita-se de conhecimentos científicos sobre a influência e o comportamento da temperatura nos grãos armazenados para a manutenção da qualidade (DEMITO, 2009).

Para que a qualidade do produto armazenado não seja perdida, buscando sempre encontrar condições adequadas e econômicas de armazenagem, Burges e Burrell apud Christensen (1974) idealizaram o diagrama geral para conservação de cereais (Figura 3). O diagrama permite identificar as condições mais propícias para controle metabólico dos grãos, assim como dos principais organismos que os acompanham durante o armazenamento. No diagrama são considerados o teor de água e a temperatura, sem considerar as relações de umidade e temperatura do ar (ELIAS, 2009), bem como o tempo de armazenamento.

Figura 3 - Diagrama geral para conservação de cereais.



Fonte: Adaptado de Burges; Burrell apud Christensen (1974).

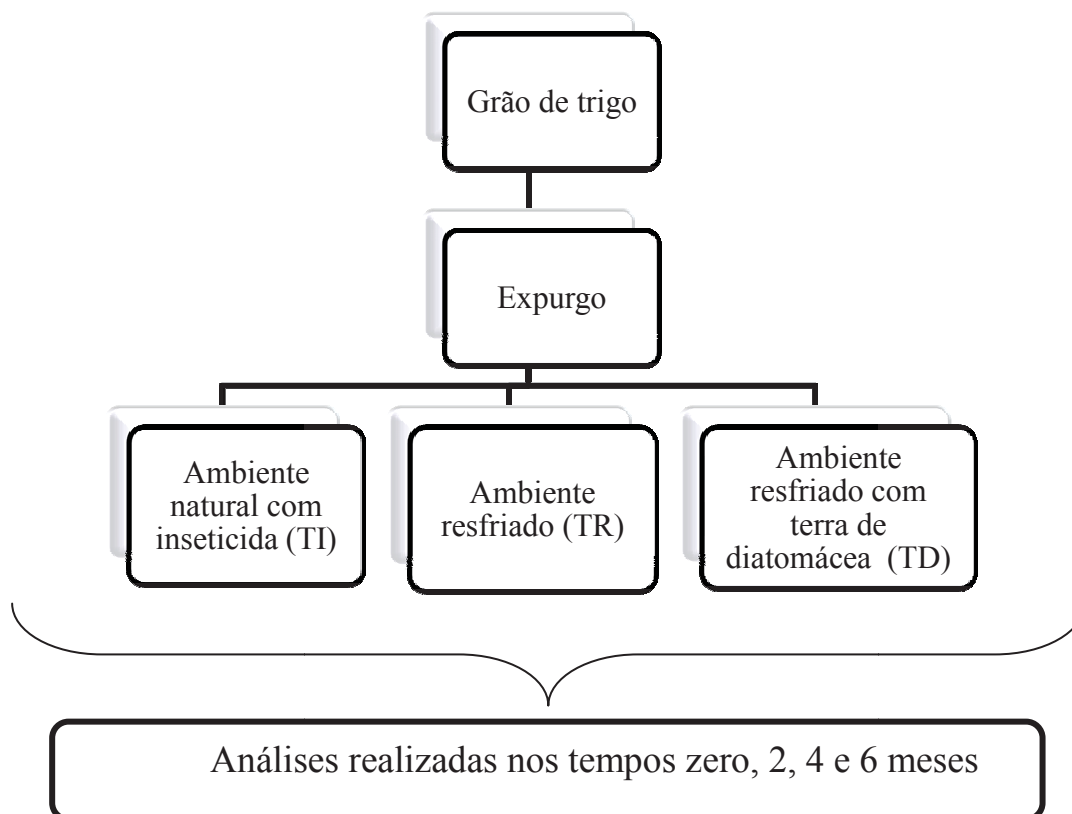
O diagrama mostra que em temperaturas acima de 18°C, os grãos entram em uma zona que pode haver crescimento de insetos, da mesma forma com alto teor de umidade corre o risco de ser afetado pelo desenvolvimento de fungos e de perder o seu poder germinativo. Contudo, as melhores condições de manter os grãos no armazenamento seguro é atingir umidades abaixo de 15% e temperaturas abaixo de 18°C. Por outro lado o tempo de armazenamento também é importante, pois quanto mais longo for o período de estocagem, maiores são os riscos que os grãos ficam expostos.

O processo de deterioração dos grãos dentro do silo se inicia com o aumento da umidade devido à condensação de água pelo efeito de contato frio com a parede e a criação de um ponto quente dentro da massa de grãos e isso excede o limite de armazenagem segura. As consequências desse fenômeno para a taxa de deterioração da qualidade de grãos armazenados podem induzir a perda da capacidade de germinação, perda de matéria seca, aumento do desenvolvimento de fungos e por fim perdas qualitativas e quantitativas dos grãos (FLEURAT-LESSARD, 2017). Portanto, para o armazenamento seguro dos grãos, tanto a temperatura como o teor de umidade dos grãos devem ser controladas e compatíveis com o período esperado de tempo em que o grão fica armazenado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

As atividades experimentais realizadas nesse estudo estão representadas na Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma das atividades experimentais.



3.1 MATERIAL

Os grãos de trigo do genótipo BIO 112143, lote BT231201G, colhido na safra 2015 foram fornecidos pela empresa Biotrigo Genética, sendo caracterizados como semente. Nos grãos foi determinado o teor de água (12,3% de umidade), homogêneos e realizado o expurgo. O expurgo foi realizado em bambona de 200 litros em acordo com as recomendações do fabricante da fosfina (B57, Gaxtoxin, Brasil), pelo período de 72 horas.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O trabalho foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e quatro períodos de coleta. O experimento foi realizado no Laboratório de Panificação do Parque Científico e Tecnológico da Universidade de Passo Fundo (UPF Parque). Os tratamentos realizados foram ambiente natural com inseticida (TI), ambiente

resfriado artificialmente (TR) e ambiente resfriado artificialmente com terra de diatomácea (TD).

Os grãos armazenados em ambiente resfriados foram mantidos em uma câmara de refrigeração (C.2964, ECO, Brasil) com temperatura controlada a $16\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ e umidade relativa de 65%. Os tratamentos em ambiente natural foram realizados na sala em que estava localizada a câmara de refrigeração com temperatura e umidade relativa ambiente. Para cada tratamento foram realizadas seis repetições com as análises em duplicata, nos tempos zero, 2, 4, 6 meses. A Figura 5 representa o armazenamento a granel do trigo

Figura 5 - Trigo armazenado a granel em recipientes de 8 kg.



Fonte: Silva, (2017).

O inseticida empregado foi o organofosforado pirimifós-metil (Actellic 500 CE, Syngenta), na dosagem recomendada pelo fabricante (12 mL do produto comercial/ tonelada de grão, diluídos em 1 litro de água). O inseticida foi dissolvido em água destilada e misturado na massa de grãos. O volume de calda aplicado em 8 kg de grãos foi de 10 mL de solução.

A terra de diatomácea (Keepdry, Brasil) foi empregada na dosagem de 1 grama por kilograma de grãos e realizado a mistura em misturador laboratorial (Hypo HB 25, Hypólito Ltda, Brasil) em velocidade média por 3 minutos.

3.3 MÉTODOS

3.3.1 Temperatura e umidade relativa do ar ambiente

A temperatura do ambiente e a umidade relativa do ar ambiente foram monitoradas mensalmente por termohigrógrafo (608-H2, Hygrometer Testo, Índia) durante o período de armazenagem dos grãos de trigo.

3.3.2 Temperatura da massa de grãos

A temperatura da massa de grãos foi monitorada mensalmente empregando termômetro durante o período de armazenagem.

3.4 ANÁLISES DE QUALIDADE DO GRÃO

3.4.1 Teste de germinação

O teste de germinação foi conduzido em quatro repetições, com 100 sementes para cada tratamento de acordo com o Método Oficial de Análises de Sementes preconizado pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem pela média de repetições.

3.4.2 Teste de envelhecimento acelerado

O teste de envelhecimento acelerado foi realizado com emprego de 50 sementes por tratamento, distribuídas sobre papel de germinação umedecido com água destilada. As amostras foram colocadas em câmara de envelhecimento acelerado (Deleo, Câmara de envelhecimento acelerado, Brasil), em que permaneceu durante 60 h a temperatura de 42 °C. Posteriormente, as amostras foram submetidas à pré-esfriamento de 5 à 10 °C por 5 dias (BRASIL, 2009). Após esse período, as sementes foram submetidas à análise de germinação, conforme descrito no item 3.5.1. Os resultados foram expressos em porcentagem pela média de repetições.

3.4.3 Incidência de fungos

A incidência dos fungos *Alternaria*, *Bipolaris sorokiniana*, *Dreschlera*, *Fusarium spp*, *Fusarium graminearum*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Bipolaris spp*, *Septoria nodorum* foi realizada com o uso de gerbox (caixa plástica) com adição de meio PDA (Potato Dextrose Ágar). Foram utilizados 200 grãos por tratamento, em 4 repetições de 50 grãos. A análise de incidência dos fungos nos grãos foi realizada sete dias após o plaqueamento, quantificando o número de grãos infectados sob lupa estereoscópica. Considerou-se infectada aquela semente com a presença de conidióforo e/ou conídio dos fungos patogênicos. Os resultados foram expressos em porcentagem de grãos contaminados (EMPRAPA, 1993).

3.4.4 Umidade

O teor de umidade foi estabelecido através do método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, com circulação de ar, por 24 horas, de acordo com o método oficial de análises de sementes (RAS) preconizado pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009).

3.4.5 Peso do hectolitro (PH)

O peso do hectolitro dos grãos foi determinado de acordo com a metodologia descrita pelo método oficial de análise de sementes (Brasil, 2009), com três repetições, em balança marca Dalle Molle. Os resultados foram expressos em kg.hL^{-1} .

3.4.6 Massa de mil grãos

A massa de mil grãos foi realizada segundo o método oficial de Análise de Sementes (2009), com contagem de três repetições de 1000 grãos cada e pesagem em balança de precisão. Os resultados foram expressos pela média das repetições.

3.4.7 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da solução contendo grãos de trigo foi realizada conforme Vieira (2001). Os testes foram conduzidos em três repetições, com 50 grãos para cada tratamento ao longo do período de armazenagem. Os grãos foram pesados e colocados em

copos plásticos de 200 mL, aos quais foram adicionados 75 mL de água deionizada. Em seguida, os copos foram colocados em câmara climática, em temperatura de 25 °C, durante 24 horas. Os copos foram retirados da câmara para medições da condutividade elétrica da solução que contém os grãos. As leituras foram realizadas em medidor de condutividade elétrica (modelo Tec-4MP, Tecnal, Brasil), com ajuste para compensação de temperatura e eletrodo, com constante da célula de $1,0 \mu\text{S cm}^{-1}$, calibrado com solução-padrão de cloreto de sódio de condutividade elétrica conhecida, em temperatura de 25 °C. O valor da condutividade elétrica fornecido pelo aparelho foi dividido pela massa de matéria seca dos grãos (g), obtendo-se valor expresso em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de matéria seca.

3.4.8 Moagem de grão

A moagem de trigo de grão foi realizada em moinho piloto (Laboratory Mill 3100, Perten Instruments, EUA), é um moinho de facas de escala laboratorial utilizado para moagem de pequenas amostras com maior rendimento e pouca perda. Essa moagem foi feita para as análises de proteína bruta, lipídios, cinzas e acidez graxa.

3.4.9 Teor de proteína bruta

As proteínas foram obtidas pelo uso de Espectrômetro do Infravermelho Proximal (NIR) (modelo 5000, marca *Perstorp Analytical*, Alemanha) utilizando a curva de calibração construída a partir dos métodos recomendados pela *American Association of Cereal Chemists* (AACCI, 2010). Os resultados médios das leituras foram expressos em porcentagem e em base seca. Para a conversão do valor de proteína bruta foi utilizado o fator 5,70.

3.4.10 Teor de cinzas

As cinzas foram obtidas pelo uso de Espectrômetro do Infravermelho Proximal (NIR) (modelo 5000, marca *Perstorp Analytical*, Alemanha) utilizando a curva de calibração construída a partir dos métodos recomendados pela *American Association of Cereal Chemists* (AACCI, 2010). Os resultados médios das leituras foram expressos em porcentagem e em base seca.

3.4.11 Teor de lipídios

A determinação do teor de lipídios foi realizada pelo método de Bligh e Dyer (1959). Esta análise baseia-se na quantidade de material extraído por solvente, é um processo gravimétrico. Foram pesados entre 3,4 gramas de amostra, transferidas para um tubo de 70 mL e adicionados exatamente 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água destilada que foram misturados em agitador rotativo por 30 minutos. Após, foi adicionado 10 mL de clorofórmio e 10 mL de solução de sulfato de sódio 1,5% e agitado novamente por 2 minutos. Deixou-se separar as camadas naturalmente e a camada metanólica superior foi descartada. Filtrou-se a camada inferior (com adição de 1 g de Na₂SO₃) em papel filtro qualitativo (solução límpida) em tubo de 30 mL. Foi medido exatamente 5 mL do filtrado e transferido para um béquer de 50 mL previamente tarado. Deixou-se evaporar o solvente em estufa a 100 °C esfriou-se em dessecador e o resíduo foi pesado. A Equação 1 apresenta o cálculo de teor de lipídios (%).

$$\text{Teor de lipídios (\%)} = \frac{\text{Peso dos lipídios (g)} \times 4 \times 100}{\text{Peso da amostra (g)}} (1)$$

3.4.12 Teor de acidez graxa

A determinação de acidez graxa foi realizada de acordo com o método nº 939.05 da AOAC (2012). O método fundamenta-se na extração e posterior titulação dos ácidos graxos livres presentes nas amostras com solução padrão alcalina, usando indicador fenolftaleína.

3.5 AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DA FARINHA

3.5.1 Moagem experimental

A moagem do trigo foi realizada em moinho piloto (modelo CD1, Chopin, França), de acordo com o método número 26-10 da AACCI (2010), através de uma passagem pelo sistema de quebra e duas passagens pelo sistema de redução. A porcentagem de farinha de quebra e extração de farinha foi determinada.

3.5.2 Teor de glúten

A análise de teor de glúten foi realizada pelo método nº 38-12.02 da AACCI (2010), em equipamento Sistema Glutomatic (modelo 2100, Perten Instruments, EUA), que fornece valores de índice de glúten, glúten úmido e glúten seco.

3.5.3 Perfil colorimétrico

A cor das farinhas foi determinada pelo emprego do equipamento Espectrofotômetro de Reflectância Difusa (modelo ColorQuest II, Hunter Lab, EUA) com sensor ótico geométrico de esfera. O aparelho foi calibrado com cerâmica, realizando-se a leitura por reflexão e utilizando-se ângulo de observação de 2°, iluminante D75 e iluminante secundário D65. No sistema Hunter de cor, corrigido pela CIE, os valores L* (luminosidade) variam entre zero (preto) e 100 (branco), -a* (verde) até +a* (vermelho), e -b* (azul) a +b* (amarelo). As amostras, apresentando opacidade comprovada e granulométrica inferior a 250 µm foram transferidas para cubetas de quartzo, compactadas, colocadas sobre o sensor ótico de 1" e a leitura foi realizada em quadruplicata.

3.5.4 Farinografia

O comportamento das farinhas durante o processo de mistura foi avaliado segundo o método nº 54-21.02 da AACCI (2010), em equipamento promilógrafo (modelo T6-E, Koloman Egger, Áustria) utilizando 200 g de farinha de trigo. Os parâmetros avaliados foram absorção de água; tempo de desenvolvimento da massa, índice de tolerância à mistura e estabilidade da massa.

3.5.5 Alveografia

As propriedades viscoelásticas das farinhas foram analisadas utilizando o método nº 54-30.02 da AACC (2010), em alveógrafo (modelo NG, Chopin, França). Os parâmetros considerados foram: tenacidade (P), que mede a pressão máxima necessária para expandir a massa, expressa em milímetros (mm); extensibilidade (L), que mede a capacidade de extensão da massa sem se romper, expressa em mm; relação entre P/L; índice de intumescimento (G),

força de glúten (W), que representa o trabalho de deformação da massa, expressa em 10^{-4} J e índice de elasticidade (Ie), que permite prever o comportamento reológico da massa.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O processamento de dados e a análise estatística foram realizados com o uso do programa estatístico Sisvar[®] Versão 4.3, Build 75. A significância dos dados foi testada pela análise de variância (Anova) a 0,05 de probabilidade de erro e, nos modelos significativos, as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey 95% de intervalo de confiança.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão apresentados e discutidos com referência aos atributos de qualidade dos grãos de trigo armazenados no sistema a granel em ambiente natural e resfriados pelo período de seis meses.

4.1 QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO ARMazenADOS

4.1.1 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica do trigo aumentou significativamente ($p \leq 0,05$) com o período de armazenamento em todos os tratamentos estudados (Tabela 3).

