

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**



**EFEITOS DA TEMPERATURA E DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO  
DO TRIGO SOBRE PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE  
DOS GRÃOS E DAS FARINHAS**

**DANIEL RUTZ**  
Engenheiro Agrônomo

**PELOTAS**  
Rio Grande do Sul - Brasil  
2012

**DANIEL RUTZ**  
Engenheiro Agrônomo

**EFEITOS DA TEMPERATURA E DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO  
DO TRIGO SOBRE PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE  
DOS GRÃOS E DAS FARINHAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área do conhecimento: Ciência e Tecnologia de Alimentos).

**Orientador: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias**  
**Co-Orientador: Prof. Dr. Maurício de Oliveira**

**PELOTAS**  
**Rio Grande do Sul - Brasil**  
**2012**

**Dados de catalogação na fonte:**

(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

R982e Rutz, Daniel

Efeitos da temperatura e do tempo de armazenamento do trigo sobre parâmetros de avaliação da qualidade dos grãos e das farinhas / Daniel Rutz; orientador Moacir Cardoso Elias; co-orientador Maurício de Oliveira. Pelotas, 2012. 98f.: il.- Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2012.

1. *Triticum aestivum* L. 2. Conservação 3. Propriedades reológicas 4. Resfriamento. I. Elias, Moacir Cardoso (orientador) II. Título.

CDD 633.11

**Comissão Examinadora:**

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias (Orientador) – FAEM - UFPel

Prof. Dr. Marcelo Zaffalon Peter – CAVG - IFSul

Prof. Dr. Fabrizio da Fonseca Barbosa – CCQFA - UFPel

Prof. Dr. Alvaro Renato Guerra Dias – FAEM - UFPel

## **Dedico**

A cada pessoa com a qual convivi e/ou convivo,  
meus pais, irmãos, cunhadas, sobrinhos, colegas,  
professores, amigos, ...

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Darinho e Edi; aos meus irmãos, Gilson e Nilson, e às suas respectivas esposas, Neli e Eliani; e, aos meus sobrinhos, Jonatá, Josiane, Manuela e Josielen, pelo carinho, pelo amor, pela compreensão e pelo apoio incondicional.

Aos meus padrinhos, Herbert, Valquíria e Rubi, pelo apoio incondicional.

Aos amigos e colegas de longa data, André Luiz Radünz, Dalcionei Pazzin, Elias Vargas Ramm e Renan Bernardy, que estiveram sempre próximos, mesmo estando, alguns, distantes geograficamente.

Ao professor Moacir Cardoso Elias, pela orientação, pela compreensão, pela amizade paternal sempre demonstrada e pelo conhecimento compartilhado.

Ao professor Maurício de Oliveira, pela co-orientação e pela convivência e amizade de longa data.

Aos professores Jerri Teixeira Zanusso, Marcelo Zaffalon Peter, Fábio Clasen Chaves, Alvaro Renato Guerra Dias, Cesar Valmor Rombaldi, Manoel Artigas Schirmer, Leonardo Nora e Fabrizio da Fonseca Barbosa, pela amizade, pelo conhecimento compartilhado e pela disposição em ajudar.

Aos mestrandos, doutorandos e pós-doutorandos do LabGrãos: Alexandra Morás, Bruna Bolacel Arns, Bruna Klein, Cristina Mayumi Ide Guadagnin, Dejalmo Nolasco Prestes, Diego Batista Zeni, Fabiana Torma Botelho, Flávia Fernandes Paiva, Joana Maria Leite de Souza, Juliane Mascarenhas Pereira, Lúcia Rota Borges, Mônica Palomino de los Santos, Nathan Levien Vanier, Nelisa Lamas, Paula Fernanda Pinto da Costa, Rafael de Almeida Schiavon, Ricardo Scherer Pohndorf, Vagna Aparecida Pereira Freire, Vânia Zanella Pinto, Vera Maria de Souza Bortolini, em especial à Josiane Bartz e ao Jardel Casaril, pelo auxílio direto e/ou indireto nas atividades desta dissertação.

Aos estudantes de nível técnico, tecnológico e graduandos do LabGrãos: Cristiano Dietrich Ferreira, Franciene Almeida Villanova, Igor da Silva Lindemann, Ismael Aldrighi Bertinetti, Jarine Amaral do Evangelho, Joaquim da Silva Franck, Jorge Sampaio Aguiar, Jorge Tiago Schwanz Göebel, Lazaro Carvalho de Oliveira, Rafael Junior Foguesatto, Renan Kaufmann, Vinícius Peroba Rosinha, em especial à Lis Bacchieri Duarte Cavalheiro, ao Ricardo Tadeu Paraginski e à Mariana Girão, pela assistência direta e/ou indireta nas atividades desta dissertação.

Ao professor Luiz Carlos Gutkoski por permitir a realização da extração das farinhas e a análise, das mesmas, no Laboratório de Cereais do Centro de Pesquisa em Alimentação da Universidade de Passo Fundo, pela amizade, pelo conhecimento compartilhado e pela gentil hospedagem em sua casa no período.

Aos funcionários do Laboratório de Cereais do Centro de Pesquisa em Alimentação da Universidade de Passo Fundo: Angelica Deon, Israel Portela de Farias e Tânia Aparecida Soster Santetti, pelo acolhimento e pelo auxílio na realização das análises.

À empresa Granello Sementes, na pessoa do Engenheiro Agrônomo Gerson Herter, pela doação do trigo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa pelo Programa de Demanda Social.

## RESUMO

**RUTZ, Daniel. Universidade Federal de Pelotas, outubro de 2012.** Efeitos da temperatura e do tempo de armazenamento do trigo sobre parâmetros de avaliação da qualidade dos grãos e das farinhas. **Orientador: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias. Co-Orientador: Prof. Dr. Maurício de Oliveira.**

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é matéria prima essencial na panificação, na confeitaria e nas indústrias de massas e de formulações de concentrados para alimentação animal. Apesar da ocorrência de inegáveis avanços da pesquisa no setor de produção, há carência de informações para gerar um conhecimento mais aprofundado do armazenamento do trigo. Objetivou-se estudar efeitos da temperatura e do tempo de armazenamento do trigo sobre parâmetros de avaliação da qualidade dos grãos e das farinhas. Os grãos foram armazenados com teor de água de 12,5%, b.u., nas temperaturas de 4, 11, 18 e 25±2°C. Alíquotas foram retiradas a cada 45±2 dias ao longo dos 180 dias de armazenamento para avaliação dos atributos de qualidade dos grãos – massa específica aparente, massa de mil grãos, germinação, vigor e acidez graxa – e atributos de qualidade das farinhas – número de queda e perfis: colorimétrico, viscoamilográfico, alveográfico e de glúten. Os dados foram analisados quanto à variância e modelos de regressão foram utilizados para descrever e representar o fenômeno. Para a época, o local e as condições nas quais foi realizada a pesquisa, conclui-se que: (1) o processo de envelhecimento dos grãos ocorre independentemente da temperatura de armazenamento, na faixa de 4 a 25°C; (2) o aumento do tempo de armazenamento aumenta a acidez graxa, a alteração da cor, a temperatura de pasta, o tempo de viscosidade máxima e a tenacidade; e, (3) diminui a massa específica aparente, a massa de mil grãos, a germinação, o vigor, o número de queda, a extensibilidade, a força geral do glúten, os índices de intumescimento e de elasticidade, os perfis viscoamilográfico e de glúten; (4) o resfriamento dos grãos de trigo no armazenamento, por 180 dias, provoca redução na acidificação do óleo e não altera a massa específica aparente, a germinação, o número de queda, o índice de intumescimento, os perfis colorimétrico e viscoamilográfico; e, (5) o resfriamento para temperaturas menores do que 11°C no armazenamento resulta em maior preservação da massa de mil grãos e da força geral do glúten.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum* L., conservação, propriedades reológicas, resfriamento.

## ABSTRACT

RUTZ, Daniel. Universidade Federal de Pelotas, October, 2012. **Effects of temperature and storage time on wheat parameters to assess the quality of grain and flour.** Advisor: Moacir Cardoso Elias. Co-Advisor: Maurício de Oliveira.

The wheat (*Triticum aestivum* L.) is essential raw material in bakery, confectionery and pasta industries and formulations of concentrated animal feed. Despite the occurrence of undeniable research advances in the manufacturing sector, there is little information to generate a deeper understanding of the storage of wheat. The objective in this work was to study effects of temperature and storage time on wheat parameters to assess the quality of grain and flour. Wheat grains were stored with referential moisture content of 12.5%, wet basis, and temperatures of 4, 11, 18, and  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Aliquots were retired every  $45\pm 2$  days over the 180 days of storage for evaluation of the quality attributes of the grains – bulk density apparent, mass of thousand grain, germination, vigour and fat acidity – and flour quality attributes – falling number and profiles: colorimetric, viscoamilographic, alveographic and gluten. The datas were analyzed for variance and regression models were used to describe and represent the phenomenon. For the season, the location and the conditions under which the research was conducted, it is concluded that: (1) the aging process of the grains occurs independently of the storage temperature, in the range of 4 to  $25^{\circ}\text{C}$ ; (2) increasing the storage time increases fat acidity value, color change, pasting temperature, peak time and tenacity; and, (3) decreases bulk density, thousand grain weight, germination, vigour, falling number, extensibility, gluten strength, swelling and elasticity indexes, pasting properties and gluten profile; (4) cooling of wheat grain in storage for 180 days, causes a reduction in the acidification of the oil and not change the bulk density, germination, falling number, swelling index, pasting properties and colorimetric profile; and, (5) cooling to temperatures lower than  $11^{\circ}\text{C}$  storage results in greater preservation of thousand grain weight and gluten strength.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L., conservation, rheological properties, cooling.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Série histórica da área, da produtividade e da produção de grão de trigo no Brasil desde a safra de 1977/78 até a safra 2011/2012 .....	5
<b>Figura 2.</b> Grão de trigo: (A) seções longitudinal e (B) transversal .....	7
<b>Figura 3.</b> Diagrama geral para conservação de cereais .....	15
<b>Figura 4.</b> Representação da cor sólida no sistema Hunter de cor .....	21
<b>Figura 5.</b> Comportamento típico dos grânulos de amido ao longo da análise de viscosidade no equipamento analisador rápido de viscosidade ( <i>RVA</i> ). .....	24
<b>Figura 6.</b> Variáveis de resposta obtidas no equipamento analisador rápido de viscosidade ( <i>RVA</i> ) e sua identificação no viscoamilograma .....	25
<b>Figura 7.</b> Principais variáveis obtidas no equipamento alveógrafo e sua identificação no alveograma.....	27
<b>Figura 8.</b> Teor de água dos grãos de trigo (% , b.u.) submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	38
<b>Figura 9.</b> Massa específica aparente ( $\text{kg m}^{-3}$ ), b.u., dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento .....	39
<b>Figura 10.</b> Massa de mil grãos (g), b.u., de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	41
<b>Figura 11.</b> Percentual de germinação (%) dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	42
<b>Figura 12.</b> Percentual de vigor (%), por envelhecimento acelerado, dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	43
<b>Figura 13.</b> Acidez graxa ( $\text{mg de KOH } 100 \text{ g}^{-1}$ da farinha integral), b.s., dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	44
<b>Figura 14.</b> Teor de água das farinhas dos grãos de trigo (% , b.u.) submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento .....	46
<b>Figura 15.</b> Teor de glúten úmido (%) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento .....	49
<b>Figura 16.</b> Teor de glúten seco (%) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento .....	50
<b>Figura 17.</b> Índice de glúten (%) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento .....	51
<b>Figura 18.</b> Valores da coordenada de cromaticidade $L'$ das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	52

<b>Figura 19.</b> Valores da coordenada de cromaticidade a' das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	53
<b>Figura 20.</b> Valores da coordenada de cromaticidade b' das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	54
<b>Figura 21.</b> Diferença de cor das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	55
<b>Figura 22.</b> Número de queda (s) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	57
<b>Figura 23.</b> Viscosidade máxima (RVU) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	59
<b>Figura 24.</b> Viscosidade mínima (RVU) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	60
<b>Figura 25.</b> Quebra de viscosidade (RVU) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	61
<b>Figura 26.</b> Viscosidade final (RVU) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	62
<b>Figura 27.</b> Tendência à retrogradação (RVU) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	63
<b>Figura 28.</b> Temperatura de pasta (°C) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	64
<b>Figura 29.</b> Tempo de viscosidade máxima (min) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	65
<b>Figura 30.</b> Tenacidade (mmCA) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	66
<b>Figura 31.</b> Extensibilidade (mm) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	68
<b>Figura 32.</b> Força geral do glúten ( $\times 10^{-4}$ J) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	69
<b>Figura 33.</b> Relação entre tenacidade e extensibilidade das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	71
<b>Figura 34.</b> Índice de intumescimento (mL) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	72
<b>Figura 35.</b> Índice de elasticidade (%) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento.....	73

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Composição proximal dos grãos de trigo .....	37
<b>Tabela 2.</b> Perfil granulométrico (%) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento .....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS E UNIDADES

% – por cento

%, b.s. – percentagem em base seca

%, b.u. – percentagem em base úmida

= – igual

± – mais ou menos

a' – coordenada de cromaticidade a' que varia de -a' (verde) até +a' (vermelho)

AACC – *American Association of Cereal Chemists* (Associação Americana de Química de Cereais)

ABITRIGO – Associação Brasileira da Indústria do Trigo

AOAC – *Association of Official Analytical Chemists International* (Associação Internacional de Análises Químicas Oficiais)

AOSA – *Association of Official Seed Analysts* (Associação de Análises de Sementes Oficiais)

b.s. – base seca

b.u. – base úmida

b' – coordenada de cromaticidade b' que varia de -b' (azul) até +b' (amarelo)

CIELab – *Commission Internationale d'Eclairage L' + a' + b'* (Comissão Internacional em Iluminação + as coordenada de cromaticidade L' + a' + b')

cm – centímetro

cm<sup>2</sup> – centímetro quadrado

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

DF – Distrito Federal

Dr. – doutor

g – grama

g ¼ L<sup>-1</sup> – grama por um quarto de litro

GO – Goiás

h – hora

J - Joule

kg – quilograma

kg de trigo habitante<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> – quilograma de trigo por habitante por ano

kg m<sup>-3</sup> – quilograma por metro cúbico

KOH – hidróxido de potássio

L' – coordenada de cromaticidade de luminosidade que varia entre zero (preto) e 100 (branco)