Tabela 3 - Condutividade elétrica de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cmg}$)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	15,31 ^{aB} ±0,25	15,67 ^{aB} ±0,25	16,43 ^{bB} ±1,39	19,70 ^{bA} ±2,15
TR	14,78 ^{aB} ±0,39	13,68 ^{bB} ±1,01	18,76 ^{aA} ±0,25	19,39 ^{bA} ±1,12
TD	14,97 ^{aC} ±0,40	16,56 ^{aC} ±1,17	19,49 ^{aB} ±0,48	22,16 ^{aA} ±0,84

Resultados são médias de seis determinações \pm desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O maior valor de condutividade elétrica foi verificado no trigo armazenado em ambiente resfriado artificialmente com terra de diatomácea (TD), atingindo 22,16 $\mu\text{S}/\text{cmg}$ aos seis meses. O aumento da condutividade elétrica indica que está ocorrendo no grão de trigo um processo de deterioração das camadas externas e da parede celular, bem como a perda de vigor durante o período de armazenamento (COSTA et al., 2010). O aumento de condutividade elétrica também foi verificado por Alencar et al. (2008) que ao estudarem a qualidade de grãos de soja armazenados. Os autores inferiram que os maiores teores de água contribuem para a deterioração dos grãos devido à desnaturação da membrana celular provocando redução da taxa respiratória. Esta correlação foi observada neste trabalho em que os valores de teor de água e de condutividade elétrica foram maiores para o tratamento TD.

Paraginski et al. (2015) observaram menores valores de condutividade elétrica nos grãos armazenados em baixas temperaturas, o que permitiu a manutenção de qualidade por períodos mais longos. De acordo com Rigueira et al. (2009), o resfriamento artificial é uma técnica

econômica e eficaz para a manutenção da qualidade, pois reduz a taxa respiratória dos grãos, retarda o desenvolvimento dos insetos-praga e da microflora, e isso pode ser observado ao longo do tempo pela avaliação da condutividade elétrica. Neste trabalho foi verificada uma variação significativa a partir do segundo mês de armazenamento sendo inferiores os valores em TR. De fato o resfriamento artificial manteve melhor qualidade do grão de trigo armazenado, desde que aliado com baixo teor de água. O maior teor de água deve ter afetado negativamente a qualidade do trigo armazenado em TD.

4.1.2 Peso do hectolitro (PH)

Os valores de peso do hectolitro variaram significativamente ($p \leq 0,05$) entre tratamentos e tempos de armazenamento, exceto para tempo do TD (Tabela 4). Os maiores valores de PH foram verificados em TI, seguidos de TR e TD. Aos seis meses de armazenamento o PH em TI foi 78,25 kg/hL, enquanto em TD de 71,35 kg/hL. Os menores valores de PH em TD foram devido à terra de diatomácea afetar o escorrimento do grão, o que levou a um aumento artificial do volume e redução da massa de grãos. Com o tempo de armazenamento não se verificou variação de PH em TD, enquanto para TI e TR os valores aumentaram significativamente.

Tabela 4 - Peso do hectolitro (PH) de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	PH (kg/hL)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	77,25 ^{aB} ± 0,0	78,16 ^{aA} ± 0,19	78,1 ^{aA} ± 0,23	78,25 ^{aA} ± 0,15
TR	76,03 ^{bB} ± 0,02	76,64 ^{bA} ± 0,14	76,58 ^{bA} ± 0,08	76,65 ^{bA} ± 0,21
TD	71,3 ^{cA} ± 0,1	71,25 ^{cA} ± 0,21	72,03 ^{cA} ± 0,59	71,35 ^{cA} ± 0,19

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O PH não variou em TD por ser um parâmetro quantitativo, porém na condutividade elétrica os valores variaram significativamente (Tabela 3), pois nesta determinação é avaliada a qualidade fisiológica do grão. Strelec et al. (2010) observaram que o peso hectolitro diminuiu com o aumento do período de trigo armazenado por 12 meses em ambiente natural. O aumento de PH com o tempo de armazenamento pode ter ocorrido devido o curto período estudado e também pelo fato de o experimento ter iniciado após três meses de colheita do trigo. Outra razão dos valores de PH encontrados neste estudo são as condições de

armazenamento, pois tanto no ambiente resfriado quanto no ambiente natural, os valores de umidade e temperatura foram relativamente baixos. As variações de PH durante o armazenamento podem estar associadas com teor de umidade de grãos (KARAOGLU et al., 2010). O resfriamento artificial manteve a qualidade dos grãos de trigo durante o armazenamento e as baixas variações de PH observadas indicaram manutenção da conservabilidade.

4.1.3 Massa de mil grãos (MMG)

Os resultados de MMG não variaram significativamente ($p>0,05$) entre tratamentos e tempos de armazenamento estudados (Tabela 5). As condições ocorridas nos tratamentos preservaram de forma similar a qualidade dos grãos armazenados. Thakor et al. (2012) relataram que MMG diminui com o tempo de armazenamento em ambiente natural.

Tabela 5- Massa de mil grão de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	Massa de mil grãos (g)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	32,32 ^{aA} ±0,05	32,28 ^{aA} ±0,27	32,33 ^{aA} ±0,27	32,35 ^{aA} ±0,05
TR	32,35 ^{aA} ±0,18	32,31 ^{aA} ±0,03	31,31 ^{aA} ±0,03	32,34 ^{aA} ±0,05
TD	32,37 ^{aA} ±0,03	32,27 ^{aA} ±0,06	32,28 ^{aA} ±0,06	32,30 ^{aA} ±0,06

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

A ausência de alterações na massa de mil grãos indicou uma baixa taxa de metabolismo em todos os tratamentos no período de armazenamento estudado, pois os grãos foram mantidos limpos, íntegros e secos. Mesmo no tratamento com armazenamento em ambiente natural as condições foram favoráveis devido à ausência de pragas pelo uso do inseticida pirimifós-metil. A ausência de variações de MMG ao longo do tempo pode ter sido em virtude do curto período de armazenamento e a realização em época com poucas variações de umidade relativa do ar e temperatura ambiente. Mas ainda assim pode-se notar que existe uma tendência positiva para a melhor preservação dos grãos, quando armazenados resfriados.

4.1.4 Germinação

Os valores das análises de germinação dos grãos normais e dos grãos não germinados não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$), enquanto para a germinação de grãos anormais houve variação entre os tratamentos estudados (Tabela 6). Embora tenha apresentado variações, a germinação de grãos anormais não apresentou uma tendência em relação aos tratamentos. Com o tempo de armazenamento ocorreu um aumento significativo da germinação, com valores passando de 94,20% para 96,84%, em média.

Alencar et al. (2008) ao avaliar efeitos das condições de armazenagem em grãos de soja por 12 meses verificaram um decréscimo na capacidade germinativa quando os grãos apresentaram umidade de 14,8%. Neste trabalho, as condições de umidade do grão, bem como de temperatura foram muito favoráveis à manutenção da qualidade fisiológica do grão.

Tabela 6- Germinação do trigo armazenado no sistema a granel ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Germinação de grãos normais (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	93,33 ^{ab} ±1,15	93,04 ^{aB} ±2,16	95,62 ^{aAB} ±2,09	96,79 ^{aA} ±0,53
TR	94,33 ^{aC} ±0,57	95,04 ^{aBC} ±1,37	96,37 ^{aAB} ±0,72	96,83 ^{aA} ±0,56
TD	95,00 ^{ab} ±1,00	95,41 ^{aB} ±0,99	96,12 ^{aAB} ±0,94	96,91 ^{aA} ±0,40
Germinação de grãos anormais (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	2,00 ^{aAB} ±0,00	4,00 ^{aA} ±0,12	1,42 ^{ab} ±1,03	0,21 ^{ab} ±0,33
TR	0,67 ^{bAB} ±1,00	1,83 ^{bA} ±0,71	0,33 ^{bB} ±0,34	0,17 ^{ab} ±0,30
TD	1,66 ^{abA} ±0,57	0,71 ^{bB} ±0,45	0,50 ^{abB} ±0,27	0,29 ^{ab} ±0,29
Grãos não germinados (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	4,67 ^{aA} ±1,15	3,04 ^{aA} ±0,79	2,96 ^{aA} ±1,37	3,08 ^{aA} ±0,40
TR	5,00 ^{aA} ±1,00	3,13 ^{ab} ±0,74	3,29 ^{aAB} ±0,53	3,08 ^{ab} ±0,25
TD	3,33 ^{aA} ±0,57	2,96 ^{aA} ±1,11	3,63 ^{aA} ±1,52	2,79 ^{aA} ±0,57

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

4.1.5 Envelhecimento acelerado

Os valores dos resultados de envelhecimento acelerado dos grãos normais, anormais e dos grãos não germinados não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) (Tabela 7). Com o

tempo de armazenamento ocorreu uma redução significativa da germinação, com valores passando de 95,22% para 90,36%, em média.

Tabela 7- Envelhecimento acelerado (EA) do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

EA normais (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	94,66 ^{aA} ±1,15	93,41 ^{aA} ±1,20	93,08 ^{aA} ±0,73	90,67 ^{aB} ±1,03
TR	96,00 ^{aA} ±0,00	93,16 ^{aAB} ±2,52	93,41 ^{aAB} ±0,80	90,75 ^{aB} ±1,86
TD	95,00 ^{aA} ±1,00	94,00 ^{aA} ±0,94	93,58 ^{aA} ±0,58	89,67 ^{aB} ±2,54
EA anormais (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	3,33 ^{aA} ±1,15	1,41 ^{aB} ±1,02	1,08 ^{aB} ±0,73	1,25 ^{aB} ±0,41
TR	1,33 ^{aA} ±1,15	0,83 ^{aA} ±0,81	1,75 ^{aA} ±1,29	1,42 ^{aA} ±1,02
TD	1,33 ^{aA} ±1,15	1,08 ^{aA} ±0,91	1,58 ^{aA} ±1,06	1,25 ^{aA} ±0,41
EA não germinados (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	2,66 ^{aC} ±1,54	5,33 ^{aB} ±1,03	5,91 ^{aB} ±1,31	8,08 ^{aA} ±0,97
TR	2,66 ^{aB} ±1,54	6,04 ^{aAB} ±2,50	4,83 ^{aAB} ±1,21	7,83 ^{aA} ±1,96
TD	4,66 ^{aB} ±1,00	4,91 ^{aB} ±1,31	4,83 ^{aB} ±0,98	9,08 ^{aA} ±2,81

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

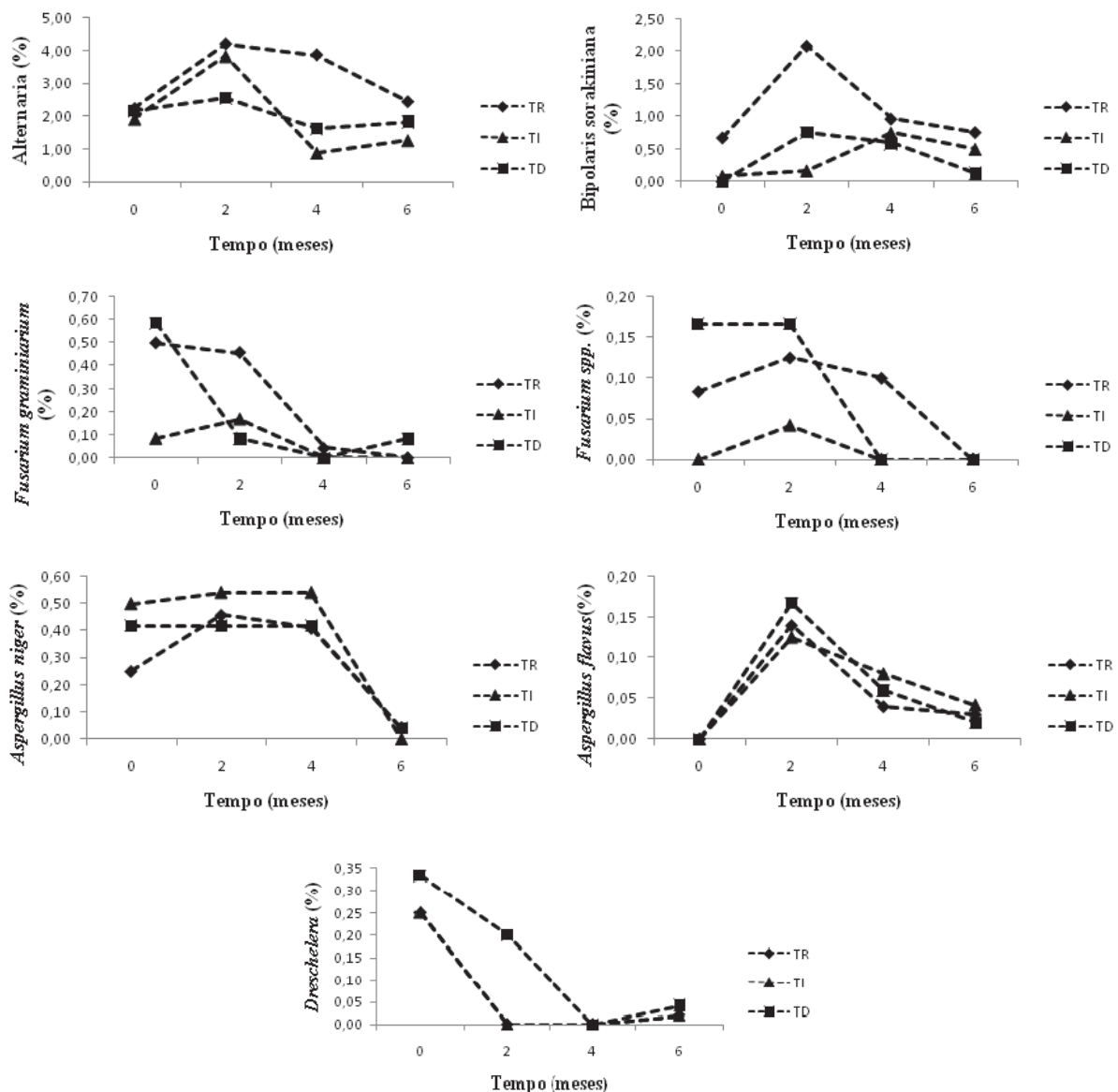
O efeito do tempo de armazenamento foi maior no EA comparado com a germinação dos grãos de trigo. Isto pode ser explicado pelo fato de o teste de germinação ser realizado em condições ótimas para ocorrer à germinação, enquanto no teste de EA, as condições para a germinação simulam o ambiente no campo com temperatura e umidade relativa adversas (MARCOS FILHO, 1999b; TORRES; MARCOS FILHO, 2001). Com o teste de EA foi demonstrado a redução da qualidade fisiológica dos grãos no período de armazenamento estudado, fato não verificado no teste de germinação (Tabela 6).

Os resultados de EA apresentam relação com condutividade elétrica. A redução de EA foi influenciada pelo tempo de armazenamento, antecipando a informação de uma diminuição da capacidade germinativa, fato não verificado neste trabalho em função do período de tempo estudado. Esta mesma indicação foi fornecida na análise de condutividade elétrica, pois os valores aumentaram com o tempo de armazenamento. Estes resultados estão em acordo com a literatura.

4.1.6 Fungos

A contagem dos fungos *Alternaria*, *Bipolaris sorokiniana*, *Dreschelera*, *Fusarium spp*, *Fusarium graminearum*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Bipolaris spp*, *Septoria nodorum* com diferenças entre tratamentos e reduziu com o tempo de armazenamento (Figura 6). Um dos gêneros de fungos predominantes no trigo é a *Alternaria*. Este fungo se mostrou dominante em todos os tratamentos e tempos de armazenamento. Os valores variaram entre 4,21% e 0,88 % de contaminação, em média.

Figura 6—Contagem dos fungos x, y, z em trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses



O fungo *Bipolaris sorokiniana* não apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$). A contagem dos fungos *Dreschlera* e *Fusarium spp.* Se manteve inalterado nos tratamentos estudados. Para o fungo *Fusarium graminearum* foi verificada redução ao longo do tempo de armazenamento, apresentando diferença significativa ($p \leq 0,05$) (dados não apresentados). Os fungos *Bipolaris spp* e *Septoria nodorum* não apresentaram incidência significativas ($p > 0,05$) durante o armazenamento.

Para os fungos *Aspergillus niger* e *Aspergillus flavus* houve incidência no início do armazenamento, ressaltando que estes fungos podem estar presentes em grãos recém colhidos e reduzem a proliferação ao longo do armazenamento. No tempo dois meses, houve maior incidência desses fungos, porém aos seis meses ocorreu uma diminuição considerável. As baixas ocorrências destes fungos nas duas condições de armazenamento, tanto TR quanto TI podem ser atribuídas aos baixos teores de água no grão, que em geral desfavorecem o desenvolvimento (FLEURAT-LESSARD, 2017).

A redução da temperatura de armazenamento do grão limitou o crescimento fúngico. Este comportamento foi observado com *A. flavus*, apresentado redução ao longo do armazenamento com o uso de baixas temperaturas (LAHOUAR et al., 2016). Os baixos valores na contagem de fungos nos grãos armazenados indicaram que as condições foram favoráveis para a manutenção das qualidades fisiológica e tecnológica dos grãos de trigo.

4.1.7 Composição química

No trigo armazenado foi determinado umidade, proteínas, lipídios, acidez graxa e cinzas, constituintes que influenciam diretamente nas características físico-químicas e reológicas, sendo variáveis determinantes na qualidade fisiológica e tecnológica dos grãos.

4.1.7.1 Umidade

A umidade do trigo é considerada um dos parâmetros mais importantes durante o armazenamento. As variações do teor de umidade dos grãos de trigo armazenados em diferentes condições ao longo de seis meses estão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Umidade dos grãos do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	Umidade (%)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	12,68 ^{aA} ±0,03	12,27 ^{aAB} ±0,29	10,98 ^{aC} ±0,35	12,02 ^{bb} ±0,13
TR	12,51 ^{bA} ±0,01	12,23 ^{aA} ±0,13	11,48 ^{aA} ±0,33	12,11 ^{abA} ±0,06
TD	12,71 ^{aA} ±0,05	11,94 ^{aB} ±0,24	10,90 ^{aC} ±0,26	12,25 ^{aB} ±0,07

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Os resultados de umidade variaram significativamente ($p\leq 0,05$) entre tratamentos e tempos de armazenamento. Os maiores valores de umidade foram verificados em TD, sem diferir de TR no tempo seis meses. Com o tempo de armazenamento se verificou redução do teor de água nos tratamentos TI e TD. A redução de água em TI pode estar relacionada com as variações de umidade relativa do ar ambiente e temperatura. Porém, estes valores foram mínimos e possivelmente não comprometeram as condições de conservação dos grãos.

Quando os grãos estão mantidos em baixos níveis de umidade e temperatura, os fatores respiração do grão, migração de umidade, aquecimento da massa tem os seus efeitos reduzidos, preservando assim a qualidade do grão armazenado. Isso vai de acordo com Laca et al. (2006), que mantiveram os grãos com 13 % de umidade e em umidade relativa do ar constante verificaram manutenção de qualidade dos grãos durante o armazenamento. Como houve pouca variação de umidade, não se teve problemas durante o armazenamento para todos os tratamentos. Quando se mantêm o grão armazenado com temperatura e umidade adequadas o grão fica em bom estado por longos períodos (FLEURAT-LESSARD, 2017).

4.1.7.2 Proteínas

Os resultados de teor de proteína bruta dos grãos de trigos variaram significativamente entre tratamentos no tempo seis meses ($p\leq 0,05$) e com o aumento do período de armazenamento, apresentando valores de 12,27% no tempo zero e 10,26% no tempo seis meses, em média. Os maiores valores de proteínas foram verificados em TD (Tabela 9).

As proteínas do trigo são sensíveis ao armazenamento, por isso a mesma foi utilizada como um dos indicadores de qualidade do grão armazenado. Em consonância com este trabalho, Polat (2013) relatou uma diminuição de teor de proteína bruta em diferentes tipos de armazenamento, observando redução com o aumento do tempo de armazenamento (12 meses). No entanto, Gutkoski et al. (2009) encontraram um acréscimo no teor de proteínas no

período de 12 meses de armazenamento. Neste trabalho, a redução de proteínas pode ter ocorrido devido o próprio metabolismo do grão. Bhattacharya e Raha (2002) afirmam que a proteína bruta serve como fonte preliminar de carbono e nitrogênio para o crescimento e o metabolismo dos fungos. Porém, as condições de armazenamento de grãos empregadas neste trabalho não foram propícias para o crescimento de fungos, logo este fator não influenciou na quantificação de proteínas bruta.

Tabela 9 - Teor de proteína bruta de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	Proteínas (%)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	12,30 ^{aA} ±0,26	11,02 ^{aB} ±0,28	10,59 ^{aB} ±0,37	10,13 ^{bC} ±0,05
TR	12,09 ^{aA} ±0,13	11,05 ^{aB} ±0,29	10,62 ^{aC} ±0,26	10,20 ^{bC} ±0,23
TD	12,43 ^{aA} ±0,24	11,46 ^{aB} ±0,40	10,80 ^{aC} ±0,16	10,45 ^{aC} ±0,08

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

4.1.7.3 Lipídios

O teor de lipídios dos grãos de trigo reduziu com o período de armazenamento nos tratamentos TI e TR (Tabela 10) e no TD não apresentou diferença significativa ($p>0,05$). A redução no teor de lipídios está diretamente relacionada com a velocidade e intensidade do processo deteriorativo dos grãos. Segundo Marini et al. (2005) a velocidade das alterações dos lipídios depende da umidade, da temperatura e do tempo de armazenamento. Isto mostra que os lipídios nos grãos se degradam com o tempo que fica armazenado e assim reduz o índice lipídico.

Essa redução pode ser explicada pelo fato dos lipídios presentes nos grãos estarem na forma de triglicerídeos, e a sua hidrólise, em ácidos graxos livres e glicerol durante o armazenamento ocorreu devido à respiração do próprio grão, dos processos de oxidação, da ação de enzimas, dentre outros fatores. O grau de degradação da fração lipídica é proporcional e mais suscetível em relação aos demais constituintes presentes nos grãos (ELIAS et al., 2009). Estes resultados estão em acordo com os obtidos por Rupollo et al. (2004) e Marini et al. (2005), os quais também verificaram redução no teor de lipídios com o aumento do tempo de armazenamento dos grãos de trigo.

Tabela 10 – Teor de lipídios dos grãos do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	Lipídios (%)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	2,71 ^{aA} ±0,05	2,54 ^{abA} ±0,14	2,61 ^{aA} ±0,19	2,26 ^{aB} ±0,08
TR	2,71 ^{aA} ±0,21	2,67 ^{aA} ±0,07	2,58 ^{aA} ±0,04	2,22 ^{aB} ±0,05
TD	2,55 ^{aA} ±0,07	2,44 ^{bA} ±0,13	2,38 ^{aA} ±0,29	2,20 ^{aA} ±0,09

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

4.1.7.4 Cinzas

O teor de cinzas dos grãos de trigo não variou entre tratamentos e tempos de armazenamento ($P>0,05$), exceto para TI (Tabela 11). O aumento do teor de cinzas com no armazenamento de trigo ocorre devido à degradação da fração orgânica, pois a atividade metabólica dos grãos e de microrganismos associados consome nutrientes e produz gás carbônico, água, calor e outros compostos, alterando a proporção de minerais no grão. Dessa forma, a determinação do teor de cinzas assume valores proporcionalmente maiores na medida em que a matéria orgânica é consumida (POSNER e HIBBS, 1999). Neste trabalho foi verificado manutenção dos teores de cinzas nos grãos armazenados pelo período de 6 meses. Esta ausência de variação foi devido às condições de armazenamento empregadas, pois tanto no TI, quanto em TR e TD o ataque de pragas não correu e a incidência de fungos foi baixa, pois as variáveis umidade e temperatura de grãos não foram favoráveis, o que levou à manutenção das qualidades fisiológica e tecnológica.

Tabela 11 – Teor de cinzas dos grãos do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	Cinzas (%)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	1,52 ^{aA} ±0,03	1,51 ^{aAB} ±0,02	1,50 ^{aAB} ±0,01	1,48 ^{aB} ±0,02
TR	1,52 ^{aA} ±0,02	1,51 ^{aA} ±0,00	1,50 ^{aA} ±0,02	1,49 ^{aA} ±0,03
TD	1,51 ^{aA} ±0,01	1,52 ^{aA} ±0,01	1,51 ^{aA} ±0,02	1,51 ^{aA} ±0,01

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

4.1.7.5 Acidez graxa

A avaliação de acidez graxa se constitui em um eficiente parâmetro para a avaliação da conservabilidade de grãos durante o armazenamento. A Tabela 12 apresenta os dados de acidez graxa de grãos armazenados.

Tabela 12 – Acidez graxa dos grãos do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	Acidez graxa (%)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	0,14 ^{aA} ±0,02	0,14 ^{abA} ±0,00	0,11 ^{bA} ±0,01	0,12 ^{aA} ±0,04
TR	0,13 ^{aAB} ±0,00	0,13 ^{bAB} ±0,02	0,14 ^{aA} ±0,00	0,11 ^{aB} ±0,01
TD	0,15 ^{aA} ±0,01	0,15 ^{aA} ±0,01	0,13 ^{aAB} ±0,00	0,10 ^{aB} ±0,03

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

A acidez graxa dos grãos de trigo variou significativamente ($p\leq 0,05$) entre tratamentos e tempos. Os valores nos grãos variaram de 0,15 a 0,10%, em média. A acidez graxa serve como indicador do processo de rancidez hidrolítica dos lipídios e à medida que o teor aumenta indica alterações na qualidade do grão (BRASIL, 2005). Nithya et al. (2011), estudando o armazenamento de grãos de trigo verificaram que a acidez graxa das amostras aumentou com o aumento do tempo de armazenamento. Neste trabalho, os valores de acidez graxa apresentaram comportamento inverso, e isso pode ser explicado em virtude dos grãos de trigo estarem armazenados em condições favoráveis devido a poucas variações de umidade relativa do ar e temperatura ambiente. Embora se tenha verificado diminuição na acidez, os valores ainda podem ser considerados baixos. A redução de acidez graxa no final do armazenamento pode ter ocorrido em função da oxidação dos ácidos graxos liberados na rancidez hidrolítica.

4.2 AVALIAÇÕES DE QUALIDADE DA FARINHA DE TRIGO

4.2.1 Cor

Os valores médios da coordenada de cromaticidade L^* variaram significativamente ($p\leq 0,05$) entre os tratamentos e tempos (Tabela 13). O maior valor encontrado foi no tratamento TR no tempo seis meses e os menores valores nos tratamentos TI e TD. O grão quando armazenados por períodos mais longos a condições favoráveis, se espera que a farinha

apresente característica de cor mais próximo do branco. Assim como neste estudo, Ortolan et al. (2008) verificaram que com o tempo de armazenamento resfriado teve uma tendência ao aumento nos valores de luminosidade.

Tabela 13 – Avaliação de cor do parâmetro L*(luminosidade) das farinhas de grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	Cor L*			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	90,46 ^{cA} ±0,00	90,63 ^{bA} ±0,26	90,55 ^{bA} ±0,26	89,89 ^{cB} ±0,08
TR	90,55 ^{bC} ±0,03	91,34 ^{aA} ±0,25	91,03 ^{aB} ±0,12	91,77 ^{aA} ±0,26
TD	90,79 ^{aA} ±0,02	90,37 ^{bA} ±0,21	90,37 ^{bB} ±0,26	90,28 ^{bB} ±0,14

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

No TD a coordenada L* pode ter sido afetado pelos resíduos de terra de diatomácea presentes na farinha, reduzindo assim as medidas do L*. Freo et al. (2011), observaram que resíduos de terra de diatomácea ficaram presentes na farinha durante o armazenamento, reduzindo assim as medidas de luminosidade. Também Gutkoski et al. (2008) e Ortolan et al. (2010), descobriram que a redução da coordenada L* pode estar relacionada ao teor de farelo ou material estranho remanescente na farinha, bem como à quantidade de pigmentos, que sofrem oxidação durante o período de armazenamento.

Para o parâmetro de cromaticidade a*, os valores médios variaram significativamente ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos e tempos (Tabela 14). O tratamento que apresentou menor valor no último tempo de armazenamento foi TD (-0,27). Em geral, considera-se uma farinha branca aquela que tiver o valor de a* próximo à zero (inferior a 0,5 ou negativo). Com o aumento do tempo de armazenamento, foi possível observar aumento nos valores da cromaticidade a*, exceto para o tratamento com adição de terra de diatomácea. Isso pode ter ocorrido, pois a terra de diatomácea pode influenciar na cor da farinha, por apresentar uma coloração cinza claro, ou seja, deixa resíduos no produto. Além disso, a cromaticidade a* mostra que os tratamentos apresentaram valores negativos, e sendo assim, uma coloração mais esverdeada.

Tabela 14 – Avaliação de cor do parâmetro de cromaticidade a* (-a*=verde; +a*= vermelho) das farinhas de grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	Cor a*			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	0,08 ^{aA} ±0,00	-0,18 ^{bC} ±0,04	-0,10 ^{aB} ±0,06	-0,03 ^{aB} ±0,01
TR	0,00 ^{bA} ±0,00	-0,07 ^{aA} ±0,08	-0,09 ^{aA} ±0,09	-0,07 ^{aA} ±0,08
TD	-0,15 ^{cA} ±0,00	-0,14 ^{abA} ±0,03	-0,25 ^{bB} ±0,02	-0,27 ^{bB} ±0,02

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p>0,05).

Para o parâmetro de cromaticidade b*, os resultados variaram significativamente (p≤0,05) entre os tempos e tratamentos (Tabela 15). Os maiores valores foram encontrados no tratamento TI e os menores nos tratamentos TR e TD no período de seis meses de armazenamento. Os tratamentos apresentaram tendência à coloração amarelada. As variações no resultados da cromaticidade b* podem ser devido ao processo natural de maturação dos grãos de trigo que quando submetidos a maiores tempo de armazenamento reduzem as taxas oxidativas.

Tabela 15 – Avaliação de cor do parâmetro de cromaticidade +b* (amarelo) das farinhas de grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	Cor b*			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	11,52 ^{aA} ±0,02	10,96 ^{aB} ±0,17	11,70 ^{aA} ±0,28	11,72 ^{aA} ±0,08
TR	11,40 ^{aA} ±0,08	11,20 ^{aA} ±0,12	11,38 ^{abA} ±0,11	11,23 ^{bA} ±0,12
TD	11,21 ^{bA} ±0,01	10,15 ^{bB} ±0,35	11,17 ^{bA} ±0,24	11,42 ^{bA} ±0,18

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p>0,05).

O comportamento durante o período de armazenamento de seis meses foi muito distinto entre os diferentes tratamentos, mostrado pelas diferenças significativas para os parâmetros de cor avaliados. Os resultados obtidos comprovam que as mesmas possuem coordenadas de cromaticidade com tendência ao verde (-a*) e amarelo (+b*). Esta relação da luminosidade encontrada nas amostras de farinha pode ser também resultante do aumento de armazenamento dos grãos de trigo, pois conforme Ortolan et al., (2010), com o aumento do armazenamento do trigo, pode ter elevação na luminosidade e redução nos valores das coordenadas de cromaticidade, sendo assim, é algo que afeta a farinha após o processamento do trigo. O armazenamento feito corretamente, mantendo o grão limpo, íntegro e seco, sem

alterações de umidade e temperatura, e em ambiente resfriado resulta em farinhas com maior estabilidade de cor e reduz a velocidade das reações oxidativas.

4.2.2 Número de queda

O número de queda da farinha dos grãos de trigo variou significativamente entre tratamentos e tempos, exceto para o TI (Tabela 16).

Tabela 16 – Número de queda (NQ) das farinhas de grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	NQ (segundos)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	358,00 ^{abA} ±1,00	354,83 ^{bA} ±5,11	352,66 ^{aA} ±6,98	348,08 ^{aA} ±5,63
TR	356,66 ^{bAB} ±1,15	359,16 ^{abA} ±5,54	350,50 ^{aAB} ±6,17	342,66 ^{aB} ±5,37
TD	360,66 ^{aA} ±1,15	364,50 ^{aA} ±6,12	354,16 ^{aAB} ±6,21	340,75 ^{aB} ±3,53

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O número de queda apresenta relação inversa com a atividade da alfa-amilase (PERTEN INSTRUMENTS, 2010). Assim pode dizer que houve aumento na atividade da alfa-amilase ao longo do período de armazenamento. González-torralba et al.(2013) verificaram aumento no número de queda com o tempo de armazenamento. No presente estudo os valores de NQ diminuíram para os tratamentos resfriados no tempo seis meses. Contudo, não se evidenciou pelos dados obtidos, que a temperatura de armazenamento mais baixa tenha inibido a atividade da enzima no período de tempo avaliado.

4.2.3 Glúten

O glúten é uma medida quantitativa da formação de proteínas de farinha que são responsáveis pela formação da massa. Na Tabela 17 são apresentados os índices de glúten úmido (GU), glúten seco (GS) e índice de glúten (IG) durante os seis meses de armazenamento.

Tabela 17 – Glúten úmido (GU), glúten seco (GS) e índice de glúten (IG) das farinhas de grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Glúten úmido (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	35,22 ^{aA} ±0,20	35,27 ^{aA} ±0,71	34,52 ^{aAB} ±0,39	33,99 ^{aB} ±0,35
TR	34,41 ^{bA} ±0,22	35,25 ^{aA} ±1,18	36,11 ^{aA} ±3,10	34,41 ^{aA} ±0,46
TD	33,71 ^{cA} ±0,15	34,60 ^{aA} ±1,60	34,00 ^{aA} ±0,40	33,25 ^{bA} ±0,44
Glúten seco (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	11,48 ^{aA} ±0,18	11,53 ^{aA} ±0,27	11,50 ^{abA} ±0,11	11,28 ^{bA} ±0,23
TR	11,17 ^{abA} ±0,16	11,50 ^{aA} ±0,00	12,27 ^{aA} ±1,06	11,61 ^{aA} ±0,15
TD	10,92 ^{bA} ±0,04	11,26 ^{aA} ±0,34	11,23 ^{bA} ±0,10	11,04 ^{bA} ±0,12
Índice de Glúten (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	87,94 ^{aA} ±1,53	88,89 ^{aA} ±1,89	85,09 ^{aA} ±4,71	87,07 ^{aA} ±6,47
TR	87,60 ^{aAB} ±1,10	89,15 ^{aAB} ±5,88	82,36 ^{aB} ±2,74	92,88 ^{aA} ±2,30
TD	87,56 ^{aAB} ±0,58	91,78 ^{aA} ±2,56	82,94 ^{aB} ±5,56	88,96 ^{aA} ±1,38

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Na análise de glúten úmido os resultados variaram significativamente entre tratamentos e tempos ($p \leq 0,05$). Os maiores valores de GU no último tempo de armazenamento foram nos tratamentos TI e TR e os menores valores para o tratamento TD. Segundo Freo et al. (2014), a terra de diatomácea pode deixar resíduos que alteram a constante dielétrica, ou iônica, da solução aquosa, conduzindo à formação de precipitação de proteínas de glúten. As variações ocorridas no GU podem ter ocorrido em virtude do tempo de armazenamento ter influenciado o parâmetro de glúten úmido. Além disso, a umidade relativa e temperatura podem ter influenciado. Karaoglu et al. (2010) avaliaram mudanças no glúten úmido com o aumento do tempo de trigo armazenado em ambiente natural.