MG – Minas Gerais

mg de KOH 100g<sup>-1</sup> – miligrama de hidróxido de potássio por 100 gramas  
mL – mililitro  
mm – milímetro  
mmCA – milímetro de coluna d'água  
MS – Mato Grosso do Sul  
NIRS – *Near InfraRed Spectrometer* (espectrômetro de infravermelho próximo)  
°C – grau Celsius  
PR – Paraná  
Prof. – professor  
R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação  
RS – Rio Grande do Sul  
RVA – *Rapid Visco Analyser* (analisador rápido de viscosidade)  
RVU – *Rapid Visco Unit* (unidade viscoamilográfica)  
SC – Santa Catarina  
SP – São Paulo  
t ha<sup>-1</sup> – tonelada por hectare  
µm – micrometro  
µS cm<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> – microSiemens por centímetro por grama

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS E UNIDADES</b> .....	<b>ix</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. A cultura do trigo</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2. O grão e a farinha de trigo</b> .....	<b>6</b>
<b>2.3. A qualidade dos grãos e da farinha de trigo</b> .....	<b>10</b>
<b>2.4. A temperatura, a umidade e o tempo de armazenamento dos grãos</b> ....	<b>12</b>
<b>2.5. Atributos de qualidade dos grãos</b> .....	<b>16</b>
2.5.1. Massa específica aparente.....	16
2.5.2. Massa de mil grãos.....	17
2.5.3. Germinação.....	17
2.5.4. Vigor.....	18
2.5.5. Acidez graxa.....	19
<b>2.6. Atributos de qualidade das farinhas de trigo</b> .....	<b>20</b>
2.6.1. Granulometria.....	20
2.6.2. Glúten.....	20
2.6.3. Colorimetria.....	21
2.6.4. Número de queda.....	22
2.6.5. Viscoamilografia.....	23
2.6.6. Alveografia.....	26
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>28</b>
<b>3.1. Material</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2. Métodos</b> .....	<b>28</b>
3.2.1. Delineamento experimental.....	28
3.2.2. Preparo do material.....	29

3.2.2.1.	Recepção dos grãos.....	29
3.2.2.2.	Armazenamento .....	29
3.2.2.3.	Condicionamento e moagem.....	29
3.2.3.	Avaliações.....	30
3.2.3.1.	Composição proximal .....	30
3.2.3.2.	Teor de água .....	30
3.2.3.3.	Atributos de qualidade dos grãos de trigo .....	31
3.2.3.3.1.	Massa específica aparente.....	31
3.2.3.3.2.	Massa de mil grãos.....	31
3.2.3.3.3.	Germinação .....	31
3.2.3.3.4.	Vigor .....	31
3.2.3.3.5.	Acidez graxa .....	32
3.2.3.4.	Perfil granulométrico.....	32
3.2.3.5.	Atributos de qualidade das farinhas de trigo.....	33
3.2.3.5.1.	Perfil de glúten.....	33
3.2.3.5.2.	Perfil colorimétrico .....	33
3.2.3.5.3.	Número de queda .....	34
3.2.3.5.4.	Perfil viscoamilográfico .....	34
3.2.3.5.5.	Perfil alveográfico .....	34
3.2.3.6.	Análise estatística.....	36
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1.</b>	<b>Composição proximal dos grãos de trigo.....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.</b>	<b>Teor de água dos grãos de trigo.....</b>	<b>37</b>
<b>4.3.</b>	<b>Atributos de qualidade dos grãos de trigo .....</b>	<b>39</b>
4.3.1.	Massa específica aparente .....	39
4.3.2.	Massa de mil grãos.....	41
4.3.3.	Germinação .....	41
4.3.4.	Vigor.....	43
4.3.5.	Acidez graxa .....	44
<b>4.4.</b>	<b>Teor de água das farinhas de trigo.....</b>	<b>46</b>
<b>4.5.</b>	<b>Perfil granulométrico das farinhas de trigo .....</b>	<b>47</b>
<b>4.6.</b>	<b>Atributos de qualidade das farinhas de trigo .....</b>	<b>49</b>

4.6.1. Perfil de glúten .....	49
4.6.2. Perfil colorimétrico .....	52
4.6.3. Número de queda .....	57
4.6.4. Perfil viscoamilográfico .....	58
4.6.5. Perfil alveográfico .....	66
<b>4.7. Considerações gerais .....</b>	<b>74</b>
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>76</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

O homem cultiva o trigo há pelo menos seis mil anos. O trigo é a poácea mais cultivada no mundo e tem grande importância na alimentação humana, sendo fonte de carboidratos, proteínas, vitaminas e minerais. A sua farinha é matéria prima essencial na panificação, na confeitaria e nas indústrias de massas. Economicamente, o trigo é sinônimo de potência agrícola e representa importante item na balança comercial, sendo fator de soberania de uma nação. A produção de trigo é uma atividade importante no Brasil, especialmente na região sul por apresentar condições ambientais mais favoráveis para a cultura. O Brasil se caracteriza por ser um país importador deste cereal e vem, nos últimos anos, procurando diminuir os volumes importados por meio de um aumento da produção interna.

Além da produção, preocupações com a qualidade também estão cada vez mais presentes nos dias atuais. A qualidade dos grãos de trigo é determinada por fatores como o genótipo, as condições edafoclimáticas de cultivo, o manejo antes da colheita (adubação, controle de plantas daninhas, de insetos e de micro-organismos), a colheita e o manejo pós-colheita (secagem, armazenamento e processamento). Muitos destes fatores podem alterar as propriedades e as condições dos grãos, comprometendo a sua utilização futura.

Apesar da ocorrência de inegáveis avanços da pesquisa no setor de produção, há carência de informações para gerar um conhecimento mais aprofundado do armazenamento do trigo. O grão precisa ser armazenado de forma segura até ser processado. A massa de grãos armazenada constitui um ecossistema produzido pelo homem no qual a deterioração resulta de interações entre fatores físicos, químicos e biológicos. O armazenamento seguro dos grãos depende principalmente do teor de água dos grãos, da temperatura de armazenamento e do período de armazenamento. Além disso, tem ocorrido um aumento, nos últimos anos, da utilização da tecnologia de resfriamento no armazenamento de grãos. Estes fatores justificam a importância da realização de estudos sobre a armazenagem de grãos, na busca da obtenção de um produto de alto valor nutricional e comercial, com as características originais preservadas.

A importância do estudo da temperatura de armazenamento aliada ao teor de água dos grãos ao longo do período de armazenamento tende a aumentar à medida que cresce a produção. Chegando-se a uma temperatura (ou faixa de temperatura) ótima de armazenamento e a um teor de água ótimo (ou uma faixa de teor de água ótima), isso permitir vantagens, tais como: armazenamento por mais tempo, sem decréscimo significativo de qualidade dos grãos; redução das perdas de pós-colheita; possibilidade de um maior retorno financeiro ao produtor e à indústria; e, aumento da competitividade do Brasil na exportação de grãos, a qual tem aumentado nos últimos anos e tende a continuar crescendo.

Diante do exposto, e devido ainda à escassez de estudos, mediante pesquisas realizadas nas principais bases de dados bibliográficos, e com as palavras-chave utilizadas, propôs-se esta pesquisa com o objetivo de avaliar efeitos da temperatura e do tempo de armazenamento do trigo sobre parâmetros de avaliação da qualidade dos grãos e das farinhas. Na qual a principal hipótese é de que o armazenamento a temperaturas mais baixas preserve a qualidade dos grãos e possibilita que os mesmos sejam armazenados sem alteração nas suas propriedades.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

Algo importante de ser esclarecido é a diferença conceitual entre os termos “semente” e “grão”, devido ao fato de muitas pessoas ainda terem dificuldades na sua distinção. A diferença está primordialmente na finalidade a qual será dada. O destino da “semente” é a multiplicação, gerar uma nova planta; do “grão” é, principalmente, a alimentação (PESKE; BARROS, 2006). Apesar de o foco na dissertação ser trigo, e para alimentação, na revisão bibliográfica e na discussão dos resultados, eventualmente, serão mencionados outras espécies vegetais e o termo semente(s), devido ao comportamento em muitas propriedades ser, senão idêntico, muito similar entre grãos e sementes da mesma espécie vegetal; e, entre espécies vegetais, ser, senão similar, muito próximo.

Em se tratando de grãos e/ou sementes, ainda não há um consenso no uso da terminologia, alguns pesquisadores defendem “grau de umidade”; outros, “teor de água”; e outros, ainda, “teor de umidade”. É sabido que umidade é uma propriedade físico-química dos materiais; já água é uma molécula, uma substância, um constituinte. A comunidade científica internacional recomenda que seja utilizado o termo teor de água, portanto, na dissertação optou-se pelo termo “teor de água”, quando não se tratava de propriedade físico-química de materiais.

### **2.1. A cultura do trigo**

O trigo constitui desde os tempos pré-históricos em uma das principais fontes alimentares do ser humano. O cultivo remota à época dos primórdios da agricultura, a cerca de dez mil anos. A farinha é o principal produto obtido pela moagem dos grãos de trigo e o ingrediente básico de vários alimentos, tais como: pães, macarrões, biscoitos, bolos e cereais matinais, em diferentes culturas. O pão foi o principal alimento na história da civilização da Mesopotâmia e do Nilo, conquistando a Europa (CARVALHO; NAKAGAWA, 1988). Devido a adaptação do trigo a muitos tipos de solos e climas, sua faixa de cultivo estende-se de 30° a 60° de latitude norte e de 20° a 40° de latitude sul, em condições particulares encontra-se também no Equador e no Círculo Polar (QUAGLIA, 1991). Tradicionalmente, a cultura obtém melhores níveis de produtividade nas regiões de clima temperado,

destacando-se as nações: Alemanha, França, Ucrânia, centro-oeste dos Estados Unidos, Canadá, Austrália, China e Argentina (GUTKOSKI *et al.*, 2011).

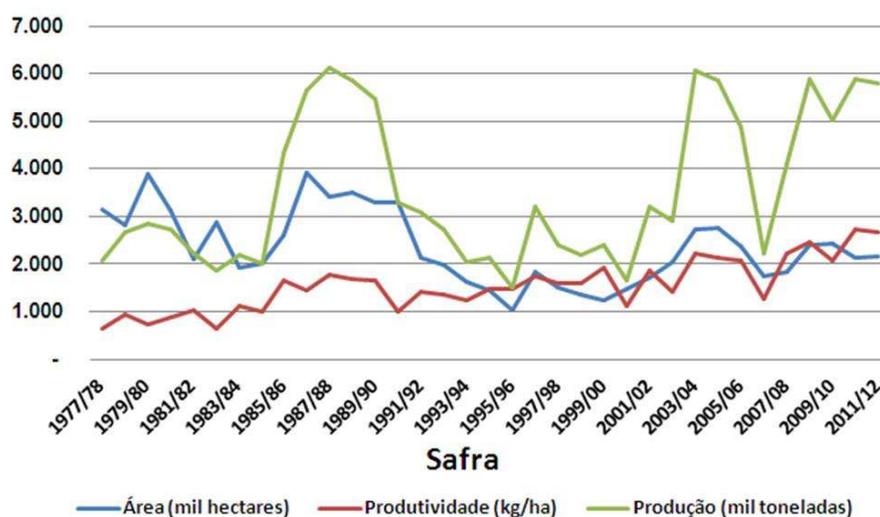
A cultura do trigo chegou ao Brasil em 1534, trazida de Portugal pela frota de Martin Afonso de Souza. Entra as sementes e mudas estava o trigo, que se cultivava em Portugal naquele período (COSTA *et al.*, 1990). Porém, somente a partir do século XVIII há fatos que comprovam que o cultivo de trigo foi importante para a época, principalmente na região sul do país.

O trigo é originário do Oriente Médio de onde provém *Triticum aegilopoides* (Einkorn), de sete cromossomos, sendo o provável ancestral de todos os outros genótipos de trigo. É pertencente à família *Poaceae*, gênero *Triticum* que contém em torno de 30 espécies. Destas espécies, três são cultivadas comercialmente: *T. aestivum*, *T. compactum* e *T. durum*. O *T. aestivum* (L.) é o mais cultivado, correspondendo a aproximadamente 90% da produção mundial. As cultivares de *T. aestivum* apresentam características de qualidade bastante distintas, servindo à produção de uma ampla variedade de produtos, como: pães, biscoitos e massas. O *T. compactum* (Host) apresenta características brandas, cuja farinha destina-se à produção de bolos e biscoitos. O *T. durum* (Desf.) se caracteriza por ser específico para massas alimentícias, apresentando grão duro, sendo obtida na moagem a semolina, com alta intensidade de cor amarela. Este último é cultivado na América do Norte, Europa, norte da África, Rússia, Índia e alguns países do Oriente Médio (MUNDSTOCK, 1983; DELCOUR; HOSENEY, 2010).

Em volume de produção mundial de grãos, o trigo ocupa o terceiro lugar. No Brasil, a produção anual oscila entre 5 e 6 milhões de toneladas, sendo cultivado nas regiões sul (RS, SC e PR), sudeste (MG e SP) e centro-oeste (MS, GO e DF). O cereal vem sendo introduzido paulatinamente na região do cerrado, sob as formas de cultivo irrigado ou sequeiro. Tendo como base a disponibilidade de sementes, o Paraná dispõe de 87% de sementes de cultivares de trigo classificadas comercialmente como “pão” ou “melhorador”, e, no Rio Grande do Sul, aproximadamente 41% das sementes disponíveis são da classe “pão”, ou seja, àqueles genótipos que melhor se adaptam para a produção de pães, massas e outros produtos que exigem maior força geral de glúten (GUARIENTI, 2004). Estes dados indicam uma tendência de melhoria da força geral de glúten do trigo

produzido no Brasil, estando em consonância com as exigências do mercado consumidor, sendo que 70% do trigo consumido é para a elaboração de pães (GUTKOSKI *et al.*, 2011).