O teor de glúten seco apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos, sendo verificado maior valor apresentado para o tratamento TR (11,61%). Os resultados de glúten úmido e seco não apresentaram tendência de aumento no período de armazenamento estudado. Como o glúten desempenha um papel importante nas propriedades reológicas da massa (WANG et al., 2015), esta análise é fundamental na caracterização do trigo.

O índice de glúten apresentou diferenças entre os tempos ($p \leq 0,05$) nos tratamentos TR e TD. É um parâmetro que indica a qualidade da farinha. A farinha para panificação deve

apresentar índice de glúten maior que 90% (KARAOGLU et al., 2010). Porém, apenas o tratamento TR apresentou valores acima de 90% no final do armazenamento. Isso pode ter ocorrido pelo fato de o resfriamento ter afetado positivamente a qualidade tecnológica da farinha de trigo.

4.2.4 Farinografia

A farinografia foi avaliada por ser um dos mais completos e sensíveis testes para a avaliação da qualidade de mistura da massa de farinha de trigo. A Tabela 18 apresenta os parâmetros farinográficos de absorção de água (ABS), tempo de desenvolvimento (TD), estabilidade e índice de tolerância a mistura (TDM).

Tabela 18 –Farinografia das farinhas de grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Farinografia ABS (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	62,30 ^{aC} ±0,10	65,15 ^{aA} ±0,57	63,46 ^{aB} ±0,47	63,32 ^{aB} ±0,44
TR	60,48 ^{cC} ±0,02	64,60 ^{aA} ±0,49	63,49 ^{aAB} ±1,25	62,51 ^{aB} ±0,46
TD	61,43 ^{bA} ±0,11	62,55 ^{bA} ±1,12	62,70 ^{aA} ±1,11	61,29 ^{bA} ±0,94
Farinografia TD (minutos)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	6,33 ^{aA} ±0,05	6,76 ^{aA} ±0,42	7,08 ^{aA} ±0,58	6,70 ^{aA} ±0,24
TR	6,20 ^{aB} ±0,20	6,458 ^{aB} ±0,20	6,62 ^{aAB} ±0,29	7,10 ^{aA} ±0,49
TD	6,10 ^{aB} ±0,10	6,92 ^{aA} ±0,44	6,61 ^{aAB} ±0,36	6,66 ^{aAB} ±0,20
Farinografia Estabilidade (minutos)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	8,10 ^{aB} ±0,1	9,86 ^{abA} ±0,69	9,45 ^{bAB} ±0,85	9,23 ^{bAB} ±0,57
TR	8,00 ^{aC} ±0,1	9,02 ^{aBC} ±0,48	10,68 ^{aA} ±0,65	10,02 ^{abAB} ±0,89
TD	8,03 ^{aC} ±0,05	9,94 ^{aAB} ±0,60	9,37 ^{bB} ±0,35	10,52 ^{aA} ±0,53
Farinografia ITM (Unidades Farinográficas)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	106,66 ^{bA} ±0,57	102,16 ^{abA} ±6,61	92,16 ^{aA} ±8,04	97,91 ^{aA} ±3,26
TR	109,00 ^{aAB} ±1,00	107,25 ^{aA} ±7,87	95,91 ^{aAB} ±5,23	91,66 ^{aB} ±7,58
TD	103,00 ^{cA} ±1,00	94,08 ^{bAB} ±7,26	96,50 ^{aA} ±5,75	83,58 ^{aB} ±8,71

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p>0,05).

Os valores de absorção de água variaram significativamente ($p \leq 0,05$) entre tratamentos e tempos. Os maiores valores encontrados foi para os tratamentos TI e TR e os menores valores para o tratamento TD. As farinhas com elevada qualidade tecnológica para produção de pães são aquelas que apresentam absorção de água entre 60 e 64% (JUNQUEIRA et al., 2007), que esta em acordo com os resultados deste trabalho. Os resultados indicaram um efeito positivo no armazenamento do trigo sobre a capacidade da farinha de absorver água durante o amassamento da massa de pão, para todas as condições.

O tempo de desenvolvimento apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) apenas entre tempos de armazenamento. Os valores variaram entre 6,21 UF no tempo zero e 6,82 UF no último tempo, em média.

A estabilidade apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamentos e tempos de armazenamento. A farinha de trigo considerada de boa qualidade é aquela que apresenta tempo de estabilidade de 7,5 min ou mais (FERNANDES et al., 2008). No presente estudo estes foram superiores. A estabilidade da massa é um parâmetro indicador de resistência ao amassamento e qualidade tecnológica. Os valores de estabilidade de massas dependem, em grande parte, do número de ligações entre as moléculas de proteínas presentes no glúten, bem como da força destas ligações (INDRANI; RAO, 2007).

O índice de tolerância à mistura apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os tempos e tratamentos, exceto para TI. Esse parâmetro permite classificar a farinha sendo ela forte ou fraca, assim quanto menor o valor de índice de tolerância a mistura mais forte é a farinha (ALMEIDA et al., 2010). Todos os tratamentos foram considerados com média força.

Os resultados de farinografia possibilitaram classificar a farinha como própria para panificação. Com os resultados obtidos no presente estudo pode afirmar que o armazenamento resfriado melhora as propriedades tecnológicas de farinha de trigo.

4.2.5 Alveografia

A alveografia é um teste que simula o comportamento da massa na fermentação, avaliando as características viscoelásticas da massa. Os resultados obtidos para o teste de alveografia foram tenacidade (P), extensibilidade (L), relação P/L e força de glúten (W) (Tabela 19).

Tabela 19 -Alveografia dos tratamentos ao longo do armazenamento com os parâmetros P, L, P/L e W das farinhas dos grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Alveografia P (mmH ₂ O)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	94,00 ^{aA} ±1,00	91,50 ^{aA} ±2,16	91,66 ^{aA} ±6,25	83,33 ^{aB} ±1,96
TR	95,66 ^{aA} ±0,57	93,50 ^{aA} ±1,37	92,00 ^{aA} ±1,09	84,66 ^{aB} ±3,66
TD	90,66 ^{bB} ±0,57	91,83 ^{aAB} ±1,60	94,00 ^{aA} ±1,78	84,66 ^{aC} ±1,51
Alveografia L (mm)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	85,00 ^{bB} ±1,00	97,66 ^{aB} ±4,45	101,00 ^{aB} ±6,06	120,16 ^{aA} ±5,41
TR	98,33 ^{aA} ±0,57	98,66 ^{aB} ±4,70	96,66 ^{aA} ±8,69	111,16 ^{aA} ±8,42
TD	83,00 ^{bC} ±1,00	99,66 ^{aB} ±7,21	98,67 ^{aB} ±2,85	119,83 ^{aA} ±3,65
Alveografia P/L				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	1,10 ^{aA} ±0,01	0,93 ^{aB} ±0,05	0,91 ^{aB} ±0,11	0,69 ^{aC} ±0,04
TR	0,97 ^{bA} ±0,01	0,93 ^{aA} ±0,04	0,96 ^{aA} ±0,11	0,77 ^{aB} ±0,13
TD	1,09 ^{aA} ±0,01	1,93 ^{aA} ±0,07	0,95 ^{aB} ±0,04	0,69 ^{aC} ±0,03
Alveografia W (J)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	210,33 ^{aB} ±0,57	238,00 ^{aA} ±4,03	234,83 ^{aA} ±3,43	244,16 ^{aA} ±6,40
TR	213,00 ^{aB} ±2,64	227,83 ^{abAB} ±4,04	225,33 ^{aAB} ±2,25	239,00 ^{aA} ±3,31
TD	209,00 ^{aC} ±1,00	222,16 ^{bBC} ±4,44	229,50 ^{aB} ±1,22	244,00 ^{aA} ±1,26

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

A tenacidade (P) variou significativamente ($p\leq 0,05$) entre tratamentos e tempos. Observou-se uma redução nos valores durante os seis meses de armazenamento. O parâmetro de tenacidade é uma propriedade de resistência da massa, fornecida principalmente pela glutenina, a qual é uma mistura heterogênea formada por vários polímeros de subunidades unidas por ligações dissulfeto intra e intermoleculares (DELCOUR; HOSENEY, 2010). Pirozi; Germani (1998) afirmaram que os grupos tióis (-SH) presentes na proteína do trigo sofrem oxidação, favorecendo a formação de pontes dissulfeto, o que fortalece o glúten e aumenta a capacidade elástica da massa. A oxidação ocorre devido à ação do oxigênio atmosférico e ou presença de agentes oxidantes na farinha de trigo.

A extensibilidade (L) variou significativamente ($p\leq 0,05$) entre tratamentos e tempos, ocorrendo aumento com o tempo de armazenamento. A extensibilidade (L) é usada para

predizer o volume do pão e avalia as propriedades da fração protéica gliadina, responsável pela capacidade de extensão da massa (DELCOUR; HOSENEY, 2010).

A relação tenacidade/extensibilidade (P/L) variou significativamente ($p \leq 0,05$) entre tratamentos e tempos, apresentando uma redução no período de seis meses de armazenamento. Esta relação expressa o equilíbrio da massa. Para a fabricação de pães o ideal é que os valores de P/L estejam entre 0,5 e 1,2 (ORTOLAN, 2010). No presente trabalho a relação P/L ficou entre 0,69 e 0,77, estas farinhas podem ser indicadas para a fabricação de pães.

A força do glúten (W) das farinhas de trigo variou significativamente ($\leq 0,05$) entre tempos e tratamentos, aumentando com o tempo de armazenamento. Os valores variaram entre 210,77 e 242,38x 10⁻⁴ J, em média. Segundo a Instrução Normativa do Trigo (BRASIL, 2010), para se enquadrar na classe pão os valores devem ficar entre 220 e 300 x 10⁻⁴J. Resultados similares relacionando tempo de armazenamento de grãos de trigo na força de glúten foram relatados por Carneiro et al. (2005) e Gutkoski et al. (2008). O resfriamento artificial melhorou a força de glúten da farinha de trigo armazenado por seis meses.

5 CONCLUSÕES

As características de qualidades tecnológica e fisiológica dos grãos de trigo se alteram durante o armazenamento em ambiente natural com inseticida e resfriado artificialmente sem ou com terra de diatomácea, ocorrendo reduções significativas ($p \leq 0,05$) nos parâmetros contagem de fungos, envelhecimento acelerado, umidade, proteínas, lipídios, número de queda, índice de tolerância à mistura, tenacidade e relação tenacidade e extensibilidade. Nas determinações de vigor, condutividade elétrica, absorção de água, estabilidade, extensibilidade e força de glúten ocorreram elevações de valores. A acidez graxa de grãos armazenados em ambiente natural com inseticida e o parâmetro luminosidade (L^*) de cor de grãos resfriados artificialmente sem terra de diatomácea aumentaram.

Com o tempo de armazenamento os valores de peso do hectolitro, massa de mil grãos, cinzas e glúten não variaram significativamente ($p > 0,05$). O resfriamento artificial é efetivo na conservação da qualidade tecnológica e fisiológica de grãos de trigo armazenados, com a indicação de terra de diatomácea para prevenir possíveis perdas devido ao ataque de insetos-praga. A terra de diatomácea interfere em propriedades tecnológicas do grão, sem afetar a qualidade da farinha de trigo.

REFERÊNCIAS

AACCI. American Association of Cereal Chemists International. **Approved Methods**, 11th ed., St. Paul: AACCI, 2010.

AGUIAR, R. W. S.; BRITO, D. R.; OOTANI, M. A.; FIDELIS, R. R.; PELUZIO, J. N. Efeito do dióxido do carbono, temperatura e armazenamento sobre sementes de soja e micoflora associada. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.554-560, 2012.

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; FILHO, A. F. L.; FERREIRA, L. G.; MENEGHITTI, M. R. Qualidade dos grãos de soja em função das condições de armazenamento. **Engenharia da Agricultura**, v.16, p.155-166, 2008.

ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K.; AÇO, C. J. Effect of adding different dietary fiber sources on farinographic parameters of wheat flour . **Cereal Chemistry**,v.87, p. 566-573, 2010.

ANTUNES, L. E.G.; VIEBRANTZ, P. C.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophiluszeamais* durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.615-620, 2011.

AOACI.Association of Official Analytical Chemists International. **Official Methods of Analytical of AOAC Interational**, 19th ed., Gaithersburg: AOACI, 2012.

ARAÚJO, J.M.A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. Viçosa: Editora UFV. p. 416, 2004.

BHATTACHARYA, K.; RAHA, S. Deteriorative changes of maize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. **Mycopathologia**, v.155, n.3, p.135-141, 2002.

BERBERT, P. A.; SILVA, J. S.; RUFATO, S.; AFONSO, A. D. L. Indicadores da qualidade dos grãos. In: Silva, J. S. (Ed) **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**.Viçosa: Aprenda Fácil.p.63-107, 2008.

BECKETT, S.J. **Protecting and disinfesting stored products by drying**. Australia. Julius-Kühn-Archiv, p. 425, 2010.

BHATTACHARYA, K.; RAHA, S. Deteriorative changes of maize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. **Mycopathologia**, v. 155, p 135-141, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº. 8, de 2 de junho de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n.105, p.91, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº. 38, de 30 de novembro de 2010. Regulamento técnico do trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n.29, p.2, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento – **CONAB. Estimativa de produção de grãos da safra 2014/2015**. Disponível em <www.conab.gov.br/estimativa>. Acesso em: 03 Dez. 2015.

BODROZA-SOLAROV A. M.; KLJAJIC B. P.; GORAN, A. B.; FILIP, B.; DOKIC, C. A. L. Quality parameters of wheat grain and flour as influenced by treatments with natural zeolite and diatomaceous earth formulations, grain infestation status and endosperm vitreousness. **Journal of Stored Products Research**. v. 51, 61-68, 2012.

BURGES, H. D.; BURRELL, N. J. Cooling bulk grain in the British climate to control storage insects and to improve keeping quality. **Journal of Science of Food and Agriculture**. v. 15, p. 32-50, 1964.

CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. da S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crame em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.42, p.272-278, 2012.

CARNEIRO, L. M. T. A.; BIAGI, J. D.; FREITAS, J. G.; CARNEIRO, M. C.; FELÍCIO, J. C. Diferentes épocas de colheita, secagem e armazenamento na qualidade de grãos de trigo comum e duro. **Bragantia**, v.64, n.1, p.127-137, 2005.

CASTELLARI, C. C.; CENDOYA, M.G.; VALLE, J. F. M.; BARRERA, V.; PACIN, A. M. Factores extrínsecos e intrínsecos asociados a poblaciones fúngicas micotoxigénicas de granos de maíz (*Zeamays L.*) almacenados en silos bolsa en Argentina. **Journal Food Science Technology**, v. 47, p. 350-359, 2015.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **5º Grão – Levantamento da safra 2016/17-fevereiro/2017**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/imprensa-noticia.php?id=43011>> Acesso em: 09 de janeiro de 2017.

COSTA, A. R.; FARONI, L. R. D.; ALENCAR, E. R.; CARVALHO, M. C. S; FERREIRA, L. G. Qualidade de grãos de milho armazenados em silos bolsa. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, p.200-207, 2010.

DELCOUR, J. A.; HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. 3.ed. Saint Paul: AACC International, 270p., 2010.

DEMITO, A.; AFONSO, A.D.L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Engenharia da Agricultura**, v. 17, n.1, p.7-14, 2009.

DEMITO, A. Qualidade **de sementes de soja resfriadas artificialmente**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel. 2006.

EDWARDS, S.G. Influence of agricultural practices on fusarium infection of cereals and subsequent contamination of grain by trichothecene mycotoxins. **Toxicology Letters**, v.153, n.1, p.29-35, 2004.

ELIAS, M. C. **Manejo tecnológico na secagem e no armazenamento de grãos**. Pelotas: Editora Santa Cruz, p. 378, 2009.

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; LIMA, T. C.; MARCOS FILHO, J. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelos testes de envelhecimento acelerado e de frio. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 28, n. 2, p.152-158, 2006.

FARONI, L. R. A.; ALENCAR, E. R. De; PAES, J. L.; COSTA, A. R. DA; ROMA, R. C. C. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 13, n. 5, p.606–613, 2009.

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum Lineu*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 28, p. 56-65, 2008.

FLEURAT-LESSARD, F. Integrated management of the risks of stored grain spoilage by seedborne fungi and contamination by storage mould mycotoxins – An update. **Journal of Stored Products Research**. v.71, p. 22–40, 2017.

FLEURAT-LESSARD, F. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. **Journal of Stored Products Research**. v.38, p. 191-218, 2002.

FREO, J. D.; ROSSO, N. D.; MORAES, L. B. D.; GUERRA DIAS, A. R. ELIAS, M. C.; Gutkoski, L. C. Physicochemical properties and silicon content in wheat flour treated

with diatomaceous earth and conventionally stored. **Journal of Stored Products Research**.v.47, p. 316-320, 2011.

GUARIENTI, E. M.; **Qualidade industrial de trigo**.2 ed. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996.

GUTKOSKI, L. C.; EICHELBERGER, L.; SANTIN, J. A.; PORTELLA, J.A.; SPIER, F.; COLUSSI, R. Avaliação da composição química de milho seco e armazenado em silo tipo alambrado com ar natural forçado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.29, 879-885, 2009.

GUTKOSKI, L. C.; FREO, J. D.; MORAES, L. B. D. Capítulo 1 – Segregação de trigo e tipificação de farinha. In: GUTKOSKI, L. C. (Ed.). **Trigo – segregação, tipificação e controle de qualidade**. Passo Fundo: Passografic. p.15-78, 2011.

GUTKOSKI, L. C.; DURIGON, A.; MAZZATTI, S.; SILVA, C. T.; ELIAS, M. C. Efeito do período de maturação de grãos nas propriedades físicas e reológicas de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 28, n. 4, p. 888-894, 2008.

GUTKOSKI, L. C.; NODARI, M. L.; NETO, R. J. Avaliação das farinhas de trigo cultivadas no Rio Grande do Sul na produção de biscoitos. **Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.23, p.91-97, 2003.

GOESAERT, H.; BRIJS, K.; VERAVERBEKE, W.S.; COURTIN, C. M.; GEBRUERS, K.; DELCOUR, J.A. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. **Trends in Food Science & Technology**.v.16, p.12-30, 2005.

GONZÁLES-TORRALBA, J.; ARAZURI, S.; JAREN, C.; ARREGUI, L. M. Influence of temperature and r.h. During storage on wheat bread making quality. **Journal of Research**.v..55, p. 134-144, 2013.

HADDI, K.; OLIVEIRA, E. O.; FARONI, L. R. A.; GUEDES, D. A.; MIRANDA, N. N. S; Sublethal Exposure to Clove and Cinnamon Essential Oils Induces Hormetic-Like Responses and Disturbs Behavioral and Respiratory Responses in *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, 2015.

INDRANI, D.; RAO, G. V. Rheological characteristics of wheat flour dough as influenced by ingredients of Parotta. **Journal of Food Engineering**, v. 17, n. 1, p. 105-110, 2007.

JUNQUEIRA, R. M.; ROCHA, F.; MOREIRA, M. A.; CASTRO, I. A. Effect of proofing time and wheat flour strength on bleaching, sensory characteristics, and volume of french breads with added soybean lipoxygenase. **Cereal Chemistry**. v. 84, n. 5, p. 443–449, 2007.

KALIYAN, N.; MOREY, R.V.; WILCKE, W.F.; CARRILO, M.A. A.LowtemperatureaerationtocontrolIndianmealmoth, *Plodiainterpunctella* (Hübner), in stored grain in twelve locations in the United States: a simulation study. **Journal of Stored Products Research**. v. 43, p. 177-192, 2007.

KARAOGLU, M.M., AYDENIZ, M., KOTANCILAR, H.G., GERÇELASLAN, K.E. A comparison of the functional characteristics of wheat stored as grain with wheat stored in spike form. *Int. Journal of Food Science Technology*.v. 45, p. 38-47, 2010.

KIBAR, H. Influence of storage conditions on the quality properties of wheat varieties. **Journal of Stored Products Research**. March 04, 2015.

LACA, A, Z. MOUSIA, M. DÍAZ, C. WEBB, S.S. Pandiella Distribution of microbial contamination within cereal grains.**Journal Food Engineering**. v. 72, pp. 332–338, 2006.

LACERDA, A.D. S.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E.; FILHO, W.V.V. Armazenamento de sementes de soja dessecadas e avaliação da qualidade fisiológica, bioquímica e sanitária. **Revista Brasileira de Sementes**. v.25 n.2, p. 97-105, 2003.

LAZZARI, F. A. **Recebimento, Secagem e Armazenagem de Cevada Cervejeira**. Manhattan: agosto, 2006.

LOPES, D. C.; MARTINS, J. H.; MONTEIRO, P. M. B.; FILHO, F. L. Efeitos de diferentes estratégias de controle no ambiente de armazenamento de grãos em regiões tropicais e subtropicais. **Revista Ceres**. Viçosa, v. 57, n.2, p. 157-167, 2010.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**, Piracicaba: FEALQ, p.495, 2005.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap. 3, p. 1-24, 1999b.

MAIER, D.E.; NAVARRO, S. Chilling of grain by refrigerated air. In: S. NAVARRO; R. ROYES (eds.) **The mechanics and physics of modern grain aeration management**. Boca Raton: CRC Press. p. 489-560, 2002.

MARINI, L.J. et al. Efeito da secagem intermitente na estabilidade de grãos de aveia. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.8, n.3, p.260-267, 2005.

MARIN, S.; SANCHIS, V.; ARNAU, F.; RAMOS, A. J.; MAGAN, N. Colonisation and competitiveness of *Aspergillus* and *Penicillium* species on maize grain in the presence of *Fusariummoniliforme* and *Fusariumproliferatum*. **International Journal of Food Microbiology**. v.45, p. 107-117, 2016.

MASON, L.J., RULON, R.A., MAIER, D.E. Chilled versus ambient aeration and fumigation of stored popcorn - Part 2. Pest management, **Journal Stored Product Research**. v. 28, p. 51-58, 1997.

MELLADO, M. Z. **El trigoemChile**. INIA. Instituto de investigaciones agropecuárias. Chillá, Chile, n. 121, p. 684, 2006.

MHIKO, T.A. Determination of the causes and the effects of storage conditions on the quality of silo stored wheat (*Triticumaestivum*) in Zimbabwe. **Nat. Prod. Bioprospect**. v.2, p. 21–28, 2012.

MIRANDA, M. Z. ; DE MORI, C.; LORINI, I. Qualidade Comercial do Trigo Brasileiro: Safra 2007. **Embrapa Trigo**, Passo Fundo, dez. 2010. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do126.htm>. Acesso em: 11 fev. 2017.

MIRANDA, M. Z.; ORTOLAN, F.; HECKTHEUER, L.H. Efeito do armazenamento à baixa temperatura (−4 °C) na cor e no teor de acidez da farinha de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, 2008.

MÓDENES, A.N.; SILVA, A.M.; TRIGUEROS, D. E. G.; Rheological properties evaluation of stored wheat. **Food Science and Technology**. v. 29 n.3, Campinas, 2009.

MOUSIA , Z.; EDHERLY, S.; PANDIELA, S.S.; WEBB, C. Effect of wheat pearling on flour quality. **Food Research International**. v.37, p. 449-459, 2004.

MORITA, N.; MAEDA, T.; MIYAZAKI, M; YAMAMORI, M.; MJURA, H.; OHTSUKA, I. Dough and baking properties of highamylose and waxy wheat flours. **Cereal Chemistry**. v.79, p.491-495, 2002.

NIA MUTWALI, AA MUSTAFA, YS GORAFI, IA MOHAMED AHMED. Efeito do ambiente e dos genótipos na qualidade físico-química dos grãos de linhagens de trigo recém-desenvolvidas. **Food Science & Nutrition**. v.4 p. 508-520, 2016.

MUIR, W. E. Stored grain losses. In: MUIR, W. E. (Ed.). **Grain preservation biosystems**. Winnipeg: Department of Biosystems Engineering, University of Manitoba. p.12-16, 2000.

NAVARRO, S.; NOYES, R.; JAYAS, D. Stored a heat, and moisture transfer in grain bulks. In: NAVARRO, S.; NOYES, R. **The mechanics and physics of modern grain aeration management**. New York: CRC Press, p.35-78, 2002.

NITHYA, U.; CHELLADURAI, V.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G. Safe storage guidelines for durum wheat. **Journal of Stored Products Research**, v.47, n.4, p.328-333, 2011.

NORTH AMERICAN MILLER'S ASSOCIATION. Disponível em <<http://www.namamillers.org>>, acesso em 5 de janeiro de 2017.

NOYES, R. T.; WEINZIERL, R.; CUPERUS, G. W.; MAIER, D.E. **Storage Grain Management Techniques**. Cap. 12; 1991.

OLIVEIRA, V. R. DE; RIBEIRO, N. D.; MAZIERO, S. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**. v.41, p.746-752, 2011.

OHLSON, O. C.; KRZYZANOWSKI, F. C.; CAIEIRO, J. T.; PANOBIANCO, M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.4, p.118-124, 2010.

ORTOLAN, F.; HECKTHEUER, L. H.; MIRANDA, M. Z. Efeito do armazenamento à baixa temperatura (-4 °C) na cor e no teor de acidez da farinha de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.1, p.55-59, 2010.

OWENS, G. **ManagingMoisture**. World Grain, 2003. Disponível em: <<http://www.world-grain.com/News/Archive/Managing%20Moisture.aspx?cck=1>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

PARAGINSKI, R. T.; ROCKENBACH, B. A.; SANTOS, R. F.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA M. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, n.4, p.358-363, 2015.

PARK, C. E.; KIM, Y. S.; PARK, K. J.; KIM, B. K. Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. **Journal of Stored Products Research**. v.48, p. 25-29, 2012.

PIROZI, M. R.; GERMANI, R. Efeito do armazenamento sobre as propriedades tecnológicas da farinha, de variedades de trigo cultivadas no Brasil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.41, n.1, p.149-163, 1998.

PEREZ-GARCIA, F.; GONZALEZ-BENITO M. E.; Seed germination of five *Helianthemum* species: Effect of temperature and presowing treatments, **Journal of Arid Environments**, v.65, n.01, p.688-693, 2006.

PERTEN INSTRUMENTS. **Falling number**. Disponível em: <<http://www.perten.com/Products/Falling-Number/>>. Acesso em: 11 dezembro 2017.

POLAT, E. Integração dos efeitos de diferentes tipos de armazenamento sobre as características de qualidade nutricional de alguns alimentos. **Journal of Food Agriculture and Environment**, v.11, p. 897-903, 2013.

POSNER, E.S.; HIBBS, A.N. Wheatflour milling. 2 ed. Minnesota: **American Association of Cereal Chemists**. p. 341, 1999.

QUIRINO, J. R.; MELO, A. P. CAMPOS.; VELOSO, V. R. S.; ALBERNAZ, K. C.; PEREIRA, J. M. Resfriamento artificial na conservação da qualidade comercial de grãos de milho armazenados. **Bragantia**. Campinas, v. 72, n. 4, p.378-386, 2013.

RASPER, V. F.; WALKER, C. E. Quality evaluation of cereals and cereal products. In: KULP, K.; PONTE, J. G. (Ed.). **Handbook of cereal science and technology**. New York: Marcel Dekker, p. 505-537, 2000.

REED, C.; DOYUNGAN, S.; IOERGER, B.; GETCHELL, A. Response of storage molds to different initial moisture contents of maize (corn) stored at 25 °C, and effect on respiration rate and nutrient composition. **Journal of Stored Products Research**. v.43, p.443-458, 2007.

RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A. F.; VOLK, M. B. S. Avaliação da qualidade do feijão armazenado em ambiente refrigerado. **Alimentos e Nutrição**. v.20, p.649-655, 2009.

RUPOLLO, G. Sistemas de armazenamento hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1715-1722, 2004.

SANTOS, J. P. **Armazenagem de grãos**. Métodos Preventivos de Controle de Pragas. Instituto BioGeneziz, IBG, Campinas, SP. p. 417-418, 2002.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, p.110-119, 2004.

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A. de; MIRANDA, M. Z. de; LIMBERGER V. M. Trigo: características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, v.13, n.2, p.211-222, 2011.

SEOK-HO PARK; FRANK, H. A.; SCOTT, R. B.; TILMAN, J. S. Impact of differing population levels of *Rhizopertha dominica* (F.) on milling and physicochemical properties of sorghum kernel and flour. **Journal of Stored Products Research**. v.44, n. 4, p.322-327, 2008.

SHEWRY, P.R.; HALFORD, N.G. Cereal seed storage proteins: Structures, properties and role in grain utilization. **Journal of Experimental Botany**. v.53, p.947-958, 2002.

SHIFERAW, B.; SMALE, M.; BRAUN, H.-J.; DUVEILLER, E.; REYNOLDS, M. MURICHO, G. Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. **FoodSecurity**.v. 5, p. 291-317, 2013.

SILVA, J. DE S. E.; BERBERT, P.A.; AFONSO, A.D.L.;RUFATO, S. Qualidade de grãos. In.: SILVA, J. DE S. E. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: AprendaFácil.p. 63-105, 2000.

SINGH, S.; SINGH, N.; MACRITICHIE,F. Relationship of polymeric proteins with pasting, gel dynamic- and dough empirical-rheology in different Indian wheat varieties.**FoodHydrocolloids**. v. 25, p. 19-24, 2011.

STRELEC, I., POPOVIC, R., IVANISIC, I., JURKOVIC, V., JURKOVIC, Z., UGARCICHARDI, Z., SABO, M. Influence of temperature and relative humidity on grain moisture, germination and vigour of three wheat cultivars during one year storage. **Journal Poljoprivreda**. n.16, p. 20-24, 2010.

THORPE, G. **Omni-science: transformative approaches to postharvest technology**. Australia.Julius-Kühn-Archiv, p. 425, 2010.

TORRES, S. B.; MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumisanguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 108-112, 2001.

VASCONCELOS, M.C.B. M.; BENNETT, R.; CASTRO, C.; CARDOSO, P.; SAAVEDRA, M.J; ROSA, E. A. Estudo da composição, estabilização e processamento de gérmen de trigo e milho industrial subprodutos. **Culturas e productos industriais**.v. 42, p. 292-298, 2013.

VÁZQUEZ, D. Aptitud **Industrial de Trigo**.Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología Del INIA. SérieTécnica, v. 177, p. 8–32, 2009.

WANG, P.; JIN, Z.; XU, X. Physicochemical alterations of wheat gluten proteins upon dough formation and frozen storage – A review from gluten, glutenin and gliadin perspectives.**Trends in Food Science &Technology**. v. 46, p. 189–198, 2015.

WANG J.-J., DENG, Y.-X., DOU, W., YANG, Z.-L., JIANG, T.-K. **The major achievements of grain storage in P. R. China**. Julius-Kühn-Archiv, p. 425, 2010.

ZUCHI, J.; FRANÇA NETO, J. B.; SEDIYAMA, C. S.; LACERDA FILHO, A. F.; REIS, M. S. Physiological quality of dynamically cooled and stored soybean seeds. **Journal of Seed Science**. v.35, n.3, p.353-360, 2013.

APÊNDICE A – Artigo científico

Qualidade de trigo armazenado em ambiente resfriado artificialmente

Kelly Pelc da Silva^I, Tatiana Oro^{II}, Paulo Pereira^{III}, Luiz Carlos Gutkoski^{IV}.

^IPrograma de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos/PPGCTA – Universidade de Passo Fundo/UPF – Passo Fundo, RS

^{II}Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos/PPGCTA – Universidade de Passo Fundo/UPF – Passo Fundo, RS

^{III}Embrapa trigo, Passo Fundo, RS.

^{IV} Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Passo Fundo/UPF – Km 171, Br 285 – São José – Cx. P. 611 – 99001-970 – Passo Fundo, RS. (*) Autor correspondente: gutkoski@upf.br

RESUMO

O trigo está entre os alimentos básicos no mundo, sendo consumido em todos os continentes. A fim de atender a demanda anual de consumo, o trigo colhido deve ser armazenado até a próxima safra. No armazenamento os grãos enfrentam condições adversas como contaminação microbiológica, insetos-praga e quebra por metabolismo. Para a manutenção da qualidade tecnológica e fisiológica, o emprego de baixas temperaturas apresenta como uma técnica para o manejo no armazenamento de grãos de trigo. Este trabalho objetivou avaliar a qualidade de trigo armazenado em ambiente resfriado artificialmente através da determinação de características tecnológicas e fisiológicas dos grãos. O trabalho foi realizado com o emprego dos tratamentos ambiente natural com inseticida, ambiente resfriado e ambiente resfriado com terra de diatomácea. As variáveis respondidas avaliadas foram sobre o impacto causado na quebra técnica, perdas quantitativas, perdas qualitativas, alterações de características físicas, químicas e reológicas da farinha. Os resultados foram analisados pelo emprego da análise estatística e, nos modelos significativos, as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey 95% de intervalo de confiança. Ao longo do tempo de armazenamento observou-se alterações nos grãos armazenados, ocorrendo redução nos parâmetros contagem de fungos, envelhecimento acelerado, umidade, proteínas, lipídios, número de queda, índice de tolerância à mistura, tenacidade e relação tenacidade e extensibilidade. Nas determinações de vigor e acidez graxa dos grãos armazenados em ambiente natural, absorção de água, estabilidade, extensibilidade e força de glúten ocorreram elevações de valores. Com o tempo de armazenamento os valores de pH, massa de mil grãos, cinzas e glúten não variaram significativamente ($p > 0,05$). O resfriamento artificial é efetivo na conservação da qualidade fisiológica e tecnologia de grãos de trigo armazenados. O resfriamento artificial é uma técnica viável no armazenamento de trigo, com a indicação de uso da terra de diatomácea para prevenir possíveis perdas devido ao ataque de insetos-praga.

Palavras-chave: Pós-colheita. Quebra técnica. Composição química. Vigor. Alveografia.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade crescente de suprir a demanda mundial de alimentos exige que a qualidade do grão colhido seja mantida com perdas mínimas nas operações de pós-colheita. As características do grão, bem como sua composição variam com as condições operacionais de colheita, pós-colheita e processamento. A fim de manter a qualidade deve ser empregado técnicas adequadas durante o manejo do grão de trigo.