A área cultivada brasileira, da safra de 1990/91 até a safra de 2002/03, ficou abaixo de 2 milhões de hectares e a produção, por consequência, acompanhou (Figura 1). O decréscimo na área cultivada é decorrente de várias causas, tais como: dificuldades de comercialização e baixos preços praticados, os riscos normais da cultura, aumento no custo de produção, as vantagens comparativas de fornecedores externos e a opção pelo milho da segunda safra, dentre outros. Apesar de certa oscilação, tem havido um aumento contínuo na produtividade de grãos de trigo (CONAB, 2012b).



**Figura 1.** Série histórica da área, da produtividade e da produção de grão de trigo no Brasil desde a safra de 1977/78 até a safra 2011/2012. Fonte: Adaptado da CONAB ([www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)).

A cultura é de grande valia para a economia brasileira, devido ao elevado consumo de seus derivados. No entanto, a produção nacional do grão não tem sido suficiente para atender à demanda, sendo agravada pela grande quantidade de grãos perdidos ou colhidos com qualidade inferior devido ao ataque de pragas, germinação na espiga e redução de matéria seca que ocorrem pelo retardo na colheita (CARNEIRO *et al.*, 2005), além do decréscimo da qualidade durante o armazenamento.

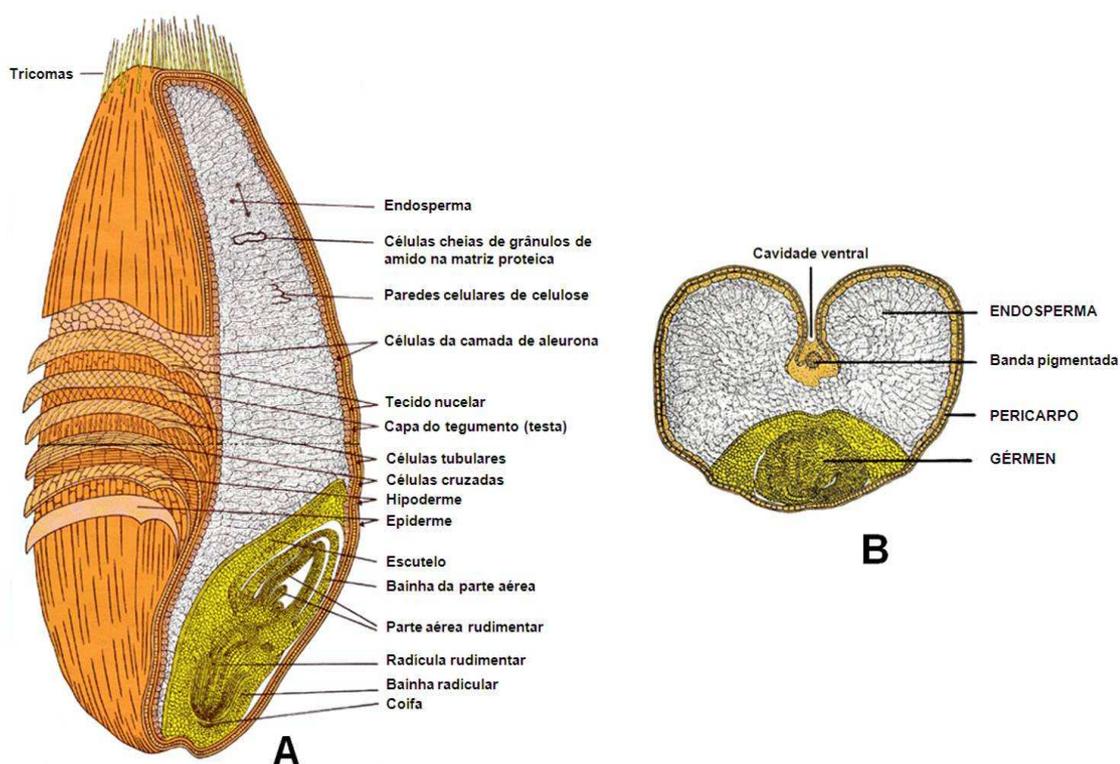
Na safra brasileira de 2011/12 foram produzidas 5,79 milhões de toneladas para uma demanda de consumo de 10,45 milhões de toneladas, sendo necessária a importação de 6,01 milhões de toneladas de grãos de trigo de países como Argentina, Uruguai, Paraguai, Estados Unidos e Canadá. Parte da produção nacional, 1,90 milhões de toneladas, foi exportada para países do Oriente Médio e da África. A área cultivada no Brasil situa-se em 2,17 milhões de hectares, com uma produtividade média de 2,7 t ha<sup>-1</sup>. A maior área cultivada está no Paraná, 1,04 milhões de hectares, seguido do Rio Grande do Sul, 0,9 milhão de hectares. Os dois estados juntos representam mais de 90% da produção nacional de trigo (CONAB, 2012a). O consumo *per capita* fica em torno de 57 kg de trigo habitante<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (ABITRIGO, 2012).

O trigo é a matéria prima para uma ampla faixa de produtos industriais. Na operação de moagem é segregado nos produtos: farinha, farelo e gérmen. A indústria moageira utiliza estes produtos para a fabricação de pães, massas e biscoitos; o farelo é utilizado como ingrediente nas fábricas de produção de concentrados para alimentação de animais, além do complemento vitamínico e fornecedor de fibras, é utilizado também na alimentação humana; e, por fim, a indústria farmacêutica, por exemplo, utiliza-se de gérmen para extrair óleo e complexos vitamínicos (GUARIENTI, 1993).

## **2.2. O grão e a farinha de trigo**

O grão de trigo pode ser descrito como sendo constituído, basicamente, por pericarpo, endosperma e gérmen. O pericarpo consiste na parte mais externa, recoberto todo o grão, sendo composto por seis camadas: epiderme, hipoderme, células finas, células intermediárias, células cruzadas e células tubulares. O endosperma e o gérmen estão, ainda, recobertos por mais 3 camadas: capa do tegumento, camada hialina e camada de aleurona. O endosperma é composto de células contendo grânulos de amido, os amiloplastos, envolvidos em uma matriz proteica, o estroma. O gérmen é a parte embrionária do grão, abundante em enzimas, lipídios e vitaminas, separada do endosperma pelo escutelo (Figura 2) (DELCOUR; HOSENEY, 2010).

O tamanho dos grãos varia amplamente, dependendo da cultivar e da posição na espiga. Estruturalmente, o grão de trigo é uma cariopse, ou seja, possui semente única. Os grãos de trigo são arredondados na parte dorsal e possuem um sulco ao longo da parte ventral. A presença do sulco ao longo de praticamente toda a extensão longitudinal da parte ventral, lado oposto ao gérmen, dificulta a extração da farinha apenas com processo abrasivo, utilizado para eliminar as camadas externas ao endosperma e, por isso, opera-se com sucessivas triturações (DELCOUR; HOSENEY, 2010).



**Figura 2.** Grão de trigo: (A) seções longitudinal e (B) transversal. Fonte: Adaptado de *North American Miller's Association* ([www.namamillers.org](http://www.namamillers.org)).

A composição química dos grãos de trigo afeta suas características funcionais e tecnológicas e, juntamente com as propriedades estruturais, define a qualidade da farinha de trigo (MOUSIA *et al.*, 2004). De forma geral a farinha de trigo é composta principalmente 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. Variações na quantidade e composição dos constituintes da farinha ocorrem em

função da genética das cultivares e influenciam a qualidade final dos produtos (MORITA *et al.*, 2002).

A principal forma de armazenamento de energia dos vegetais é grânulos de amido. O amido apresenta-se nos grãos de trigo na forma de grânulos semicristalinos, compostos de macromoléculas essencialmente lineares, a amilose, e macromoléculas altamente ramificadas, a amilopectina. Quanto ao tamanho, os grânulos de amido podem ser segregados em grandes lenticulares (25-40  $\mu\text{m}$ ) e em pequenos esféricos (5-10  $\mu\text{m}$ ). Os grandes lenticulares são formados nos primeiros 15 dias após a polinização e representam em torno de 12% do total de grânulos; os pequenos, de 10 a 30 dias após a polinização e somam até 88% do total de grânulos (BELDEROK *et al.*, 2000).

Uma fração significativa dos grânulos de amido (8%) é danificada durante a operação de moagem do trigo. Este dano mecânico, na estrutura do grânulo, afeta amplamente as propriedades do amido. O amido danificado tende a uma maior absorção de água e a uma maior suscetibilidade à hidrólise enzimática (TORBICA *et al.*, 2007).

O aquecimento de suspensões de amido em solução com mais de 60% de água causa a transformação irreversível denominada gelatinização. O intumescimento dos grânulos e a concomitante solubilização da amilose e da amilopectina induzem à gradual perda da integridade granular com a geração de uma pasta viscosa (FRANCO *et al.*, 2002). Com a posterior diminuição da temperatura, por resfriamento ou congelamento, as cadeias de amido tendem a interagir mais fortemente entre si, obrigando a água a sair e determinando, assim, a sinérese. A recristalização ou retrogradação ocorre quando, após uma solubilização durante o processo de gelatinização, as cadeias de amilose, mais rapidamente que as de amilopectina, agregam-se formando duplas hélices cristalinas estabilizadas por pontes de hidrogênio (BLAZEK *et al.*, 2009). A retrogradação exerce importante influência na textura, na digestibilidade e na aceitabilidade, por parte do consumidor, de produtos a base de amido.

Dentre os grãos de cereais, as proteínas do trigo são as únicas a apresentarem capacidade para formação de massa retentora de dióxido de carbono. Esta capacidade está relacionada à formação do glúten, que tem papel fundamental

na determinação da qualidade de panificação do trigo, por conferir capacidade de absorção da água, coesividade, viscosidade e elasticidade às massas (GIANIBELLI *et al.*, 2001; TORBICA *et al.*, 2007; WIESER, 2007).

As proteínas não formadoras de glúten do trigo, albuminas e globulinas, compreendem entre 15 e 20% de proteínas totais do grão. As albuminas são solúveis em água e as globulinas são solúveis em sais e estão localizadas no gérmen e na periferia do endosperma (SINGH; SKERRITT, 2001).

As proteínas do glúten são as principais proteínas de reserva do trigo, encontradas no endosperma do grão maduro, no qual formam uma matriz contínua em torno do amido granular (SHEWRY; HALFORD, 2002). Constituem entre 80 e 85% do total das proteínas do grão (GIANIBELLI *et al.*, 2001; TORBICA *et al.*, 2007; WIESER, 2007) e são divididas em duas frações, aproximadamente proporcionais, de acordo com sua solubilidade em solução alcoólica de etanol a 70%: as gliadinas, solúveis; e, as gluteninas, insolúveis (DELCOUR; HOSENEY, 2010).

As gliadinas e as gluteninas são responsáveis pelas propriedades reológicas<sup>1</sup> das massas, mas suas funções são divergentes. Gliadinas hidratadas contribuem principalmente na viscosidade e na extensibilidade da massa, apresentando pequena elasticidade e baixa coesividade. Ao contrário, gluteninas hidratadas são coesivas e elásticas fornecendo às massas força e elasticidade (WANG *et al.*, 2006; WIESER, 2007). Embora a distribuição de proteínas do glúten, gliadinas e gluteninas, seja fortemente dependente do genótipo do trigo, condições ambientais como temperatura, umidade e fertilização afetam a quantidade e a composição e/ou a polimerização das proteínas do glúten, com subsequente influência sobre as propriedades reológicas da farinha (DUPONT; ALTENBACH, 2003; MORAES *et al.*, 2011).

Muitos países utilizam o teor de proteínas do trigo e da farinha como um dos mais importantes critérios de qualidade do trigo. Esta determinação é realizada nos pontos de segregação do trigo, através do método de espectrometria de infravermelho próximo (NIRS). Geralmente é aceito que o conteúdo de proteínas da

---

<sup>1</sup> Reologia: do grego, *rheo* = fluxo, *logos* = estudo, descrevendo o fluxo, no caso de materiais líquidos e descrevendo a deformação, no caso de materiais sólidos (MARTIN, 1993; DOBRASZCZYK; MORGENSTERN, 2003).

farinha de trigo tem boa relação com o conteúdo de glúten. No entanto, o teor de proteínas e de glúten não fornecem informações sobre a qualidade do glúten, forte ou fraco. A expressão “força de glúten” normalmente é utilizada para designar a maior ou menor capacidade de uma farinha sofrer um tratamento mecânico ao ser misturada com água. Também é associada à maior ou menor capacidade de absorção de água pelas proteínas formadoras de glúten, que combinadas à capacidade de retenção do dióxido de carbono, resultam em um pão de volume, textura e granulometria mais desejável (TIPPLES *et al.*, 1982; MORAES *et al.*, 2011).

### **2.3. A qualidade dos grãos e da farinha de trigo**

A qualidade dos grãos de trigo é importante critério na comercialização e na transformação, podendo afetar o preço do produto. Com uma boa tecnologia disponível para a agricultura brasileira, as perdas quantitativas e qualitativas, originadas durante as etapas de final de ciclo, colheita e armazenagem, são passíveis de serem minimizadas. Os grãos precisam ser segregados e armazenados de forma segura e de acordo com as suas propriedades físicas, reológicas e fitopatológicas para não comprometer a sua transformação e o seu posterior consumo. A massa de grãos armazenada constitui um ambiente produzido pelo ser humano no qual a deterioração possível é resultado de interações entre os fatores físicos, químicos e biológicos. As variáveis importantes de serem levadas em consideração são: temperatura, umidade, dióxido de carbono, oxigênio, características intrínsecas dos grãos, micro-organismos, insetos, ácaros, roedores, pássaros e localização geográfica (BROOKER *et al.*, 1992; JAYAS, 1995; JAYAS *et al.*, 2008, ELIAS, 2009).

Os produtos alimentares, independentemente da sua origem, possuem qualidade limitada à qualidade da matéria prima que lhes originou. Baseado nisto, para a obtenção de produtos finais com alta qualidade industrial e nutricional é de fundamental importância que a matéria prima visada seja altamente qualificada. A qualidade da mesma está relacionada com sanidade, valor nutritivo, características organolépticas, estado de conservação, uniformidade de apresentação e adequação ao processamento industrial que se destina (GUARIENTI, 1993; VOLK, 2005).

O início dos processos depreciativos dos grãos, bem como a sua intensidade de ação, está inter-relacionado às características inerentes que englobam o tipo de pericarpo, a constituição química e o arranjo celular dos grãos. O conhecimento das características, intrínsecas e extrínsecas, dos grãos é de primordial estima para sua conservabilidade, e também para a determinação de suas aptidões tecnológicas, interferindo no manejo operacional na pós-colheita (ELIAS, 2009).

A cadeia produtiva de grãos deverá estar cada vez mais orientada para a diferenciação de produtos e para a segmentação de mercado, com o objetivo de preservar suas características e assegurar a homogeneidade. O mercado de grãos diferenciados está em expansão. As indústrias apresentam novas exigências, no sentido de preservação da identidade e da segregação, visando atender demandas de consumo. O atendimento dessas novas demandas exige sistemas de rastreabilidade que disponibilizem informações quanto à origem e à qualidade dos produtos, permitindo a verificação histórica dos atributos diferenciais. No setor tritícola, a comercialização de produtos diferenciados favorece a qualificação de lotes homogêneos, de acordo com a especificidade dos produtos finais como pães, massas, biscoitos, entre outros derivados (TIBOLA *et al.*, 2008).

O Brasil, que é tão competente na produção, não tem o mesmo acervo tecnológico na pós-colheita e na industrialização. Por um lado, devido a uma característica estrutural histórica de se dar mais ênfase às pesquisas de lavoura do que de pós-colheita; por outro, porque a visão integrada e sistêmica de cadeia produtiva é nova e os conceitos ainda não estão bem consolidados. A necessidade crescente de produtos para suprir a demanda mundial de alimentos, tendo em vista o crescimento populacional e, principalmente, o aumento do poder de compra, exige que a qualidade dos grãos colhidos na lavoura seja mantida com o mínimo de perdas até o consumo final (ELIAS, 2009).

Os grãos, apesar de características morfológicas de resistência e rusticidade específicas de cada espécie, de uma forma geral, estão sujeitos ao ataque de pássaros, roedores, insetos, ácaros, micro-organismos e outros animais, aos danos mecânicos, às alterações bioquímicas e às químicas não enzimáticas. Esse conjunto de fatores indesejáveis provoca perdas quantitativas e/ou qualitativas pelo consumo

de reservas e modificações na composição química dos grãos, redução do valor nutritivo, desenvolvimento de substâncias tóxicas e diminuição do valor comercial. Por consequência, acaba comprometendo a utilização, caso não forem adotadas técnicas adequadas e métodos eficientes de conservação (GUTKOSKI *et al.*, 2011).

#### **2.4. O teor de água, a temperatura e o tempo de armazenamento dos grãos**

O teor de água dos grãos, a temperatura e o tempo de armazenamento são os fatores mais importantes em termos de qualidade de grãos de trigo. Esses fatores têm sido relatados por provocar mudanças significativas nas características funcionais de trigo armazenado (SRIVASTAVA; RAO, 1994; JAYAS; WHITE, 2003; NITHYA *et al.*, 2011). O armazenamento de trigo é feito geralmente em silos, equipados com sistemas de medição de temperatura e de umidade e permitindo aeração e fumigação. O grão de trigo é significativamente influenciado por fatores ambientais e, uma vez que respira, perde matéria seca, e características funcionais e nutricionais são modificadas durante o armazenamento (McDONOUGH *et al.*, 2004; JAYAS *et al.*, 2008). Karunakaran *et al.* (2001) estudaram as mudanças que ocorrem em trigo armazenado sob condições adversas e afirmaram que o armazenamento de trigo a temperaturas e a teores de água elevados deterioraram considerável os grãos ao longo do tempo.

As sementes e os grãos são materiais higroscópicos, isto é, têm a capacidade de ceder ou absorver a água do ar que os envolve. O equilíbrio higroscópico significa um balanceamento entre a temperatura e a umidade relativa do ar. Em qualquer par de temperaturas iguais ocorre igualdade de pressões parciais entre o teor de água das sementes e a umidade relativa do ar. No momento em que houver equivalência no deslocamento da água, ocorrerá o equilíbrio higroscópico (CUNHA, 1998; VILLELA; PESKE, 1998, ELIAS, 2009).

A operação de manejo de umidade é de fundamental importância para o bom sucesso em qualquer moinho ou noutras unidades de processamento de grãos. O teor de água do cereal em processamento influencia nas características da matéria prima, no comportamento durante as diferentes operações, na qualidade do produto e na viabilidade econômica. Assim, a administração da umidade no

processo é fundamental. Umidade em excesso em qualquer estágio do grão tem implicações sérias na qualidade (OWENS, 2003).

Os efeitos da umidade se revelam no aumento da intensidade da respiração, da atividade fúngica e, conseqüente, no aumento da temperatura. A umidade e a intensidade crescente do processo respiratório podem levar os grãos à morte, o que acontece quando a massa de grãos atinge temperatura superior a 60°C. Com a morte dos grãos e da maioria dos micro-organismos e insetos, cessa o processo respiratório, porém continuam as reações químicas que se dão, igualmente com a liberação de valor d'água e de calor, continuando o processo e podendo levar à autocombustão da massa de grãos (WEBER, 1995; ELIAS, 2009).

A massa de grão é um bom isolante térmico e uma vez que a baixa temperatura for alcançada, esta será mantida por longos períodos (HELLEMAR, 1993). Temperaturas baixas são essenciais na manutenção da qualidade de sementes de soja, por exemplo, mesmo que a umidade relativa esteja elevada. O teor de água da semente pode aumentar durante a armazenagem, mas a baixa temperatura poderá reduzir os efeitos adversos (GREGG *et al.*, 1970 *apud* DEMITO, 2006).

A condição geral requerida para uma conservação segura das sementes é mantê-las secas e frias. Sementes da maioria das culturas podem ser armazenadas por um ano, quando mantidas na faixa de 11 a 13% de água, b.u., e de 18 a 20°C de temperatura. Para dois anos de armazenagem, o teor de água precisa ser reduzido para menos de 10%, b.u. Para períodos maiores de dois anos, é requerido que o teor de água das sementes seja inferior a 8%, b.u., e sejam acondicionadas a temperaturas inferiores a 15°C. Sementes oleaginosas, tais como a soja, são difíceis de armazenar e requerem temperaturas baixas e teores de água inferiores a 8%, b.u., para um ano de estocagem. Armazenamento com umidade relativa do ar abaixo de 50% e temperatura inferior a 10°C, usualmente, mantêm a qualidade das sementes por 3 a 8 anos (GREGG *et al.*, 1970 *apud* DEMITO, 2006).

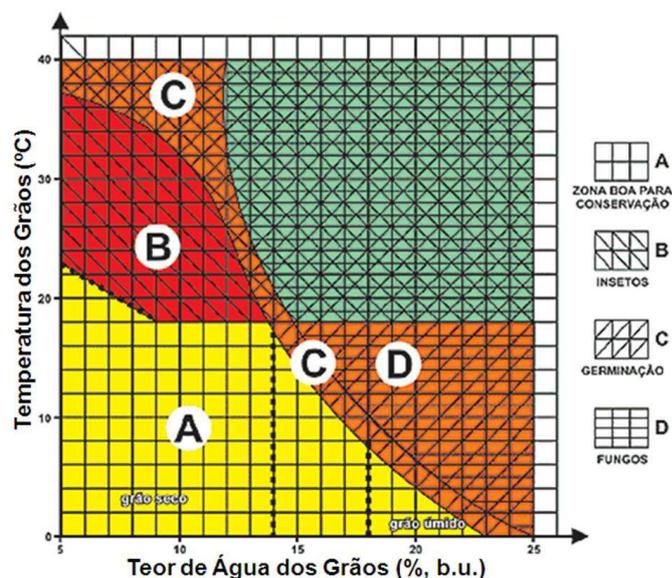
O que se deseja no armazenamento de sementes é propiciar meios de manutenção, durante o período de estocagem, das características biológicas, químicas e físicas que elas possuíam imediatamente após a colheita. A temperatura e o teor de água são fatores fisiológicos críticos e determinantes no sucesso do

processo de armazenagem de sementes. Elevado teor de água das sementes ocasiona problemas durante o armazenamento, por criar condições favoráveis ao desenvolvimento de insetos e fungos, além do aumento da taxa de respiração e perda do poder germinativo. Além dos compostos produzidos, o processo respiratório das sementes armazenadas libera calor. A redução de temperatura das sementes pode ajudar a reduzir a taxa de respiração e prolongar a qualidade biológica, química e física do produto armazenado (SILVA, 2000).

Dentre os diversos métodos físicos para preservar a qualidade do produto armazenado, a utilização de baixa temperatura apresenta-se como uma promissora técnica de manejo de sementes armazenadas. Enquanto aeração é uma operação de resfriamento do produto com ar ambiente, a refrigeração envolve a passagem do ar ambiente por meio de um sistema refrigerador, que reduz a sua temperatura e, por sua vez, permite a troca de calor na massa de sementes. O propósito da utilização da técnica de resfriamento é prevenir a deterioração biológica, química e física de sementes. A vantagem da refrigeração é que o ar a baixa temperatura é disponibilizável independentemente da estação do ano ou do clima (DEMITO, 2006).

A diminuição da temperatura das sementes utilizando a refrigeração, com o propósito de evitar a deterioração, poderá ser uma técnica comum nas unidades de beneficiamento e armazenamento de sementes. No entanto, há a necessidade de conhecimentos científicos sobre a influência e o comportamento da temperatura nas sementes armazenadas sobre a manutenção da qualidade (DEMITO, 2006).

Para facilitar estas determinações, e ao mesmo tempo, para que não se perca a qualidade do produto armazenado, buscando sempre encontrar condições adequadas e econômicas de armazenagem, Burges; Burrel *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 próprios grãos, assim como dos principais organismos que os acompanham no armazenamento, denominados organismos associados. É interessante notar no diagrama que são considerados o teor de água e a temperatura apenas dos cereais, enquanto suas relações com a umidade e temperatura do ar não são levadas em conta (ELIAS, 2009), bem como o tempo de armazenamento.



**Figura 3.** Diagrama geral para conservação de cereais. Fonte: Adaptado de Burges; Burrel *apud* Christensen, 1974.

O tempo de armazenamento também é importante, pois, quanto mais longo o período de estocagem, maiores são os riscos aos quais as sementes ficam expostas. Os fungos presentes nas sementes criam as condições de umidade para manter seu crescimento e causar danos sem que os mesmos sejam percebidos a olho nu (DEMITO, 2006).

O armazenamento seguro pode ser definido como o período de tempo durante o qual os grãos podem ser armazenados sem perda significativa na sua qualidade e quantidade, proporcionando condições desfavoráveis ao desenvolvimento de insetos, roedores e micro-organismos (BAILEY, 1974; JAYAS, 1995). O armazenamento de grãos em ambiente natural em regiões tropicais, de acordo com Abba; Lovato (1999), apresenta maiores problemas em decorrência das condições de temperatura e umidade relativa, se comparado com as regiões de clima temperado ou frio. Destaca-se que esses dois fatores são determinantes no processo de perda de viabilidade de sementes durante o armazenamento e alterações na qualidade do produto e, conseqüentemente, dos seus derivados (AL-YAHYA, 2001; KUSIŃSKA, 2001; MALAKER *et al.*, 2008). Além disso, os grãos e derivados armazenados em condições inadequadas estão sujeitos a rancidez hidrolítica e o resultado deste processo é manifestado pelo aumento do percentual de ácidos graxos livres, pelo aumento da sensibilidade dos ácidos graxos à oxidação

e pela alteração das propriedades funcionais, principalmente em oleaginosas (NARAYAN *et al.*, 1988; ALENCAR *et al.*, 2009).

## **2.5. Atributos de qualidade dos grãos**

### **2.5.1. Massa específica aparente**

A massa específica aparente de grãos, mais conhecida como peso do hectolitro em se tratando de trigo, é definida como a relação entre a sua massa e o volume ocupado pela mesma. Essa variável aumenta, geralmente, com a diminuição do teor de água do produto, sendo este comportamento dependente da percentagem de grãos danificados, do teor inicial de água, da temperatura alcançada durante a secagem, do teor de água final e da espécie e/ou genótipo do grão (BROOKER *et al.*, 1992).

Decréscimo no valor da massa específica aparente durante o armazenamento pode ser associado à perda de qualidade. Baixo valor na relação massa por volume em trigo indica a possibilidade de moagem pobre, baixo rendimento e qualidade inferior da farinha. Silva (1997) afirmou que baixos valores de massa específica aparente em milho são encontrados em grãos que perderam, excessivamente, matéria seca devido a infestação de fungos e, ou de insetos no campo e, ou no armazenamento.

A massa específica aparente é uma importante variável de resposta da qualidade do trigo e pode afetar a operação de moagem do grão (DONNELLY; PONTE, 2000). 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 insetos, impurezas e matérias estranhas (GUARIENTI, 1996).

De acordo com Brasil (2001), a massa específica aparente é usada para o enquadramento do trigo em tipos, necessitando de, no mínimo,  $780 \text{ kg m}^{-3}$  para ser considerado Tipo 1. O fato de um genótipo de trigo ter maior valor de massa específica aparente não assegura que seja de melhor qualidade. Essa relação somente será significativa quando comparado o mesmo genótipo com valores bem diferenciados, pois muitos fatores são causas de erros na determinação desse

índice, como por exemplo: os espaços vazios entre os grãos, o teor de água e o tipo e a quantidade de impurezas presentes na amostra (MANDARINO, 1993; GUARIENTI, 1996).

### **2.5.2. Massa de mil grãos**

A massa de mil grãos é uma medida que apresenta forte controle genético, mas também é afetada pelas condições de cultivo e manejo pós-colheita dos grãos. Permite definir a melhor densidade de sementes no plantio do trigo (GUTKOSKI *et al.*, 2003) e também indica qualidade pelo fato de expressar o enchimento, ou seja, o tamanho dos grãos.

Grãos de trigo de tamanho pequeno não são desejados na indústria moageira, pois acarretam em perdas na produção de farinha, pela diminuição da quantidade de trigo moído. A diferença entre os tamanhos dos grãos exerce influência na quantidade de água absorvida durante o condicionamento do grão anterior à moagem. Desta forma, grãos pequenos absorvem maior quantidade de água e necessitam de um tempo de condicionamento maior em relação aos grãos de tamanho grande (GUARIENTI, 1996; ORTOLAN, 2006).