O teor de água, a temperatura e o tempo de armazenamento são variáveis importantes na manutenção da qualidade do trigo. Na armazenagem o grão é exposto a vários fatores físicos, químicos e biológicos com redução de matéria seca e dos atributos de qualidade, sendo a deterioração inevitável. Por isso, durante o armazenamento devem ser controlados os fatores adversos visando prolongar a qualidade tecnológica e fisiológica dos grãos de trigo. Entre os métodos físicos empregados para preservar a qualidade de trigo armazenado, o uso de baixa temperatura apresenta-se como técnica consagrada de manejo. O propósito da técnica de resfriamento artificial é reduzir a quebra técnica, incidência de instos-praga, fungos e alterações físico-química dos grãos.

A temperatura e a umidade influenciam na intensidade de respiração do grão e com o aumento pode levar a uma maior deterioração. O processo de deterioração dos grãos dentro do silo se inicia com o aumento da umidade devido à condensação de água e a criação de bolsas de calor na massa de grãos. As consequências desse fenômeno podem induzir a perda da capacidade de germinação, perda de matéria seca, aumento do desenvolvimento de fungos e por fim perdas qualitativas e quantitativas dos grãos (FLEURAT-LESSARD, 2017). Além disso, promove o crescimento de insetos-praga e fungos. Com teores de água superior a 15% se torna mais favorável o desenvolvimento de fungos na massa de grãos de trigo armazenado. Para o armazenamento seguro dos grãos, tanto a temperatura quanto teor de umidade devem ser controlados em teores compatíveis com o período de armazenamento.

Para uma melhor conservação, a condição requerida é manter os grãos de trigo limpos, íntegros e secos. O resfriamento artificial ajuda manter as características tecnológicas e fisiológicas dos grãos armazenados. Com a finalidade de ampliar os conhecimentos acerca de armazenamento com ar resfriado artificialmente, desenvolveu-se o presente trabalho que objetivou avaliar os efeitos da temperatura em ambiente natural e resfriado com e sem o emprego de terra de diatomácea e, do tempo de armazenamento nas características tecnológicas e fisiológicas de grãos e de qualidade da farinha de trigo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os grãos de trigo do genótipo BIO 112143, colhido na safra 2015 foram fornecidos pela empresa Biotrigo Genética. Nos grãos foi determinado o teor de água (12,3% de umidade), homogeneizados e realizado o expurgo. O expurgo foi realizado em bambona de 200 litros em acordo com as recomendações do fabricante da fosfina (B57, Gaxtoxin, Brasil), pelo período de 72 horas.

O trabalho foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e quatro períodos de coleta. O experimento foi realizado no Laboratório de Panificação do Parque Científico e Tecnológico da Universidade de Passo Fundo (UPF Parque). Os tratamentos realizados foram ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado artificialmente (TR) e ambiente resfriado artificialmente com terra de diatomácea (TD).

Os grãos armazenados em ambiente resfriado foram mantidos em uma câmara de refrigeração (C.2964, ECO, Brasil) com temperatura controlada a $16^{\circ}\text{C}\pm 2$ e umidade relativa de 65%. Os tratamentos em ambiente natural foram realizados na sala em que estava localizada a câmara de refrigeração com temperatura $22^{\circ}\text{C}\pm 3$ e umidade relativa de 75%. Para cada tratamento foram seis repetições e as análises realizadas em duplicata, nos tempos zero, 2, 4, 6 meses.

O inseticida empregado foi o organo fosforadopirimifós-metil (Actellic 500 CE, Syngenta), na dosagem recomendada pelo fabricante (12 mL do produto comercial/ tonelada de grão, diluídos em 1 litro de água). O inseticida foi dissolvido em água destilada e misturado na massa de grãos. O volume de calda aplicado em 8 kg de grãos foi de 10 mL de solução. A terra de diatomácea (Keepdry, Brasil) foi empregada na dosagem de 1 grama por kilograma de grãos e realizado a mistura em misturador laboratorial (Hypo HB 25, Hypólito Ltda, Brasil) em velocidade média por 3 minutos.

A análise de qualidade dos grãos de trigo de germinação, envelhecimento acelerado, umidade, peso hectolitro, massa de mil grãos foram feitos pelo Método Oficial de Análises de Sementes preconizado pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em percentagem pela média de repetições. As análises de teor de proteínas, cinzas, acidez graxa, teor de glúten e as análises reológicas farinografia e alveografia foram realizados pela pelo método da AACCI (2010). A determinação do teor de lipídios foi realizada pelo método de Bligh e Dyer (1959).

Análise estatística

O processamento de dados e análise estatística foi realizado com o uso do programa estatístico Sisvar[®] Versão 4.3, Build 75. A significância dos dados foi testada pela análise de variância (Anova) a 0,01 e 0,05 de probabilidade de erro e, nos modelos significativos, as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey 95% de intervalo de confiança.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão apresentados e discutidos com referência aos atributos de qualidade dos grãos de trigo armazenados no sistema a granel em ambiente natural e resfriados pelo período de seis meses.

3.1 QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO ARMazenADOS

3.1.1 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica do trigo aumentou significativamente ($p \leq 0,05$) com o período de armazenamento em todos os tratamentos estudados (Tabela 3).

Tabela 1 - Condutividade elétrica de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cmg}$)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	15,31 ^{aB} ±0,25	15,67 ^{aB} ±0,25	16,43 ^{bB} ±1,39	19,70 ^{bA} ±2,15
TR	14,78 ^{aB} ±0,39	13,68 ^{bB} ±1,01	18,76 ^{aA} ±0,25	19,39 ^{bA} ±1,12
TD	14,97 ^{aC} ±0,40	16,56 ^{aC} ±1,17	19,49 ^{aB} ±0,48	22,16 ^{aA} ±0,84

Resultados são médias de seis determinações \pm desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O maior valor de condutividade elétrica foi verificado no trigo armazenado em ambiente resfriado artificialmente com terra de diatomácea (TD), atingindo 22,16 $\mu\text{S}/\text{cmg}$ aos seis meses. O aumento da condutividade elétrica indica que está ocorrendo no grão de trigo um processo de deterioração das camadas externas e da parede celular, bem como a perda de vigor durante o período de armazenamento (COSTA et al., 2010). O aumento de condutividade elétrica também foi verificado por Alencar et al. (2008) que ao estudarem a qualidade de grãos de soja armazenados. Os autores inferiram que os maiores teores de água

contribuem para a deterioração dos grãos devido à desnaturação da membrana celular provocando redução da taxa respiratória. Esta correlação foi observada neste trabalho em que os valores de teor de água e de condutividade elétrica foram maiores para o tratamento TD.

Paraginski et al. (2015) observaram menores valores de condutividade elétrica nos grãos armazenados em baixas temperaturas, o que permitiu a manutenção de qualidade por períodos mais longos. De acordo com Rigueira et al. (2009), o resfriamento artificial é uma técnica econômica e eficaz para a manutenção da qualidade, pois reduz a taxa respiratória dos grãos, retarda o desenvolvimento dos insetos-praga e da microflora, e isso pode ser observado ao longo do tempo pela avaliação da condutividade elétrica. Neste trabalho foi verificada uma variação significativa a partir do segundo mês de armazenamento sendo inferiores os valores em TR. De fato o resfriamento artificial manteve melhor qualidade do grão de trigo armazenado, desde que aliado com baixo teor de água. O maior teor de água deve ter afetado negativamente a qualidade do trigo armazenado em TD.

3.1.2 Peso do hectolitro (PH)

Os valores de peso do hectolitro variaram significativamente ($p \leq 0,05$) entre tratamentos e tempos de armazenamento, exceto para tempo do TD (Tabela 4). Os maiores valores de PH foram verificados em TI, seguidos de TR e TD. Aos seis meses de armazenamento o PH em TI foi 78,25 kg/hL, enquanto em TD de 71,35 kg/hL. Os menores valores de PH em TD foram devido à terra de diatomácea afetar o escorrimento do grão, o que levou a um aumento artificial do volume e redução da massa de grãos. Com o tempo de armazenamento não se verificou variação de PH em TD, enquanto para TI e TR os valores aumentaram significativamente.

Tabela 2 – Peso do hectolitro (PH) de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	PH (kg/hL)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	77,25 ^{aB} ± 0,0	78,16 ^{aA} ± 0,19	78,1 ^{aA} ± 0,23	78,25 ^{aA} ± 0,15
TR	76,03 ^{bB} ± 0,02	76,64 ^{bA} ± 0,14	76,58 ^{bA} ± 0,08	76,65 ^{bA} ± 0,21
TD	71,3 ^{cA} ± 0,1	71,25 ^{cA} ± 0,21	72,03 ^{cA} ± 1,59	71,35 ^{cA} ± 0,19

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O PH não variou em TD por ser um parâmetro quantitativo, porém na condutividade elétrica os valores variaram significativamente (Tabela 3), pois nesta determinação é avaliada a qualidade fisiológica do grão. Strelec et al. (2010) observaram que o peso hectolitro diminuiu com o aumento do período de trigo armazenado por 12 meses em ambiente natural. O aumento de PH com o tempo de armazenamento pode ter ocorrido devido o curto período estudado e também pelo fato de o experimento ter iniciado após três meses de colheita do trigo. Outra razão dos valores de PH encontrados neste estudo são as condições de armazenamento, pois tanto no ambiente resfriado quanto no ambiente natural, os valores de umidade e temperatura foram relativamente baixos. As variações de PH durante o armazenamento podem estar associadas com teor de umidade de grãos (KARAOGLU et al., 2010). O resfriamento artificial manteve a qualidade dos grãos de trigo durante o armazenamento e as baixas variações de PH observadas indicaram manutenção da conservabilidade.

3.1.3 Massa de mil grãos (MMG)

Os resultados de MMG não variaram significativamente ($p > 0,05$) entre tratamentos e tempos de armazenamento estudados (Tabela 5). As condições ocorridas nos tratamentos preservaram de forma similar a qualidade dos grãos armazenados. Thakor et al. (2012) relataram que MMG diminui com o tempo de armazenamento em ambiente natural.

Tabela 3 - Massa de mil grão de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	Massa de mil grãos (g)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	32,32 ^{aA} ±0,05	32,28 ^{aA} ±0,27	32,33 ^{aA} ±0,27	32,35 ^{aA} ±0,05
TR	32,35 ^{aA} ±0,18	32,31 ^{aA} ±0,03	31,31 ^{aA} ±0,03	32,34 ^{aA} ±0,05
TD	32,37 ^{aA} ±0,03	32,27 ^{aA} ±0,06	32,28 ^{aA} ±0,06	32,30 ^{aA} ±0,06

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

A ausência de alterações na massa de mil grãos indicou uma baixa taxa de metabolismo em todos os tratamentos no período de armazenamento estudado, pois os grãos foram mantidos limpos, íntegros e secos. Mesmo no tratamento com armazenamento em ambiente natural as condições foram favoráveis devido à ausência de pragas pelo uso do inseticida pirimifós-metil. A ausência de variações de MMG ao longo do tempo pode ter sido

em virtude do curto período de armazenamento e a realização em época com poucas variações de umidade relativa do ar e temperatura ambiente. Mas ainda assim pode-se notar que existe uma tendência positiva para a melhor preservação dos grãos, quando armazenados resfriados.

3.1.4 Germinação

Os valores das análises de germinação dos grãos normais e dos grãos não germinados não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$), enquanto para a germinação de grãos anormais houve variação entre os tratamentos estudados (Tabela 6). Embora tenha apresentado variações, a germinação de grãos anormais não apresentou uma tendência em relação aos tratamentos. Com o tempo de armazenamento ocorreu um aumento significativo da germinação, com valores passando de 94,20% para 96,84%, em média.

Alencar et al. (2008) ao avaliar efeitos das condições de armazenagem em grãos de soja por 12 meses verificaram um decréscimo na capacidade germinativa quando os grãos apresentaram umidade de 14,8%. Neste trabalho, as condições de umidade do grão, bem como de temperatura foram muito favoráveis à manutenção da qualidade fisiológica do grão.

Tabela 4 - Germinação do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Germinação de grãos normais (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	93,33 ^{aB} ±1,15	93,04 ^{aB} ±2,16	95,62 ^{aAB} ±2,09	96,79 ^{aA} ±0,53
TR	94,33 ^{aC} ±0,57	95,04 ^{aBC} ±1,37	96,37 ^{aAB} ±0,72	96,83 ^{aA} ±0,56
TD	95,00 ^{aB} ±1,00	95,41 ^{aB} ±0,99	96,12 ^{aAB} ±0,94	96,91 ^{aA} ±0,40
Germinação de grãos anormais (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	2,00 ^{aAB} ±0,00	4,00 ^{aA} ±0,12	1,42 ^{aB} ±1,03	0,21 ^{aB} ±0,33
TR	0,67 ^{bAB} ±1,00	1,83 ^{bA} ±0,71	0,33 ^{bB} ±0,34	0,17 ^{aB} ±0,30
TD	1,66 ^{abA} ±0,57	0,71 ^{bB} ±0,45	0,50 ^{abB} ±0,27	0,29 ^{aB} ±0,29
Grãos não germinados (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	4,67 ^{aA} ±1,15	3,04 ^{aA} ±0,79	2,96 ^{aA} ±1,37	3,08 ^{aA} ±0,40
TR	5,00 ^{aA} ±1,00	3,13 ^{aB} ±0,74	3,29 ^{aAB} ±0,53	3,08 ^{aB} ±0,25
TD	3,33 ^{aA} ±0,57	2,96 ^{aA} ±1,11	3,63 ^{aA} ±1,52	2,79 ^{aA} ±0,57

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

3.1.5 Envelhecimento acelerado

Os valores dos resultados de envelhecimento acelerado dos grãos normais, anormais e dos grãos não germinados não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) (Tabela 7). Com o tempo de armazenamento ocorreu uma redução significativa da germinação, com valores passando de 95,22% para 90,36%, em média.

Tabela 5- Envelhecimento acelerado (EA) do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses.

EA normais (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	94,66 ^{aA} ±1,15	93,41 ^{aA} ±1,20	93,08 ^{aA} ±0,73	90,67 ^{aB} ±1,03
TR	96,00 ^{aA} ±0,00	93,16 ^{aAB} ±2,52	93,41 ^{aAB} ±0,80	90,75 ^{aB} ±1,86
TD	95,00 ^{aA} ±1,00	94,00 ^{aA} ±0,94	93,58 ^{aA} ±0,58	89,67 ^{aB} ±2,54
EA anormais (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	3,33 ^{aA} ±1,15	1,41 ^{aB} ±1,02	1,08 ^{aB} ±0,73	1,25 ^{aB} ±0,41
TR	1,33 ^{aA} ±1,15	0,83 ^{aA} ±0,81	1,75 ^{aA} ±1,29	1,42 ^{aA} ±1,02
TD	1,33 ^{aA} ±1,15	1,08 ^{aA} ±0,91	1,58 ^{aA} ±1,06	1,25 ^{aA} ±0,41
EA não germinados (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	2,66 ^{aC} ±1,54	5,33 ^{aB} ±1,03	5,91 ^{aB} ±1,31	8,08 ^{aA} ±0,97
TR	2,66 ^{aB} ±1,54	6,04 ^{aAB} ±2,50	4,83 ^{aAB} ±1,21	7,83 ^{aA} ±1,96
TD	4,66 ^{aB} ±1,00	4,91 ^{aB} ±1,31	4,83 ^{aB} ±0,98	9,08 ^{aA} ±2,81

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

O efeito do tempo de armazenamento foi maior no EA comparado com a germinação dos grãos de trigo. Isto pode ser explicado pelo fato de o teste de germinação ser realizado em condições ótimas para ocorrer à germinação, enquanto no teste de EA, as condições para a germinação simulam o ambiente no campo com temperatura e umidade relativa adversas (MARCOS FILHO, 1999b; TORRES; MARCOS FILHO, 2001). Com o teste de EA foi demonstrado a redução da qualidade fisiológica dos grãos no período de armazenamento estudado, fato não verificado no teste de germinação (Tabela 6).