### **2.5.3. Germinação**

No processo de deterioração, de modo geral, pode se dizer que o poder germinativo é a última e o vigor (que engloba normalidade de plântulas, velocidade e uniformidade de germinação e de crescimento) é a penúltima característica que a semente perde antes de sua morte. Seu desempenho está diretamente relacionado com a qualidade físico-química e biológica das sementes ou dos grãos. Por isso da importância de seus testes tanto para sementes quanto para grãos.

A germinação é um fenômeno biológico, considerado pelos botânicos como a retomada do crescimento do embrião, com a subsequente emissão da radícula. Entretanto, para os tecnologistas de sementes, a germinação é definida como a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, manifestando a sua capacidade para dar origem a uma plântula normal, sob condições ambientais favoráveis (NASSIF *et al.*, 1998). Pode-se, também, definir germinação como sendo o aparecimento dos primeiros sinais de crescimento ou

visível protrusão da raiz, e é afetada por diversos fatores, dentre os quais: ataque por insetos, infecção por fungos, temperatura, teor de água e danos aos grãos ou sementes. O percentual de germinação pode ser utilizado como indicativo da deterioração de grãos (BLACK; 1970; MUIR, 2000; AL-YAHYA, 2001).

#### **2.5.4. Vigor**

A qualidade fisiológica da semente é avaliada rotineiramente pelo teste padrão de germinação, entretanto, em razão de suas limitações, principalmente quanto à menor sensibilidade para a diferenciação da qualidade e à frequente discrepância dos resultados, faz-se necessário também o teste de vigor. Neste, busca-se obter respostas complementares às fornecidas pelo teste de germinação, possibilitando a obtenção de informações consistentes (OHLSON *et al.*, 2010).

O vigor da semente exerce influência sobre a velocidade e a uniformidade de emergência e sobre o tamanho e peso da plântula, portanto, pode-se esperar que sementes de alto vigor apresentem melhor desempenho no campo, sobretudo na fase de plântula, a qual depende essencialmente das reservas da semente para o seu crescimento (CARVALHO, 1994).

As sementes podem sofrer alterações em suas características sanitárias e fisiológicas, na sua germinação e no seu vigor desde a maturação, ainda no campo, até o momento de sua utilização. Essas alterações são causadas principalmente pelo teor de água e pela temperatura das sementes, isoladas ou associadas, são os fatores principais que afetam o desenvolvimento de fungos e insetos em produtos armazenados e ainda mais pelo manejo inadequado durante a colheita, recepção, secagem e o armazenamento do produto (LAZZARI, 1997).

Dentre os vários testes de vigor, o teste de envelhecimento acelerado é um dos mais utilizados para avaliação do potencial fisiológico de diversas espécies (TeKRONY, 1995). Este teste tem como princípio o aumento considerável na taxa de deterioração das sementes quando da sua exposição a níveis elevados de temperatura e de umidade relativa do ar, considerados os fatores ambientais preponderantes na intensidade e velocidade de deterioração. Assim, sementes de baixa qualidade deterioram-se mais rapidamente do que as mais vigorosas, apresentando queda acentuada de sua viabilidade (AOSA, 1983). Vários fatores,

como genótipo, teor de água inicial das sementes, temperatura e período de permanência das sementes no interior da câmara de envelhecimento, dentre outros, influenciam o resultado do teste de envelhecimento acelerado (MARCOS FILHO, 2005). Assim, para algumas espécies, há diferentes indicações da temperatura/período de condicionamento adequados para a realização do teste. Para sementes de trigo vale ressaltar os trabalhos da AOSA (1983) e de Hampton; TeKrony (1995), que recomendaram a realização do teste a 41°C, durante 72 h.

### **2.5.5. Acidez graxa**

A acidez graxa representa o estado de conservação das farinhas, envolvendo tanto aspectos químicos como microbiológicos (ORTOLAN, 2006). Durante o período de armazenamento de alimentos, a fração lipídica é lentamente hidrolisada pela água à temperatura elevada (processo físico), ou por enzimas lipolíticas naturais ou produzidas por bactérias e/ou fungos, contribuindo para a rancificação hidrolítica dos alimentos (ARAÚJO, 2004).

Na farinha de trigo, a rancidez hidrolítica pode ocorrer durante o armazenamento inadequado, nas operações de processamento e no produto final, como por exemplo, nas massas alimentícias frescas (POMERANZ, 1974; ARAÚJO, 2004). Esta reação se inicia através da lipase, a qual está concentrada na camada mais externa do grão, e, com o processo de moagem de trigo até farinha, a lipase é liberada e atuará sob a ligação éster entre lipídios e glicerol, liberando ácidos graxos, sendo a responsável pela deterioração da farinha durante o armazenamento (PIXTON *et al.*, 1975; BOBBIO; BOBBIO, 2001; MOUSIA *et al.*, 2004). Cita-se, como exemplo, a rancidez hidrolítica ocasionada por lipase em grãos de arroz não polidos durante o armazenamento, afetando a qualidade tanto dos grãos quanto do óleo. Um dos resultados da hidrólise em cereais é o aumento dos ácidos graxos livres.

Grãos secos podem ser armazenados por vários anos em temperaturas baixas, mas se o teor de água exceder a 14%, b.u., a hidrólise é iniciada rapidamente (SILVA *et al.*, 1999). Os efeitos desta reação podem ser minimizados pelo armazenamento a frio (HANSEN; ROSE, 1996). Diante do exposto, a acidez graxa é utilizada como indicador de qualidade durante o armazenamento de grãos (MUIR, 2000) e farinhas de trigo.

## **2.6. Atributos de qualidade das farinhas de trigo**

### **2.6.1. Granulometria**

Na farinha de trigo, o tamanho da partícula, ou seja, a granulometria é uma das principais propriedades físicas que afetam o escoamento da farinha, além de estar negativamente relacionado à coesividade e à força de tensão (KUAKPETOON *et al.*, 2001) e influenciar o processo tecnológico e as características do produto final (STASIO *et al.*, 2007). Quanto menor for o tamanho da partícula, maior será a área de contato (KUAKPETOON *et al.*, 2001). Diferentes perfis granulométricos estão relacionados principalmente ao comportamento dos genótipos, durante o processo de moagem, já que diferentes genótipos submetidos às mesmas condições de moagem apresentam diferenças na distribuição e no tamanho das partículas, implicando, assim, variações características (MOUSIA *et al.*, 2004, SCHEUER, 2009).

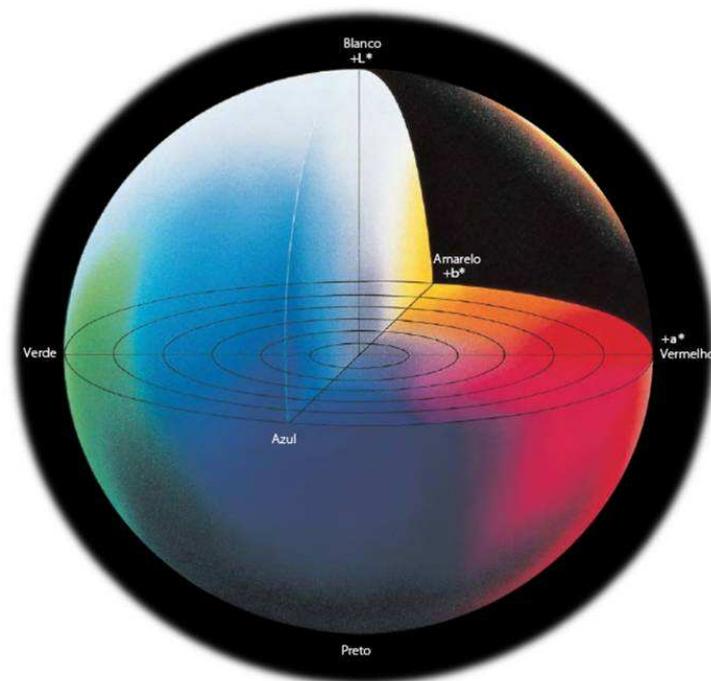
### **2.6.2. Glúten**

O teor de glúten úmido e seco é uma medida quantitativa das proteínas formadores do glúten, as quais são responsáveis pela força e qualidade das massas. Em geral, o teor de glúten está associado ao conteúdo de proteínas insolúveis da farinha de trigo, entretanto, as características de qualidade tecnológica das massas e também de panificação estão relacionadas ao conteúdo de proteína e à qualidade do glúten (DELCOUR; HOSENEY, 2010). Os valores de glúten podem ser aplicados para classificação de genótipos de trigo (ĆURIĆ *et al.*, 2001). Genótipos com conteúdo similar de proteínas e de vitrosidade podem ser separados segundo a quantidade e a qualidade de glúten (MORAES *et al.*, 2011).

A determinação da quantidade e da qualidade do glúten na farinha é uma das melhores ferramentas para se conhecerem suas potencialidades (LÉON, 2007), já que o glúten é responsável pela retenção de gás carbônico na massa, o que confere leveza aos produtos fermentados (BECHTEL *et al.*, 1977), estando então relacionado à qualidade final dos produtos, com relação à textura, forma e expansão (AMEMIYA; MENJIVAR, 1992; MUIR, 2000).

### 2.6.3. Colorimetria

A cor da farinha é avaliada pelas medidas de luminosidade, de intensidade de verde-vermelho e de intensidade de amarelo. A luminosidade da farinha é afetada pelo teor de farelo ou material estranho, enquanto a intensidade de verde-vermelho e amarelo está relacionada com a quantidade de pigmentos presentes no trigo. A cor de um produto é definida pelo uso da escala de cor tridimensional que descreve os diferentes componentes da cor (Figura 4). No sistema Hunter de cor, corrigido pela *CIE Lab*, os valores de  $L^*$  (luminosidade) variam entre zero (preto) e 100 (branco), os valores de  $a'$  e  $b'$  (coordenadas de cromaticidade) variam de  $-a'$  (verde) até  $+a'$  (vermelho), e  $-b'$  (azul) até  $+b'$  (amarelo) (HUNTERLAB, 1998). A luz refletida é composta de um componente escuro ou luminoso em adição a um vermelho ou verde e a um componente azul ou amarelo, determinada por colorímetros ou espectrofotômetros (COULTATE, 2004).



**Figura 4.** Representação da cor sólida no sistema Hunter de cor, corrigido pela *CIE Lab*, no qual os valores de  $L^*$  (luminosidade) variam entre zero (preto) e 100 (branco), os valores de  $a'$  e  $b'$  (coordenadas de cromaticidade) variam de  $-a'$  (verde) até  $+a'$  (vermelho), e  $-b'$  (azul) até  $+b'$  (amarelo). Fonte: Adaptado de Minolta, 1994; Hunterlab, 1998.

A cor é uma propriedade de aparência atribuída à distribuição da luz (SILVA, 2003). A primeira impressão que se tem de um alimento é geralmente visual, sendo que a aceitação depende da cor do produto (HECKTHEUER, 1996). A cor é um fator importante na aceitação e consumo da farinha de trigo. Os consumidores citam a cor como sendo um dos motivos para a rejeição da farinha, portanto, um dos principais fatores para o seu consumo (SILVA, 2003).

#### **2.6.4. Número de queda**

O número de queda (*falling number*) é usado para avaliar a atividade da enzima alfa-amilase de grãos e farinhas, a fim de detectar, por exemplo, danos causados pela germinação na espiga ou deterioração durante a estocagem (LÉON, 2007; MARES; MRVA, 2008). O excesso de alfa-amilase causa problemas na produção de pão como descoloração da crosta, miolo seco e pequeno volume. O número de queda permite estimar a capacidade de fermentação da massa de determinada farinha, pois, quanto maior o valor encontrado, menor a atividade alfa-amilásica, o que dificulta o processo industrial. A quantidade de enzima presente nas farinhas tem uma influência direta sobre a qualidade do pão produzido. Em atividade enzimática de 200 a 350 segundos, o pão apresenta miolo firme com grande volume e textura macia. De outro modo, os pães elaborados com farinha de atividade enzimática alta (número de queda menor que 200 segundos) ou baixa (maior que 350 segundos) apresentam volume reduzido e características internas e externas indesejáveis. Portanto, valor do número de queda apresenta relação inversa com a atividade da alfa-amilase, ou seja, quanto menor o valor do número de queda, maior o valor da atividade da alfa-amilase (PERTEN INSTRUMENTS, 2010).

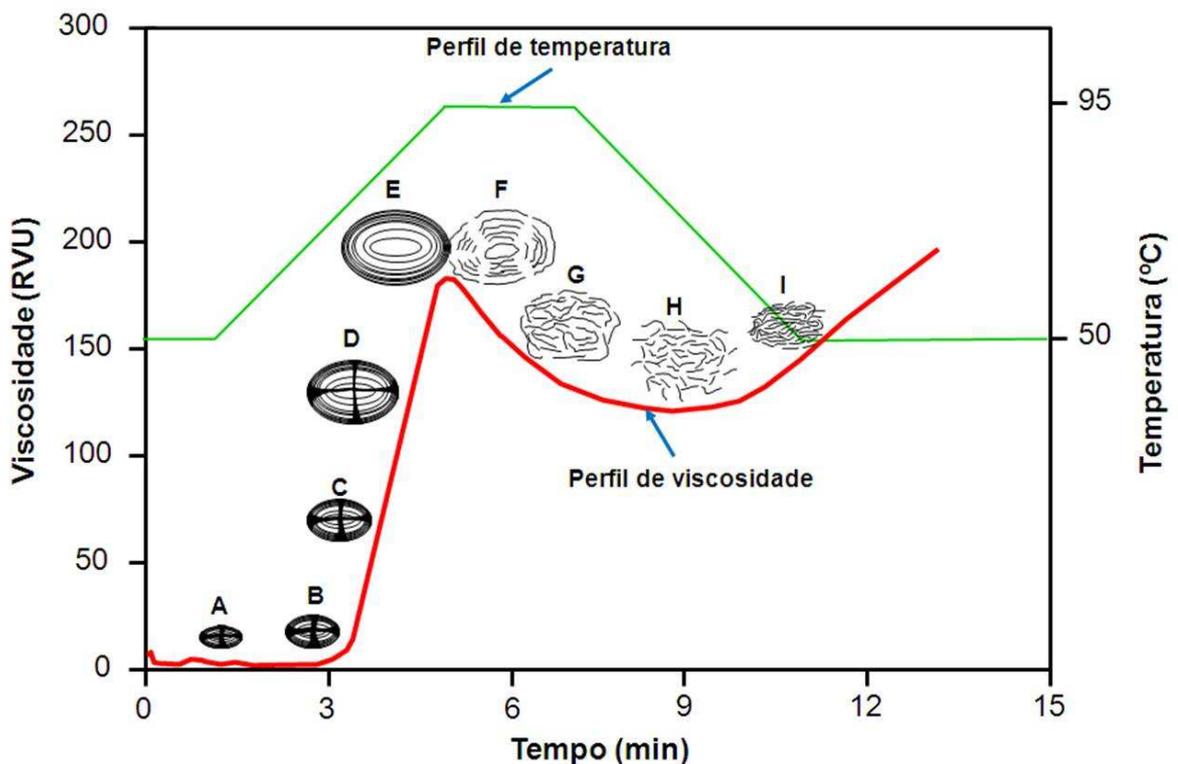
A análise da atividade é efetuada em equipamento denominado *Falling Number* e é baseada na rápida gelatinização de uma suspensão de farinha e água e na medida de degradação do amido por ação da alfa-amilase, em condições similares à de cocção de um pão (QUAGLIA, 1991), já que essa enzima tem a função de liberar açúcares (substrato para levedura na produção de dióxido de carbono) do amido, durante a fermentação do pão (FARONI *et al.*, 2002). A verificação da atividade alfa-amilásica em grãos ou em farinhas possui as intenções

de detectar danos causados por pré-germinação, de otimizar os níveis de atividade enzimática e de garantir a sanidade do grão (LÉON, 2007).

#### **2.6.5. Viscoamilografia**

Na análise de viscosidade, o equipamento analisador rápido de viscosidade (*RVA*) determina o comportamento da gelatinização e as propriedades de pasta do amido, por meio de um viscosímetro que monitora a resistência da amostra durante o aquecimento e o resfriamento, ou seja, caracteriza o processo a partir das suas propriedades funcionais (COPELAND *et al.*, 2009). O tratamento térmico dado à massa é muito importante para a qualidade final dos produtos, pois induz à gelatinização do amido e à desnaturação das proteínas (FALCÃO-RODRIGUES *et al.*, 2005).

Durante o funcionamento do equipamento analisador rápido de viscosidade (Figura 5), o aquecimento do amido em água rompe as ligações de hidrogênio entre as cadeias poliméricas, enfraquecendo assim o grânulo. Isso caracteriza o intumescimento e a expansão inicial, o que faz com que a estrutura do grânulo de amido seja enfraquecida. À medida que o aquecimento continua, a viscosidade atinge um ponto máximo e depois diminui, caracterizando a dissolução do grânulo de amido e a perda da integridade da estrutura inicial, que vai sendo modificada com a diminuição da temperatura, podendo chegar à retrogradação (THOMAS; ATWELL, 1999), o que pode evidenciar, por exemplo, o processo de diminuição de vida de prateleira de um pão (SCHEUER, 2009).



**Figura 5.** Comportamento típico dos grânulos de amido ao longo da análise de viscosidade no equipamento analisador rápido de viscosidade (*RVA*). (**A**) grânulo de amido ainda normal, não hidratado; (**B**) grânulo de amido começando a intumescer e a gelatinizar devido à hidratação e ao aquecimento; (**C** e **D**) grânulo de amido intumescendo e gelatinizando devido ao aumento da hidratação e do aquecimento; (**E**) grânulo de amido no máximo do seu intumescimento sem ruptura; (**F**) ruptura do grânulo de amido; (**G**) dispersão das moléculas de amilose e amilopectina; (**H**) reorganização das moléculas de amilose e amilopectina; (**I**) retrogradação do amido. Fonte: Adaptado de Delcour; Hosney, 2010.

Segundo Copeland *et al.* (2009); Scheuer (2009), para interpretação dos resultados do *RVA*, é preciso observar (Figura 6):

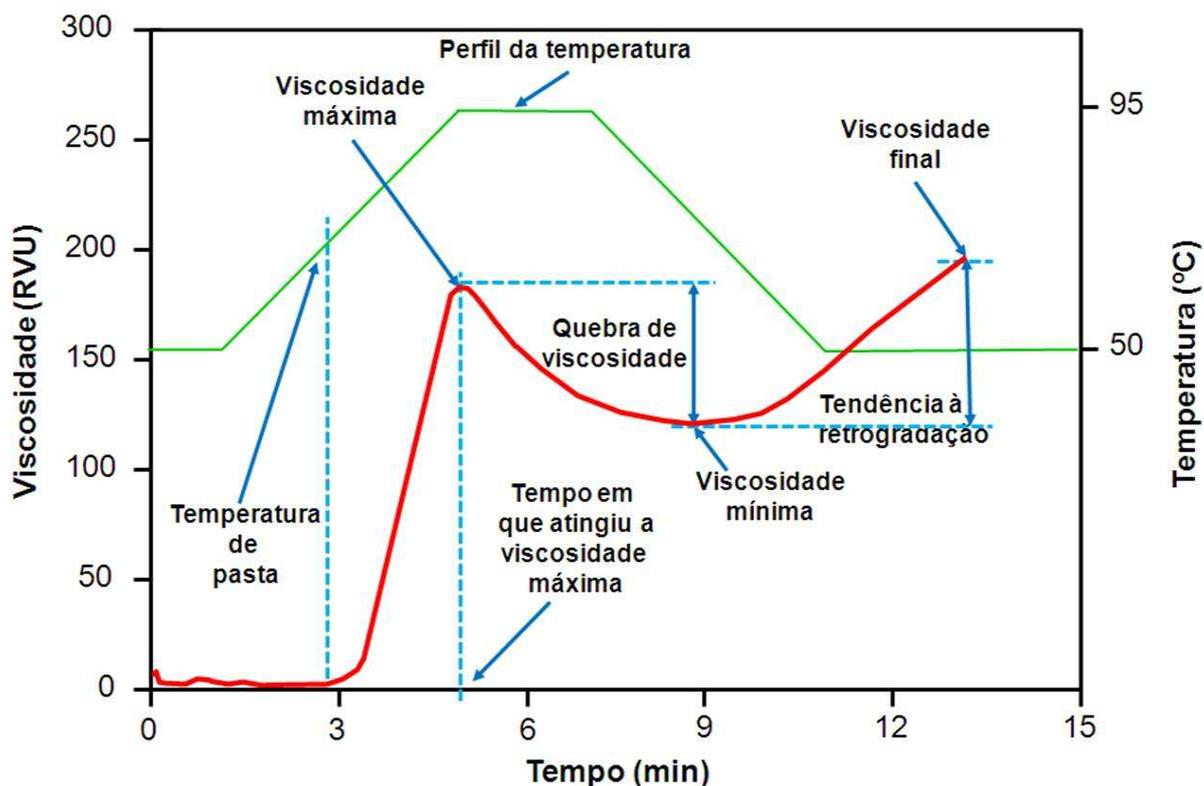
- A viscosidade máxima (*peak viscosity*) – viscosidade máxima desenvolvida durante o período de aquecimento, antecedendo a ruptura dos grânulos de amido;
- A viscosidade mínima (*trough viscosity*) – menor valor da viscosidade, após ter sido atingida a temperatura constante de 95°C, momento em que há a maior dissolução dos grânulos de amido;
- A quebra de viscosidade (*breakdown viscosity*) – correspondente à quebra que ocorre no amido da farinha, ou seja, à diferença de viscosidade entre a viscosidade máxima atingida e a viscosidade mínima durante a manutenção à 95°C;

- A tendência à retrogradação (*setback*) – corresponde à retrogradação do amido, ou seja, ao processo em que as cadeias de amilose e amilopectina se reassociam em uma estrutura ordenada favorecendo a recristalização do amido. É a diferença entre a viscosidade final e o menor valor de viscosidade durante a manutenção à 95°C;

- A viscosidade final (*final viscosity*) – valor da viscosidade obtido ao final do ciclo de resfriamento à temperatura de 50°C;

- A temperatura de pasta (*pasting temperature*) – temperatura que corresponde ao ponto em que se inicia a formação de curva no gráfico, devido ao início da gelatinização dos grânulos de amido; e,

- O tempo em que atingiu a viscosidade máxima (*peak time*) – tempo de aquecimento no qual ocorre a viscosidade máxima da pasta.



**Figura 6.** Variáveis de resposta obtidas no equipamento analisador rápido de viscosidade (RVA) e sua identificação no viscoamilograma. Fonte: Adaptado de Kaur *et al.*, 2009.

Essas variáveis de resposta detectam diferenças entre as propriedades funcionais de determinadas amostras de amidos e/ou de farinhas, diferenças que não se fazem tão evidentes com as análises químicas convencionais (COPELAND *et al.*, 2009; SCHEUER, 2009).

### **2.6.6. Alveografia**

A alveografia é um teste reológico usado em vários países para a determinação de características qualitativas da farinha através das variáveis (GUTKOSKI *et al.*, 2008) (Figura 7):

- Tenacidade (P) – resistência que a massa oferece até o estiramento, ou seja, é a medida da sobrepressão máxima exercida na expansão da massa e está relacionada à altura máxima do alveograma;

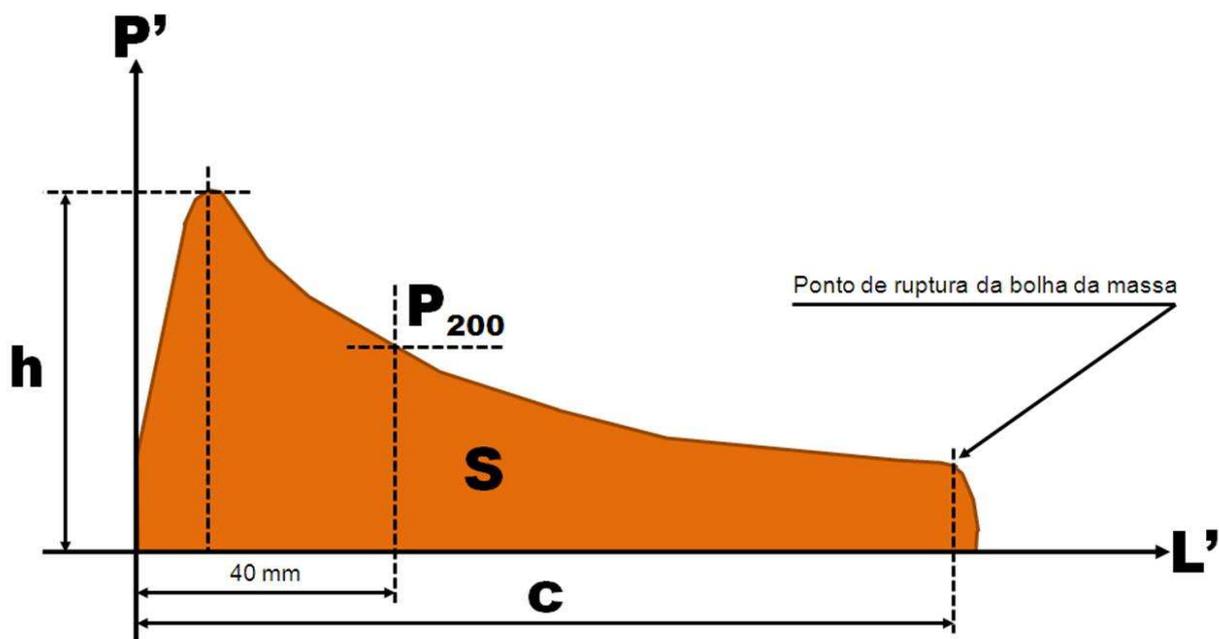
- Extensibilidade (L) – capacidade de estiramento da massa sem que ocorra sua ruptura, obtida pela medida do comprimento do alveograma;

- Força geral do glúten (W) – corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a bolha até a ruptura. Em outras palavras: caracteriza a força da farinha representada pelo trabalho de deformação de um grama de massa em condições definidas e está relacionada à medida da área do alveograma;

- Relação tenacidade e extensibilidade (P/L) – razão entre a resistência que a massa oferece até o estiramento e a capacidade de estiramento da massa sem que ocorra sua ruptura;

- Índice de intumescimento (G) – representa a extensibilidade biaxial da massa, que no alveógrafo, indica a capacidade de extensão das camadas de proteínas e da amplitude da rede de glúten de reter dióxido de carbono (SILVA, 2003), seu valor é a raiz quadrada do volume de ar, em mililitros, necessário ser insuflado na massa até a ruptura da bolha; e,

- Índice de elasticidade (Ie) – capacidade da massa de retornar à forma inicial após a deformação, é a razão entre a tenacidade (máxima) e a tenacidade após insuflados 200 mL de ar na massa ( $P_{200}$ ), correspondendo a 40 mm da extensibilidade após o início no alveograma.



**Figura 7.** Principais variáveis obtidas no equipamento alveógrafo e sua identificação no alveograma. ( $P'$ ) eixo da ordenada, correspondente a tenacidade geral, em mm; ( $h$ ) altura máxima do alveograma, em mm; ( $P_{200}$ ) tenacidade após insuflação de 200 mL de ar na massa, em mm, correspondendo, também, a 40 mm da extensibilidade após o início no alveograma; ( $S$ ) área do alveograma, em  $\text{cm}^2$ ; ( $c$ ) comprimento do alveograma até a ocorrência da ruptura da bolha da massa; ( $L'$ ) eixo da abcissa, correspondente a extensibilidade geral, em mm. Fonte: Adaptado de Pikus *et al.*, 2005; Granotec, 2010; Delcour; Hoseneey, 2010.