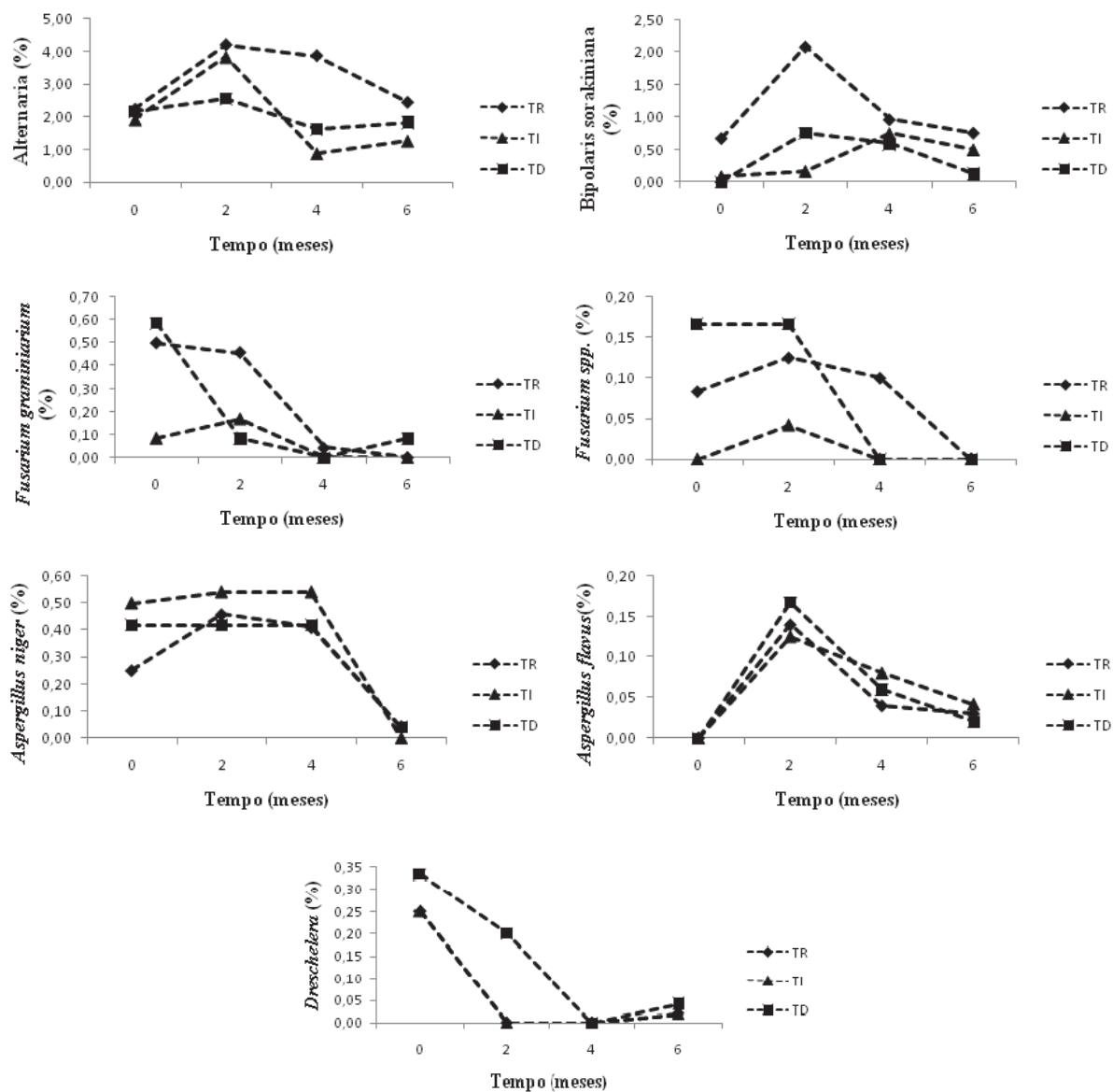
Os resultados de EA apresentam relação com condutividade elétrica (Fonte). A redução de EA foi influenciada pelo tempo de armazenamento, antecipando a informação de uma diminuição da capacidade germinativa, fato não verificado neste trabalho em função do

período de tempo estudado. Esta mesma indicação foi fornecida na análise de condutividade elétrica, pois os valores aumentaram com o tempo de armazenamento. Estes resultados estão em acordo com a literatura.

3.1.6 Fungos

A contagem dos fungos *Alternaria*, *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera*, *Fusarium spp*, *Fusarium graminearum*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Bipolaris spp*, *Septoria nodorum* com diferenças entre tratamentos e reduziu com o tempo de armazenamento (Figura 6). Um dos gêneros de fungos predominantes no trigo é a *Alternaria*. Este fungo se mostrou dominante em todos os tratamentos e tempos de armazenamento. Os valores variaram entre 4,21% e 0,88 % de contaminação, em média.

Figura 1 – Contagem dos fungos x, y, z em trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses



O fungo *Bipolaris sorokiniana* não apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$). A contagem dos fungos *Dreschlera* e *Fusarium spp.* se manteve inalterado nos tratamentos estudados. Para o fungo *Fusarium graminearum* foi verificada redução ao longo do tempo de armazenamento, apresentando diferença significativa ($p \leq 0,05$) (dados não apresentados). Os fungos *Bipolaris spp.* e *Septoria nodorum* não apresentaram incidência significativas ($p > 0,05$) durante o armazenamento.

Para os fungos *Aspergillus niger* e *Aspergillus flavus* houve incidência no início do armazenamento, ressaltando que estes fungos podem estar presentes em grãos recém colhidos

e reduzem a proliferação ao longo do armazenamento. No tempo dois meses, houve maior incidência desses fungos, porém aos seis meses ocorreu uma diminuição considerável. As baixas ocorrências destes fungos nas duas condições de armazenamento, tanto TR quanto TI podem ser atribuídas aos baixos teores de água no grão, que em geral desfavorecem o desenvolvimento (FLEURAT-LESSARD, 2016).

A redução da temperatura de armazenamento do grão limitou o crescimento fúngico. Este comportamento foi observado com *A. flavus*, apresentado redução ao longo do armazenamento com o uso de baixas temperaturas (LAHOUAR et al., 2016). Os baixos valores na contagem de fungos nos grãos armazenados indicaram que as condições foram favoráveis para a manutenção das qualidades fisiológica e tecnológica dos grãos de trigo.

3.1.6 Composição química

No trigo armazenado foi determinado umidade, proteínas, lipídios, acidez graxa e cinzas, constituintes que influenciam diretamente nas características físico-químicas e reológicas, sendo variáveis determinantes na qualidade fisiológica e tecnológica dos grãos.

3.1.6.1 Umidade

A umidade do trigo é considerada um dos parâmetros mais importantes durante o armazenamento. As variações do teor de umidade dos grãos de trigo armazenados em diferentes condições ao longo de seis meses estão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 6 - Umidade dos grãos do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses.

Tratamento	Umidade (%)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	12,68 ^{aA} ±0,03	12,27 ^{aAB} ±0,29	10,98 ^{aC} ±0,35	12,02 ^{bB} ±0,13
TR	12,51 ^{bA} ±0,01	12,23 ^{aA} ±0,13	11,48 ^{aA} ±1,03	12,11 ^{abA} ±0,06
TD	12,71 ^{aA} ±0,05	11,94 ^{aB} ±0,24	10,90 ^{aC} ±0,26	12,25 ^{aB} ±0,07

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Os resultados de umidade variaram significativamente ($p \leq 0,05$) entre tratamentos e tempos de armazenamento. Os maiores valores de umidade foram verificados em TD, sem diferir de TR no tempo seis meses. Com o tempo de armazenamento se verificou redução do

teor de água nos tratamentos TI e TD. A redução de água em TI pode estar relacionada com as variações de umidade relativa do ar ambiente e temperatura. Porém, estes valores foram mínimos e possivelmente não comprometeram as condições de conservação dos grãos.

Quando os grãos estão mantidos em baixos níveis de umidade e temperatura, os fatores respiração do grão, migração de umidade, aquecimento da massa tem os seus efeitos reduzidos, preservando assim a qualidade do grão armazenado. Isso vai de acordo com Laca et al. (2006), que mantiveram os grãos com 13 % de umidade e em umidade relativa do ar constante verificaram manutenção de qualidade dos grãos durante o armazenamento. Como houve pouca variação de umidade, não se teve problemas durante o armazenamento para todos os tratamentos. Quando se mantém o grão armazenado com temperatura e umidade adequadas o grão fica armazenado em bom estado por longos períodos (FLEURAT-LESSARD, 2016).

3.1.6.2 Proteínas

Os resultados de teor de proteína bruta dos grãos de trigos variaram significativamente entre tratamentos no tempo seis meses ($p \leq 0,05$) e com o aumento do período de armazenamento, apresentando valores de 12,27% no tempo zero e 10,26% no tempo seis meses, em média. Os maiores valores de proteínas foram verificados em TD (Tabela 9).

As proteínas do trigo são sensíveis ao armazenamento, por isso a mesma foi utilizada como um dos indicadores de qualidade do grão armazenado. Em consonância com este trabalho, Polat (2013) relatou uma diminuição de teor de proteína bruta em diferentes tipos de armazenamento, observando redução com o aumento do tempo de armazenamento (12 meses). No entanto, Gutkoski et al. (2009) encontraram um acréscimo no teor de proteínas no período de 12 meses de armazenamento. Neste trabalho, a redução de proteínas pode ter ocorrido devido o próprio metabolismo do grão. Bhattacharya e Raha (2002) afirmam que a proteína bruta serve como fonte preliminar de carbono e nitrogênio para o crescimento e o metabolismo dos fungos. Porém, as condições de armazenamento de grãos empregadas neste trabalho não foram propícias para o crescimento de fungos, logo este fator não influenciou na quantificação de proteínas bruta.

Tabela 7 - Teor de proteína bruta de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	Proteínas (%)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	12,30 ^{aA} ±0,26	11,02 ^{aB} ±0,28	10,59 ^{aB} ±0,37	10,13 ^{bC} ±0,05
TR	12,09 ^{aA} ±0,13	11,05 ^{aB} ±0,29	10,62 ^{aC} ±0,26	10,20 ^{bC} ±0,23
TD	12,43 ^{aA} ±0,24	11,46 ^{aB} ±0,40	10,80 ^{aC} ±0,16	10,45 ^{aC} ±0,08

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

3.1.6.3 Lipídios

O teor de lipídios dos grãos de trigo reduziu com o período de armazenamento nos tratamentos TI e TR (Tabela 10) e no TD não apresentou diferença significativa ($p>0,05$). A redução no teor de lipídios está diretamente relacionada com a velocidade e intensidade do processo deteriorativo dos grãos. Segundo Marini et al. (2005) a velocidade das alterações dos lipídios depende da umidade, da temperatura e do tempo de armazenamento. Isto mostra que os lipídios nos grãos se degradam com o tempo que fica armazenado e assim reduz o índice lipídico.

Essa redução pode ser explicada pelo fato dos lipídios presentes nos grãos estarem na forma de triglicerídeos, e a sua hidrólise, em ácidos graxos livres e glicerol durante o armazenamento ocorreu devido à respiração do próprio grão, dos processos de oxidação, da ação de enzimas, dentre outros fatores. O grau de degradação da fração lipídica é proporcional e mais suscetível em relação aos demais constituintes presentes nos grãos (ELIAS et al., 2009). Estes resultados estão em acordo com os obtidos por Rupollo et al. (2004) e Marini et al. (2005), os quais também verificaram redução no teor de lipídios com o aumento do tempo de armazenamento dos grãos de trigo.

Tabela 8 – Teor de lipídios dos grãos do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	Lipídios (%)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	2,71 ^{aA} ±0,05	2,54 ^{abA} ±0,14	2,61 ^{aA} ±0,19	2,26 ^{aB} ±0,08
TR	2,71 ^{aA} ±0,21	2,67 ^{aA} ±0,07	2,58 ^{aA} ±0,04	2,22 ^{aB} ±0,05
TD	2,55 ^{aA} ±0,07	2,44 ^{ba} ±0,13	2,38 ^{aA} ±0,29	2,20 ^{aA} ±0,09

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

3.1.6.4 Cinzas

O teor de cinzas dos grãos de trigo não variou entre tratamentos e tempos de armazenamento ($P>0,05$), exceto para TI (Tabela 11). O aumento do teor de cinzas com no armazenamento de trigo ocorre devido à degradação da fração orgânica, pois a atividade metabólica dos grãos e de microrganismos associados consomem nutrientes e produz gás carbônico, água, calor e outros compostos, alterando a proporção de minerais no grão. Dessa forma, a determinação do teor de cinzas assume valores proporcionalmente maiores na medida em que a matéria orgânica é consumida (POSNER e HIBBS, 1999). Neste trabalho foi verificado manutenção dos teores de cinzas nos grãos armazenados pelo período de 6 meses. Esta ausência de variação foi devido às condições de armazenamento empregadas, pois tanto no TI, quanto em TR e TD o ataque de pragas não correu e a incidência de fungos foi baixa, pois as variáveis umidade e temperatura de grãos não foram favoráveis, o que levou a manutenção das qualidades fisiológica e tecnológica.

Tabela 9 – Teor de cinzas dos grãos do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	Cinzas (%)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	1,52 ^{aA} ±0,03	1,51 ^{aAB} ±0,02	1,50 ^{aAB} ±0,01	1,48 ^{aB} ±0,02
TR	1,52 ^{aA} ±0,02	1,51 ^{aA} ±0,00	1,50 ^{aA} ±0,02	1,49 ^{aA} ±0,03
TD	1,51 ^{aA} ±0,01	1,52 ^{aA} ±0,01	1,51 ^{aA} ±0,02	1,51 ^{aA} ±0,01

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

3.1.6.5 Acidez graxa

A avaliação de acidez graxa se constitui em um eficiente parâmetro para a avaliação da conservabilidade de grãos durante o armazenamento. A Tabela 12 apresenta os dados de acidez graxa de grãos armazenados.

Tabela 10 – Acidez graxa dos grãos do trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses.

Tratamento	Acidez graxa (%)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	0,14 ^{aA} ±0,02	0,14 ^{abA} ±0,00	0,11 ^{bA} ±0,01	0,12 ^{aA} ±0,04
TR	0,13 ^{aAB} ±0,00	0,13 ^{bAB} ±0,02	0,14 ^{aA} ±0,00	0,11 ^{ab} ±0,01
TD	0,15 ^{aA} ±0,01	0,15 ^{aA} ±0,01	0,13 ^{aAB} ±0,00	0,10 ^{ab} ±0,03

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

A acidez graxa dos grãos de trigo variou significativamente ($p\leq 0,05$) entre tratamentos e tempos. Os valores nos grãos variaram de 0,15 a 0,10%, em média. A acidez graxa serve como indicador do processo de rancidez hidrolítica dos lipídios e à medida que o teor aumenta indica alterações na qualidade do grão (BRASIL, 2005). Nithya et al. (2011), estudando o armazenamento de grãos de trigo verificaram que a acidez graxa das amostras aumentou com o aumento do tempo de armazenamento. Neste trabalho, os valores de acidez graxa apresentaram comportamento inverso, e isso pode ser explicado em virtude dos grãos de trigo estarem armazenados em condições favoráveis devido a poucas variações de umidade relativa do ar e temperatura ambiente. Embora se tenha verificado diminuição na acidez, os valores ainda podem ser considerados baixos. A redução de acidez graxa no final do armazenamento pode ter ocorrido em função da oxidação dos ácidos graxos liberados na rancidez hidrolítica.

3.2 AVALIAÇÕES DE QUALIDADE DA FARINHA DE TRIGO

3.2.1 Número de queda

O número de queda da farinha dos grãos de trigo variou significativamente entre tratamentos e tempos, exceto para o TI (Tabela 16).

Tabela 11 – Número de queda (NQ) das farinhas de grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Tratamento	NQ (segundos)			
	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	358,00 ^{abA} ±1,00	354,83 ^{bA} ±5,11	352,66 ^{aA} ±6,98	348,08 ^{aA} ±5,63
TR	356,66 ^{bAB} ±1,15	359,16 ^{abA} ±5,54	350,50 ^{aAB} ±6,17	342,66 ^{aB} ±5,37
TD	360,66 ^{aA} ±1,15	364,50 ^{aA} ±6,12	354,16 ^{aAB} ±6,21	340,75 ^{aB} ±3,53

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O número de queda apresenta relação inversa com a atividade da alfa-amilase (PERTEN INSTRUMENTS, 2010), assim pode dizer que houve aumento na atividade da alfa-amilase ao longo do período de armazenamento. González-torralba et al.(2013) verificaram aumento no número de queda com o tempo de armazenamento. No presente estudo os valores de NQ diminuíram para os tratamentos resfriados no tempo seis meses. Contudo, não se evidenciou pelos dados obtidos, que a temperatura de armazenamento mais baixa tenha inibido a atividade da enzima no período de tempo avaliado.

3.2.2 Glúten

O glúten é uma medida quantitativa da formação de proteínas de farinha que são responsáveis pela formação da massa. Na Tabela 17 são apresentados os índices de glúten úmido (GU), glúten seco (GS) e índice de glúten (IG) durante os seis meses de armazenamento.

Tabela 12 – Glúten úmido (GU), glúten seco (GS) e índice de glúten (IG) das farinhas de grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Glúten úmido (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	35,22 ^{aA} ±0,20	35,27 ^{aA} ±0,71	34,52 ^{aAB} ±0,39	33,99 ^{aB} ±0,35
TR	34,41 ^{bA} ±0,22	35,25 ^{aA} ±1,18	36,11 ^{aA} ±3,10	34,41 ^{aA} ±0,46
TD	33,71 ^{cA} ±0,15	34,60 ^{aA} ±1,60	34,00 ^{aA} ±0,40	33,25 ^{bA} ±0,44
Glúten seco (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	11,48 ^{aA} ±0,18	11,53 ^{aA} ±0,27	11,50 ^{abA} ±0,11	11,28 ^{bA} ±0,23
TR	11,17 ^{abA} ±0,16	11,50 ^{aA} ±0,00	12,27 ^{aA} ±1,06	11,61 ^{aA} ±0,15
TD	10,92 ^{bA} ±0,04	11,26 ^{aA} ±0,34	11,23 ^{bA} ±0,10	11,04 ^{bA} ±0,12
Índice de Glúten (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	87,94 ^{aA} ±1,53	88,89 ^{aA} ±1,89	85,09 ^{aA} ±4,71	87,07 ^{aA} ±6,47
TR	87,60 ^{aAB} ±1,10	89,15 ^{aAB} ±5,88	82,36 ^{aB} ±2,74	92,88 ^{aA} ±2,30
TD	87,56 ^{aAB} ±0,58	91,78 ^{aA} ±2,56	82,94 ^{aB} ±5,56	88,96 ^{aA} ±1,38

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Na análise de glúten úmido os resultados variaram significativamente entre tratamentos e tempos ($p \leq 0,05$). Os maiores valores de GU no último tempo de armazenamento foram nos tratamentos TI e TR e os menores valores para o tratamento TD. Segundo Freo et al. (2014), a terra de diatomácea pode deixar resíduos que alteram a constante dielétrica, ou iônica, da solução aquosa, conduzindo à formação de precipitação de proteínas de glúten. As variações ocorridas no GU podem ter ocorrido em virtude do tempo de armazenamento ter influenciado o parâmetro de glúten úmido. Além disso, a umidade relativa e temperatura podem ter influenciado. Karaoglu et al. (2010) avaliaram mudanças no glúten úmido com o aumento do tempo de trigo armazenado em ambiente natural.