A expressão força geral do glúten normalmente é utilizada para designar a maior ou menor capacidade de uma farinha sofrer um tratamento mecânico ao ser misturada com água. Também é associada à maior ou menor capacidade de absorção de água pelas proteínas formadoras de glúten, que combinadas à capacidade de retenção do gás carbônico resultam em um pão de volume aceitável, textura interna sedosa e de granulometria aberta. O balanço preciso das propriedades viscoelásticas da massa é fator essencial para a determinação de uso final. A presença de glúten elástico é necessária tanto em farinhas de panificação, quanto de massas alimentícias, enquanto que um glúten menos elástico é requerido em farinhas para bolos e biscoitos (DOBRSZCZYK; MORGENSTERN, 2003; GUTKOSKI *et al.*, 2008).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi desenvolvido e executado, em sua maior parte, no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LabGrãos) do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (DCTA) da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). A moagem e as análises das propriedades das farinhas dos grãos de trigo foram realizadas no Laboratório de Cereais do Centro de Pesquisa em Alimentação da Universidade de Passo Fundo. No experimento foram avaliados efeitos da temperatura e do tempo de armazenamento do trigo sobre parâmetros de avaliação da qualidade dos grãos e das farinhas.

#### **3.1. Material**

Grãos de trigo, *Triticum aestivum* L., cultivar Quartzo, safra 2010/2011, foram generosamente fornecidos pela empresa produtora de sementes Granello Sementes, colhidos no município de Lavras do Sul, Rio Grande do Sul.

#### **3.2. Métodos**

##### **3.2.1. Delineamento experimental**

A pesquisa, de caráter exploratório, constou de 20 tratamentos distribuídos de acordo com delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 4 x 5, ou seja, 4 temperaturas de armazenamento do trigo (4, 11, 18, e 25±2°C) e 5 períodos de armazenamento (0, 45, 90, 135 e 180±2 dias). Sendo avaliados, em triplicata: teor de água dos grãos e das respectivas farinhas, composição proximal dos grãos (proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, cinzas totais e, por diferença, carboidratos totais), atributos de qualidade dos grãos (massa específica aparente, massa de mil grãos, germinação, vigor e acidez graxa), perfil granulométrico das farinhas e atributos de qualidade das farinhas (perfil de glúten, perfil colorimétrico, número de queda, perfil viscoamilográfico e perfil alveográfico) e análise estatística.

### **3.2.2. Preparo do material**

As etapas de pré-limpeza, secagem e pré-armazenamento já haviam sido realizadas pela empresa doadora dos grãos de trigo. O pré-armazenamento foi de 3 meses.

#### **3.2.2.1. Recepção dos grãos**

Os grãos foram recebidos e pré-armazenados na sala de armazenamento do LabGrãos – UFPel. Foram feitas: a amostragem, a determinação do teor de água nos grãos, o qual estava em 12,5%, base úmida (b.u.), e a composição proximal (proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, cinzas totais e, por diferença, carboidratos totais).

#### **3.2.2.2. Armazenamento**

Após a recepção, os grãos de trigos foram homogeneizados e, posteriormente, segregados em 4 porções, acondicionados em embalagens de polietileno de 200 µm de espessura. As embalagens foram seladas, armazenadas separadamente em 4 câmaras com controle de temperatura e na ausência de luz. Cada câmara operou com uma temperatura de armazenamento (4, 11, 18 e 25±2°C) e as avaliações foram feitas depois de decorrido cada período de armazenamento (0, 45, 90, 135 e 180±2 dias). As umidades relativas de equilíbrio higroscópico foram de 54, 59, 63 e 67%, respectivamente, para as temperaturas de armazenamento de 4, 11, 18, e 25±2°C. Para simular o sistema semi-hermético de armazenamento, típico de silos e de armazéns graneleiros, as embalagens contendo os tratamentos foram mensalmente abertas para a renovação do ar ambiente, neutralizando os efeitos da hermeticidade, modificadora da atmosfera pelo processo de respiração dos grãos. Além disso, a tática se destinava a diminuir a intensidade de variação no teor de água dos grãos, cuja tendência é de se aproximar do equilíbrio higroscópico.

#### **3.2.2.3. Condicionamento e moagem**

Para a determinação dos atributos de qualidade das farinhas dos tratamentos, as amostras foram, inicialmente, condicionadas para o teor de água de 16,0%, b.u., fazendo uso da Equação 1. A moagem foi realizada em moinho de rolos

piloto marca *Chopin*, de acordo com o método 26-10 da AACC (2000), através de uma passagem pelo sistema de quebra e duas pelo sistema de redução.

$$H_2O = \left[ \frac{(100 - U_i)}{(100 - U_f)} - 1 \right] \times M \quad \text{Equação 1}$$

em que:

$H_2O$  = Total de água a ser adicionada na amostra de trigo (mL);

$U_i$  = Umidade inicial da amostra de trigo (%; b.u.);

$U_f$  = Umidade final desejada da amostra de trigo (%; b.u.); e,

$M$  = Massa da amostra de trigo (g).

### **3.2.3. Avaliações**

#### **3.2.3.1. Composição proximal**

Os grãos de trigo foram caracterizados quanto à composição proximal pela determinação dos teores de proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta e cinzas totais, utilizando-se, respectivamente, os métodos 46-13, 30-25, 32-10 e 08-01 da AACC (2000). O teor de carboidratos totais foi calculado por diferença, sem considerar o teor de fibra bruta. Os resultados expressos em percentagem de base seca (%; b.s.).

#### **3.2.3.2. Teor de água**

O teor de água foi determinado na recepção dos grãos de trigo e depois de transcorrido cada período de armazenamento, por meio do método da estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  com circulação natural de ar por 24 horas (BRASIL, 2009). A determinação do teor de água na farinha de trigo foi efetuada intermediariamente entre a moagem dos grãos de trigo e a determinação das propriedades das farinhas, utilizando o método 44-15A da AACC (2000). Os resultados expressos em percentagem de base úmida (%; b.u.).

### **3.2.3.3. Atributos de qualidade dos grãos de trigo**

#### **3.2.3.3.1. Massa específica aparente**

A massa específica aparente foi determinada utilizando-se balança de peso hectolítrico da marca *Dalle Molle*, com capacidade de um quarto de litro. Sendo necessária balança eletrônica digital com precisão de 0,01 g para pesagem e posterior conversão dos valores obtidos em gramas por um quarto de litro ( $\text{g } \frac{1}{4} \text{ L}^{-1}$ ) para quilogramas por metro cúbico ( $\text{kg m}^{-3}$ ), de acordo com Brasil (2009), com adaptações, ao invés de 2 repetições, foram feitas 5 e desconsiderados os 2 valores extremos.

#### **3.2.3.3.2. Massa de mil grãos**

A massa de mil grãos foi determinada contando-se, ao acaso, manualmente, com o auxílio de pinça, 5 repetições de 200 grãos cada. Em seguida os grãos de cada repetição foram pesados em balança eletrônica digital com precisão de 0,01 g e posteriormente os valores obtidos foram multiplicados por 5 para resultar em massa de 1000 grãos, de acordo com Brasil (2009), com adaptações, ao invés de 8 repetições de 100 grãos, foram feitas 5 repetições de 200 grãos e desconsiderados os 2 valores extremos.

#### **3.2.3.3.3. Germinação**

A germinação foi conduzida e avaliada utilizando-se 100 grãos por repetição, sendo 3 repetições por tratamento, em rolos de papel-toalha especial para germinação, à temperatura de  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ . A avaliação das plântulas normais foi realizada aos 7 dias, de acordo com Brasil (2009), com adaptações, ao invés de 4 repetições de 100 grãos, foram feitas 3 repetições de 100 grãos. Os resultados expressos em percentagem.

#### **3.2.3.3.4. Vigor**

O teste de vigor por envelhecimento acelerado foi conduzido e avaliado conforme a metodologia proposta pela AOSA (1983), consistindo na utilização de caixas de poliestireno cristal (11 x 11 x 3,5 cm) adaptadas, funcionando como mini-câmaras de envelhecimento, possuindo bandejas de telas metálicas em seus

interiores. Sobre a tela metálica foram distribuídos os grãos, de maneira a formarem camada simples. Foram adicionados 40 mL de água ao fundo de cada caixa e estas foram tampadas, obtendo-se assim cerca de 100% de umidade relativa do ar em seu interior, e depois foram mantidas em câmara à temperatura de  $41\pm 1^{\circ}\text{C}$  por um período de 72 horas. Ao término desse período, os grãos foram submetidos ao teste de germinação, conforme descrito no item 3.2.3.3.3., e a quantificação do número de plântulas normais realizou-se aos 7 dias. Os resultados expressos em percentagem.

#### **3.2.3.3.5. Acidez graxa**

A análise de acidez total foi realizada de acordo com o método 940.22 da AOAC (1995). A determinação de acidez total do extrato etéreo ocorreu da seguinte forma: primeiro foi realizada a extração dos lipídios de 10,00 g de trigo na forma de farinha integral com éter de petróleo em extrator *Soxhlet* por 6 horas. Após a extração dos lipídios, e a retirada do éter de petróleo remanescente junto às amostras, diluiu-se o extrato com 25,0 mL de solução de álcool etílico-éter de petróleo (1:1) e titulou-se com solução padronizada de hidróxido de potássio (KOH) 0,0178 N até a obtenção de coloração rósea, indicando o ponto final da titulação. A acidez graxa sendo expressa em mg de KOH requeridos para neutralizar os ácidos graxos livres em 100 g de amostra em base seca.

#### **3.2.3.4. Perfil granulométrico**

A granulometria das farinhas de trigo foi determinada pelo método 965-22 da AOAC (1995), com adaptações. Colocando-se 50,00 g de amostra no aparelho *Produtest*, equipado com fundo e 5 peneiras, com aberturas de malha de 0,250 mm (60 *mesh*), 0,177 mm (80 *mesh*), 0,149 mm (100 *mesh*), 0,105 mm (140 *mesh*) e 0,053 mm (270 *mesh*). O tempo de vibração foi de 5 minutos. A recuperação de todas as amostras de farinha de trigo foi superior a 98%. As frações de material retidas nas peneiras foram pesadas e os resultados expressos em percentagem.

### 3.2.3.5. Atributos de qualidade das farinhas dos grãos de trigo

#### 3.2.3.5.1. Perfil de Glúten

A análise do teor de glúten úmido, glúten seco e índice de glúten foi efetuado pelo método 38-12 da AACC (2000) com auxílio do sistema *Glutomatic*, que é constituído pelos equipamentos: *Glutomatic 2200*, *Centrífuga 2015* e *Glutork 2020* que realizam, respectivamente, as etapas de lavagem, centrifugação e secagem do glúten de amostras de farinha de trigo (PERTEN, 1990). O método consistiu em fazer uma massa com a farinha de trigo e solução salina de cloreto de sódio a 2%, sendo em seguida lavada, para remoção do amido e dos constituintes hidrossolúveis do glúten, obtendo-se, por centrifugação, o glúten úmido; após esse procedimento o glúten foi secado e pesado (POPPER *et al.*, 2006) em balança eletrônica digital com precisão de 0,001 g, possibilitando a determinação do teor de glúten seco, por meio do uso do aparelho *Glutork* (MONTENEGRO; ORMENESE, 2008). O índice de glúten foi calculado pela razão entre o teor glúten úmido que permaneceu na peneira, após a centrifugação, e o glúten úmido total.

#### 3.2.3.5.2. Perfil colorimétrico

A cor das farinhas foi determinada pelo uso do espectrofotômetro de reflectância difusa, modelo *ColorQuest II Sphere*, com sensor ótico geométrico de esfera. O aparelho foi calibrado com cerâmica, realizando-se a leitura por reflexão e utilizado ângulo de observação de 2º, iluminante principal D<sub>75</sub>, iluminante secundário flu-branca fria e reflexão especular incluída (*RSIM*). No sistema Hunter de cor, corrigido pela *CIELab*, sendo possível especificar numericamente a diferença de cor de um objeto, imperceptível visualmente, a partir das coordenadas de cromaticidade L', a' e b' (adimensionais), conforme o manual do aparelho (HUNTERLAB, 1998). A Comissão Internacional em Iluminação (CIE) estabelece a diferença de cor (adimensional) de acordo com a Equação 2.

$$DE = \sqrt{(DL')^2 + (Da')^2 + (Db')^2} \quad \text{Equação 2}$$

em que:

$DE$  = Diferença de cor entre a amostra e a referência padrão do espectrofotômetro;

$DL'$  = Diferença numérica entre a coordenada de cromaticidade  $L'$  da amostra e a referência padrão do espectrofotômetro;

$Da'$  = Diferença numérica entre a coordenada de cromaticidade  $a'$  da amostra e a referência padrão do espectrofotômetro; e,

$Db'$  = Diferença numérica entre a coordenada de cromaticidade  $b'$  da amostra e a referência padrão do espectrofotômetro.

#### **3.2.3.5.3. Número de Queda**

Determinado através do uso do aparelho *Falling Number*, modelo 1500 Fungal, de acordo com o método 56-81B da AACC (2000), utilizando 7,000 g de amostra, corrigida para 14% de teor de água (b.u.), em 25 mL de água. Os resultados expressos em segundos.

#### **3.2.3.5.4. Perfil viscoamilográfico**

A viscosidade de pasta foi determinada no aparelho analisador rápido de viscosidade (*RVA*), segundo método 76-21 da AACC (2000). De cada tratamento foram suspensos 3,500 g de farinha em 25,0 mL de água, totalizando 14% de sólidos. O recipiente de alumínio contendo a amostra foi colocado no equipamento e submetido à análise pelo método padrão 1, utilizando o tempo de 13 minutos, temperatura de aquecimento de 50°C a 95°C e resfriamento até 50°C. As variáveis de resposta quantificadas foram: viscosidade máxima, viscosidade mínima, quebra de viscosidade, tendência à retrogradação e viscosidade final, sendo os resultados expressos em unidades viscoamilográficas (*RVU*); e, tempo para atingir a viscosidade máxima, em minutos, e a temperatura de pasta, em graus Celsius.