O teor de glúten seco apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos, sendo verificado maior valor apresentado para o tratamento TR (11,61%). Os resultados de glúten úmido e seco não apresentaram tendência de aumento no período de armazenamento estudado. Como o glúten desempenha um papel importante nas propriedades reológicas da massa (WANG et al., 2015), esta análise é fundamental na caracterização do trigo.

O índice de glúten apresentou diferenças entre os tempos ($p \leq 0,05$) nos tratamentos TR e TD. O índice de glúten é um parâmetro que indica a qualidade da farinha. A farinha para panificação deve apresentar índice de glúten maior que 90% (KARAOGLU et al.,

2010). Porém, apenas o tratamento TR apresentou valores acima de 90% no final do armazenamento. Isso pode ter ocorrido pelo fato de o resfriamento ter afetado positivamente a qualidade tecnológica da farinha de trigo.

3.2.3 Farinografia

A farinografia foi avaliada por ser um dos mais completos e sensíveis testes para a avaliação da qualidade de mistura da massa de farinha de trigo. A Tabela 18 apresenta os parâmetros farinográficos de absorção de água (ABS), tempo de desenvolvimento (TD), estabilidade e índice de tolerância a mistura (TDM).

Tabela 13 – Farinografia das farinhas de grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Farinografia ABS (%)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	62,30 ^{aC} ±0,10	65,15 ^{aA} ±0,57	63,46 ^{aB} ±0,47	63,32 ^{aB} ±0,44
TR	60,48 ^{cC} ±0,02	64,60 ^{aA} ±0,49	63,49 ^{aAB} ±1,25	62,51 ^{aB} ±0,46
TD	61,43 ^{bA} ±0,11	62,55 ^{bA} ±1,12	62,70 ^{aA} ±1,11	61,29 ^{bA} ±0,94
Farinografia TD (minutos)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	6,33 ^{aA} ±0,05	6,76 ^{aA} ±0,42	7,08 ^{aA} ±0,58	6,70 ^{aA} ±0,24
TR	6,20 ^{aB} ±0,20	6,45 ^{aB} ±0,20	6,62 ^{aAB} ±0,29	7,10 ^{aA} ±0,49
TD	6,10 ^{aB} ±0,10	6,92 ^{aA} ±0,44	6,61 ^{aAB} ±0,36	6,66 ^{aAB} ±0,20
Farinografia Estabilidade (minutos)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	8,10 ^{aB} ±0,1	9,86 ^{abA} ±0,69	9,45 ^{bAB} ±0,85	9,23 ^{bAB} ±0,57
TR	8,00 ^{aC} ±0,1	9,02 ^{aBC} ±0,48	10,68 ^{aA} ±0,65	10,02 ^{abAB} ±0,89
TD	8,03 ^{aC} ±0,05	9,94 ^{aAB} ±0,60	9,37 ^{bB} ±0,35	10,52 ^{aA} ±0,53
Farinografia ITM (Unidades Farinográficas)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	106,66 ^{bA} ±0,57	102,16 ^{abA} ±6,61	92,16 ^{aA} ±8,04	97,91 ^{aA} ±3,26
TR	109,00 ^{aAB} ±1,00	107,25 ^{aA} ±7,87	95,91 ^{aAB} ±5,23	91,66 ^{aB} ±7,58
TD	103,00 ^{cA} ±1,00	94,08 ^{bAB} ±7,26	96,50 ^{aA} ±5,75	83,58 ^{aB} ±8,71

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Os valores de absorção de água variaram significativamente ($p \leq 0,05$) entre tratamentos e tempos. Os maiores valores encontrados foi para os tratamentos TI e TR e os menores valores para o tratamento TD. As farinhas com elevada qualidade tecnológica para produção de pães são aquelas que apresentam absorção de água entre 60 e 64% (JUNQUEIRA et al., 2007), que esta em acordo com os resultados deste trabalho. Os resultados indicaram um efeito positivo no armazenamento do trigo sobre a capacidade da farinha de absorver água durante o amassamento da massa de pão, para todas as condições.

O tempo de desenvolvimento apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) apenas entre tempos de armazenamento. Os valores variaram entre 6,21 UF no tempo zero e 6,82 UF no último tempo, em média.

A estabilidade apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamentos e tempos de armazenamento. A farinha de trigo considerada de boa qualidade é aquela que apresenta tempo de estabilidade de 7,5 min ou mais (FERNANDES et al., 2008). No presente estudo estes foram superiores. A estabilidade da massa é um parâmetro indicador de resistência ao amassamento e qualidade tecnológica. Os valores de estabilidade de massas dependem, em grande parte, do número de ligações entre as moléculas de proteínas presentes no glúten, bem como da força destas ligações (INDRANI; RAO, 2007).

O índice de tolerância à mistura apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os tempos e tratamentos, exceto para TI. Esse parâmetro permite classificar a farinha sendo ela forte ou fraca, assim quanto menor o valor de índice de tolerância a mistura mais forte é a farinha (ALMEIDA et al., 2010). Todos os tratamentos foram considerados com média força.

Os resultados de farinografia possibilitaram classificar a farinha como própria para panificação. Com os resultados obtidos no presente estudo pode afirmar que o armazenamento resfriado melhora as propriedades tecnológicas de farinha de trigo.

3.2.4 Alveografia

A alveografia é um teste que simula o comportamento da massa na fermentação, avaliando as características viscoelásticas da massa. Os resultados obtidos para o teste de alveografia foram tenacidade (P), extensibilidade (L), relação P/L e força de glúten (W) (Tabela 19).

Tabela 14 -Alveografia dos tratamentos ao longo do armazenamento com os parâmetros P, L, P/L e W das farinhas dos grãos de trigo armazenado no sistema a granel em ambiente natural com inseticida (TI), ambiente resfriado (TR) e em ambiente resfriado com terra de diatomácea (TD) por 0, 2, 4 e 6 meses

Alveografia P (mmH ₂ O)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	94,00 ^{aA} ±1,00	91,50 ^{aA} ±2,16	91,66 ^{aA} ±6,25	83,33 ^{aB} ±1,96
TR	95,66 ^{aA} ±0,57	93,50 ^{aA} ±1,37	92,00 ^{aA} ±1,09	84,66 ^{aB} ±3,66
TD	90,66 ^{bB} ±0,57	91,83 ^{aAB} ±1,60	94,00 ^{aA} ±1,78	84,66 ^{aC} ±1,51
Alveografia L (mm)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	85,00 ^{bB} ±1,00	97,66 ^{aB} ±4,45	101,00 ^{aB} ±6,06	120,16 ^{aA} ±5,41
TR	98,33 ^{aA} ±0,57	98,66 ^{aB} ±4,70	96,66 ^{aA} ±8,69	111,16 ^{aA} ±8,42
TD	83,00 ^{bC} ±1,00	99,66 ^{aB} ±7,21	98,67 ^{aB} ±2,85	119,83 ^{aA} ±3,65
Alveografia P/L				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	1,10 ^{aA} ±0,01	0,93 ^{aB} ±0,05	0,91 ^{aB} ±0,11	0,69 ^{aC} ±0,04
TR	0,97 ^{bA} ±0,01	0,93 ^{aA} ±0,04	0,96 ^{aA} ±0,11	0,77 ^{aB} ±0,13
TD	1,09 ^{aA} ±0,01	1,93 ^{aA} ±0,07	0,95 ^{aB} ±0,04	0,69 ^{aC} ±0,03
Alveografia W (J)				
Tratamento	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
TI	210,33 ^{aB} ±0,57	238,00 ^{aA} ±4,03	234,83 ^{aA} ±3,43	244,16 ^{aA} ±6,40
TR	213,00 ^{aB} ±2,64	227,83 ^{abAB} ±4,04	225,33 ^{aAB} ±2,25	239,00 ^{aA} ±3,31
TD	209,00 ^{aC} ±1,00	222,16 ^{bBC} ±4,44	229,50 ^{aB} ±1,22	244,00 ^{aA} ±1,26

Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão. As médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

A tenacidade (P) variou significativamente ($p\leq 0,05$) entre tratamentos e tempos. Observou-se uma redução nos valores durante os seis meses de armazenamento. O parâmetro de tenacidade é uma propriedade de resistência da massa, fornecida principalmente pela glutenina, a qual é uma mistura heterogênea formada por vários polímeros de subunidades unidas por ligações dissulfeto intra e intermoleculares (DELCOUR; HOSENEY, 2010). Pirozi; Germani (1998) afirmaram que os grupos tióis (-SH) presentes na proteína do trigo sofrem oxidação, favorecendo a formação de pontes dissulfeto, o que fortalece o glúten e aumenta a capacidade elástica da massa. A oxidação ocorre devido à ação do oxigênio atmosférico e ou presença de agentes oxidantes na farinha de trigo.

A extensibilidade (L) variou significativamente ($p\leq 0,05$) entre tratamentos e tempos, ocorrendo aumento com o tempo de armazenamento. A extensibilidade (L) é usada para

predizer o volume do pão e avalia as propriedades da fração protéica gliadina, responsável pela capacidade de extensão da massa (DELCOUR; HOSENEY, 2010).

A relação tenacidade/extensibilidade (P/L) variou significativamente ($p \leq 0,05$) entre tratamentos e tempos, apresentando uma redução no período de seis meses de armazenamento. Esta relação expressa o equilíbrio da massa. Para a fabricação de pães o ideal é que os valores de P/L estejam entre 0,5 e 1,2 (ORTOLAN, 2010). No presente trabalho a relação P/L ficou entre 0,69 e 0,77, estas farinhas podem ser indicadas para a fabricação de pães.

A força do glúten (W) das farinhas de trigo variou significativamente ($\leq 0,05$) entre tempos e tratamentos, aumentando com o tempo de armazenamento. Os valores variaram entre 210,77 e 242,38 x 10⁻⁴ J, em média. Segundo a Instrução Normativa do Trigo (BRASIL, 2010), para se enquadrar na classe pão os valores devem ficar entre 220 e 300 x 10⁻⁴J. Resultados similares relacionando tempo de armazenamento de grãos de trigo na força de glúten foram relatados por Carneiro et al. (2005) e Gutkoski et al. (2008). O resfriamento artificial melhorou a força de glúten da farinha de trigo armazenado por seis meses.

CONCLUSÕES

As características de qualidades tecnológica e fisiológica dos grãos de trigo se alteram durante o armazenamento em ambiente natural com inseticida e resfriado artificialmente sem ou com terra de diatomácea, ocorrendo reduções significativas ($p \leq 0,05$) nos parâmetros contagem de fungos, envelhecimento acelerado, umidade, proteínas, lipídios, número de queda, índice de tolerância à mistura, tenacidade e relação tenacidade e extensibilidade. Nas determinações de vigor, condutividade elétrica, absorção de água, estabilidade, extensibilidade, força de glúten e acidez graxa em ambiente natural com inseticida ocorreram elevações de valores.

Com o tempo de armazenamento os valores de peso do hectolitro, massa de mil grãos, cinzas e glúten não variaram significativamente ($p > 0,05$). O resfriamento artificial é efetivo na conservação da qualidade tecnológica e fisiológica de grãos de trigo armazenados, com a indicação de terra de diatomácea para prevenir possíveis perdas devido ao ataque de insetos-praga. A terra de diatomácea interfere em propriedades tecnológicas do grão, sem afetar a qualidade da farinha de trigo.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade de Passo Fundo. A Capes pela bolsa de estudos e a Biotrigo Genética pelo material experimental.

REFERÊNCIAS

- AACCI. American Association of Cereal Chemists International. **Approved Methods**, 11th ed., St. Paul: AACCI, 2010.
- ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; FILHO, A. F. L.; FERREIRA, L. G.; MENEGHITTI, M. R. Qualidade dos grãos de soja em função das condições de armazenamento. **Engenharia Agricultura**. v.16, p.155-166, 2008.
- ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K.; AÇO, C. J. Effect of adding different dietary fiber sources on farinographic parameters of wheat flour . **Cereal Chemistry**.v.87, p. 566-573, 2010.
- BHATTACHARYA, K.; RAHA, S. Deteriorative changes of maize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. **Mycopathologia**, v. 155, p 135-141, 2002.
- CARNEIRO, L. M. T. A.; BIAGI, J. D.; FREITAS, J. G.; CARNEIRO, M. C.; FELÍCIO, J. C. Diferentes épocas de colheita, secagem e armazenamento na qualidade de grãos de trigo comum e duro. **Bragantia**, v.64, n.1, p.127-137, 2005.
- COSTA, A. R.; FARONI, L. R. D.; ALENCAR, E. R.; CARVALHO, M. C. S; FERREIRA, L. G. Qualidade de grãos de milho armazenados em silos bolsa. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, p.200-207, 2010.
- DELCOUR, J. A.; HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**.3.ed. Saint Paul: AACC International, 270p., 2010.
- ELIAS, M. C. **Manejo tecnológico na secagem e no armazenamento de grãos**. Pelotas: Editora Santa Cruz, p. 378, 2009.
- FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum Lineu*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**.v. 28, p. 56-65, 2008.
- FLEURAT-LESSARD, F. Integrated management of the risks of stored grain spoilage by seedborne fungi and contamination by storage mouldmycotoxins – An update. **Journal of Stored Products Research**.v.71, p. 22–40, 2017.
- GUTKOSKI, L. C.; EICHELBERGER, L.; SANTIN, J. A.; PORTELLA, J.A.; SPIER, F.; COLUSSI, R. Avaliação da composição química de milho seco e armazenado em silo tipo alambrado com ar natural forçado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 29, 879-885, 2009.
- GUTKOSKI, L. C.; DURIGON, A.; MAZZATTI, S.; SILVA, C. T.; ELIAS, M. C. Efeito do período de maturação de grãos nas propriedades físicas e reológicas de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 28, n. 4, p. 888-894, 2008.

INDRANI, D.; RAO, G. V. Rheological characteristics of wheat flour dough as influenced by ingredients of Parotta. **Journal of Food Engineering**, v. 17, n. 1, p. 105-110, 2007.

JUNQUEIRA, R. M.; ROCHA, F.; MOREIRA, M. A.; CASTRO, I. A. Effect of proofing time and wheat flour strength on bleaching, sensory characteristics, and volume of french breads with added soybean lipoxygenase. **Cereal Chemistry**. v. 84, n. 5, p. 443-449, 2007.

LACA, A, Z. MOUSIA, M. DÍAZ, C. WEBB, S.S. Pandiella Distribution of microbial contamination within cereal grains. **Journal Food Engineering**. v. 72, pp. 332-338, 2006.

KARAOGLU, M.M., AYDENIZ, M., KOTANCILAR, H.G., GERÇELASLAN, K.E. A comparison of the functional characteristics of wheat stored as grain with wheat stored in spike form. *Int. Journal of Food Science Technology*. v. 45, p. 38-47, 2010.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**, Piracicaba: FEALQ, p.495, 2005.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap. 3, p. 1-24, 1999b.

MARINI, L.J. et al. Efeito da secagem intermitente na estabilidade de grãos de aveia. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.8, n.3, p.260-267, 2005.

NITHYA, U.; CHELLADURAI, V.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G. Safe storage guidelines for durum wheat. **Journal of Stored Products Research**, v.47, n.4, p.328-333, 2011.

ORTOLAN, F.; HECKTHEUER, L. H.; MIRANDA, M. Z. Efeito do armazenamento à baixa temperatura (-4 °C) na cor e no teor de acidez da farinha de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.1, p.55-59, 2010.

PARAGINSKI, R. T.; ROCKENBACH, B. A.; SANTOS, R. F.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA M. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, n.4, p.358-363, 2015.

POLAT, E. Integração dos efeitos de diferentes tipos de armazenamento sobre as características de qualidade nutricional de alguns alimentos. **Journal of Food Agriculture and Environment**, v.11, p. 897-903, 2013.

POSNER, E.S.; HIBBS, A.N. **Wheat flour milling**. 2.ed. Minnesota: **American Association of Cereal Chemists**. p. 341, 1999.

POSNER, E.S.; HIBBS, A.N. **Wheat flour milling**. 2.ed. Minnesota: **American Association of Cereal Chemists**. p. 341, 1999.

RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A. F.; VOLK, M. B. S. Avaliação da qualidade do feijão armazenado em ambiente refrigerado. **Alimentos e Nutrição**. v.20, p.649-655, 2009.

RUPOLLO, G. Sistemas de armazenamento hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1715-1722, 2004.

STRELEC, I., POPOVIC, R., IVANISIC, I., JURKOVIC, V., JURKOVIC, Z., UGARCICHARDI, Z., SABO, M. Influence of temperature and relative humidity on grain moisture, germination and vigour of three wheat cultivars during one year storage. **Journal Poljoprivreda**.n.16, p. 20-24, 2010.

TORRES, S. B.; MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumisanguria L.*). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 108-112, 2001

WANG, P.; JIN, Z.; XU, X. Physicochemical alterations of wheat gluten proteins upon dough formation and frozen storage – A review from gluten, glutenin and gliadin perspectives. **Trends in Food Science & Technology**.v. 46, p. 189–198, 2015.