#### **3.2.3.5.5. Perfil alveográfico**

As características viscoelásticas foram determinadas em aparelho alveógrafo da marca *Chopin* utilizando o método 54-30 da AACC (2000), através da pesagem de 250,00 g de farinha e volume de 129,4 mL de água, corrigido para 14% de teor de água (b.u.). As variáveis de resposta obtidas nos alveogramas foram: tenacidade ( $P$ ), expressas em milímetros de coluna d'água (Equação 3); extensibilidade ( $L$ ), expressas em milímetros (Equação 4); força geral do glúten ( $W$ ), expressa em  $10^{-4}$  Joule (Equação 5); relação entre tenacidade e extensibilidade

(P/L), adimensional (Equação 6); índice de intumescimento (G), em mililitros (Equação 7); índice de elasticidade (Ie), em percentagem (Equação 8).

$$P = 1,1 \times h \quad \text{Equação 3}$$

em que:

$P$  = Tenacidade (mmCA);

$h$  = Altura máxima do alveograma (mm); e,

1,1 = Valor numérico para conversão da altura máxima do alveograma em pressão.

$$L = c \quad \text{Equação 4}$$

em que:

$L$  = Extensibilidade (mm); e,

$c$  = Comprimento do alveograma até a ocorrência da ruptura da bolha da massa (mm).

$$W = 6,54 \times S \quad \text{Equação 5}$$

em que:

$W$  = Força geral do glúten ( $10^{-4}$  J);

$S$  = Área do alveograma ( $\text{cm}^2$ ); e,

6,54 = Valor numérico para conversão da área do alveograma em trabalho.

$$P/L = \frac{P}{L} \quad \text{Equação 6}$$

em que:

$P/L$  = Relação entre tenacidade e extensibilidade (adimensional);

$P$  = Tenacidade (mmCA); e,

$L$  = Extensibilidade (mm).

$$G = 2,226 \times L^{\frac{1}{2}} \quad \text{Equação 7}$$

em que:

$G$  = Índice de intumescimento (mL);

$L$  = Extensibilidade (mm); e,

2,226 = Valor numérico para conversão da extensibilidade em mililitros.

$$Ie = \frac{P_{200}}{P} \times 100 \quad \text{Equação 8}$$

em que:

$Ie$  = Índice de elasticidade (%);

$P_{200}$  = Tenacidade após insuflação de 200 mL de ar na massa, em mm, correspondendo, também, a 40 mm da extensibilidade após o início no alveograma (mmCA); e,

$P$  = Tenacidade (mmCA).

### 3.2.3.6. Análise estatística

Os dados foram analisados no programa estatístico *SigmaPlot* e interpretados por meio das significâncias das análises de variância e de regressão, considerando-se o nível de probabilidade de erro de até 5% pelo teste de distribuição F. De acordo com o teste de distribuição F, um modelo de regressão é significativo em certo nível de significância quando o valor do F calculado for maior ou igual ao do F tabelado neste nível de significância. Quanto maior o valor do F calculado, mais preditivo é o modelo (BOX; DRAPER, 1987). Para estabelecer o modelo que representasse o fenômeno em estudo, utilizou-se o teste “t” de *Student* para verificar os coeficientes de regressão, adotando-se o nível de probabilidade de erro de até 10% e optando-se, quando dois ou mais modelos eram significativos e explicavam o fenômeno, pelo maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ). A apresentação das equações de regressão e suas interpretações obedeceram às recomendações de Venegas; Alvarez (2003).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir estão apresentados e discutidos os resultados das análises dos atributos de qualidade dos grãos de trigo e das suas respectivas farinhas, armazenados em quatro temperaturas e umidades relativas de equilíbrio distintas, avaliadas ao longo de 180 dias.

### 4.1. Composição proximal dos grãos de trigo

Na Tabela 1 está apresentada a composição proximal dos grãos de trigo para caracterização do material, antes do armazenamento.

**Tabela 1.** Composição proximal dos grãos de trigo. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPEL, Capão do Leão-RS, 2012

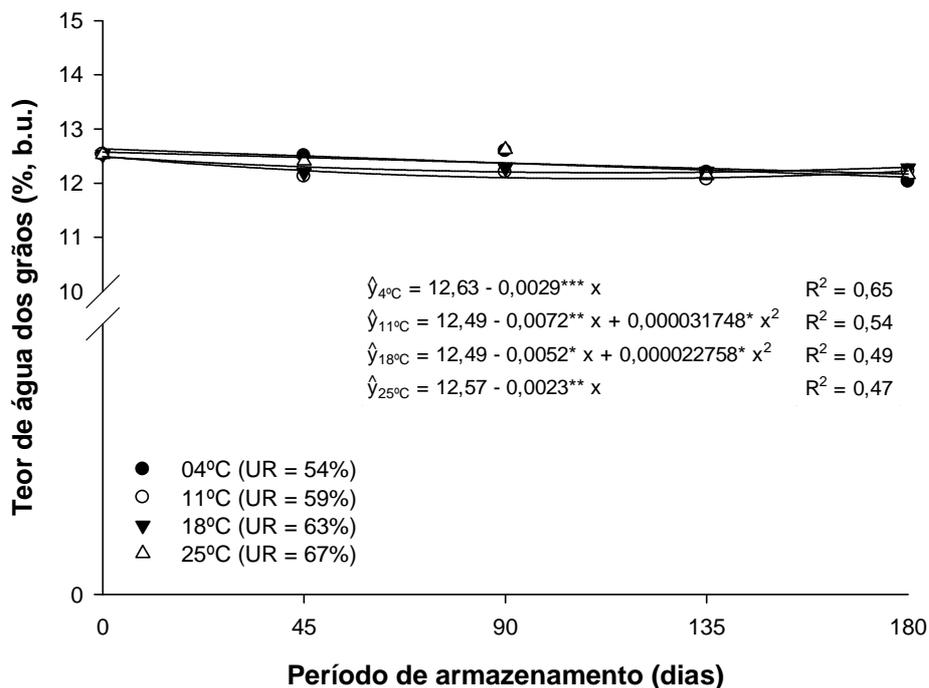
Constituinte	Analisado	Literatura
Água (% b.u.) <sup>1/</sup>	12,5 ± 0,2 <sup>3/</sup>	11,0 - 13,5 <sup>4/</sup>
Cinzas (% b.s.) <sup>2/</sup>	1,4 ± 0,1	1,0 - 3,0
Extrato Etéreo (% b.s.)	1,2 ± 0,1	1,0 - 3,0
Fibra Bruta (% b.s.)	4,4 ± 0,1	3,5 - 5,0
Proteína Bruta (% b.s.)	12,2 ± 0,2	8,0 - 16,0
Carboidratos (% b.s.)	80,8 ± 0,2	60,0 - 82,0

<sup>1/</sup> Percentual em base úmida; <sup>2/</sup> Percentual em base seca; <sup>3/</sup> Médias aritméticas simples de três repetições, com desvio padrão; <sup>4/</sup> Faixa de teores encontrado na literatura: Pomeranz, 1987; Delcour; Hoseneey, 2010; Gutkoski *et al.*, 2011.

Os resultados apresentados na Tabela 1 demonstram que a composição proximal, dos grãos de trigo utilizados, está de acordo com a literatura consultada (POMERANZ, 1987; DELCOUR; HOSENEY, 2010; GUTKOSKI *et al.*, 2011).

### 4.2. Teor de água dos grãos de trigo

Variações no teor de água dos grãos podem ocorrer ao longo do armazenamento devido à higroscopicidade, ou seja, a capacidade de sorção de água. Essas variações são forçadas por fatores externos, principalmente pela umidade relativa e temperatura do ar. As variações no teor de água dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas por 180 dias estão representadas na Figura 8.



**Figura 8.** Teor de água dos grãos de trigo (% b.u.) submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPel, Capão do Leão-RS, 2012.  
 \* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); \*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

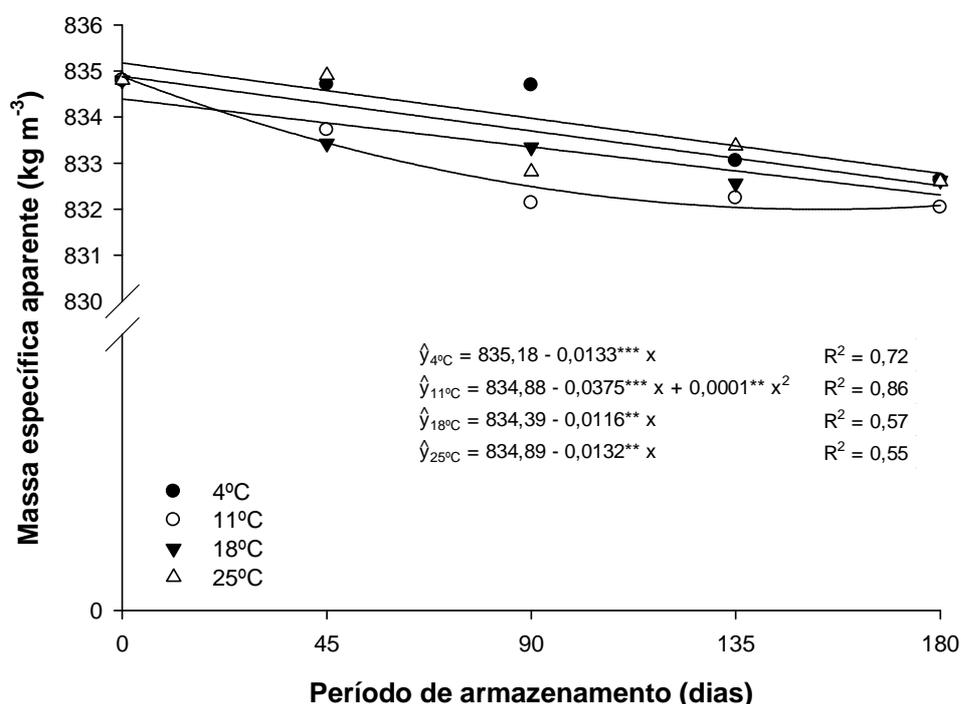
Os grãos de trigo permaneceram com o teor de água praticamente estável durante o armazenamento (Figura 8). Os grãos armazenados a 4 e a 25°C mantiveram o seu teor de água até aos 90 dias, aos 135 dias perderam um pouco e mantiveram até aos 180 dias. Os grãos armazenados a 11 e a 18°C perderam água aos 45 dias e mantiveram o teor estável até aos 180 dias. Os valores médios variaram entre 12,03 e 12,67%, b.u.

Esta flutuação no teor de água pode ser atribuída ao manejo no produto armazenado, aliado ao gradiente de pressão de vapor estabelecido entre os grãos e o ar ambiente. Pois com a elevação da temperatura, o ar aumenta a sua capacidade de absorver água e através de transferências de calor e de massa podem ocorrer variações no teor de água, tendendo ao equilíbrio higroscópico entre o produto e o ambiente (POHNDORF, 2012).

### 4.3. Atributos de qualidade dos grãos de trigo

#### 4.3.1. Massa específica aparente

Na Figura 9 está representado o comportamento da massa específica aparente dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas, ao longo de 180 dias de armazenamento. Os resultados da análise de variância indicaram, pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, que houve variação significativa da massa específica aparente dos grãos de trigo armazenados, pela interação entre temperatura e período de armazenamento. Os modelos (as equações) que melhor representaram o fenômeno em estudo, pelo teste “t” de *Student* adotando-se o nível de probabilidade de erro de até 10% e optando-se, quando dois ou mais modelos eram significativos e explicavam o fenômeno, pelo maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Os modelos e os coeficientes de determinação estão, também, representados na Figura 9.



**Figura 9.** Massa específica aparente ( $\text{kg m}^{-3}$ ), b.u., dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPeI, Capão do Leão-RS, 2012.

\*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

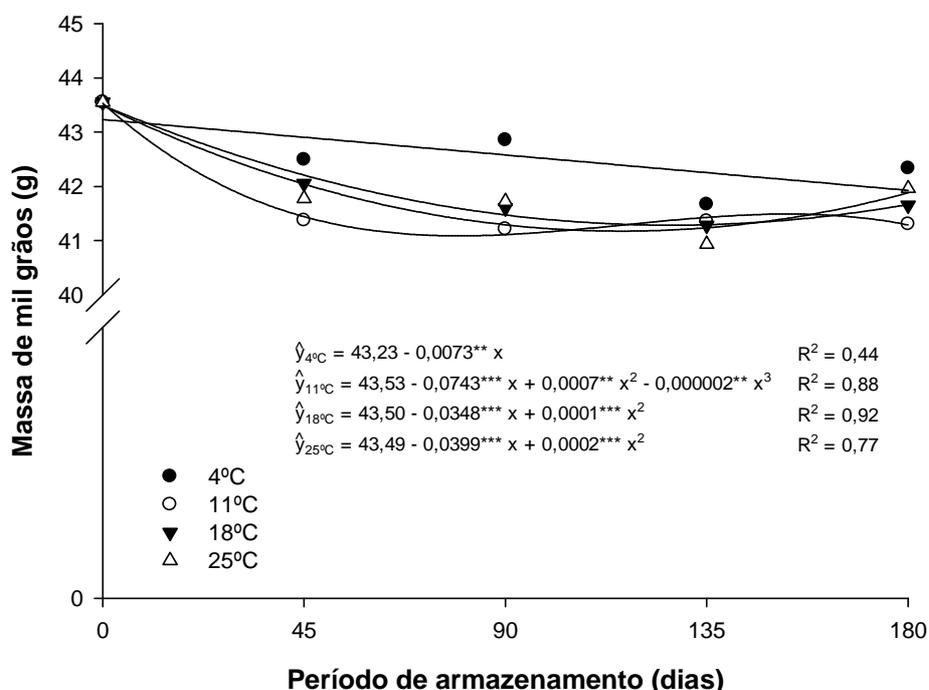
A massa específica aparente dos grãos de trigo reduziu ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 9). Porém não evidenciou-se claramente, por exemplo, pelos resultados obtidos, mediante o teor de água na massa de grãos, as temperaturas de armazenamento e o período de armazenamento adotados no experimento, que temperaturas de armazenamento mais baixas tenderam a preservar a massa específica aparente. Os valores médios variaram entre 832,0 e 834,9 kg m<sup>-3</sup>, b.u.

Karaoğlu *et al.* (2010) estudando o comportamento do trigo armazenado na forma de grão e na forma de espiga com diferentes teores de água (12, 14 e 16%, b.u.) em distintas temperaturas (10, 20 e 30°C) com avaliações trimestrais ao longo de 9 meses verificaram que a massa específica aparente das amostras decresceu com o aumento do teor de água e do período de armazenamento. E demonstraram que também houve reduzido efeito entre temperaturas de armazenamento nos grãos com teor de água mais baixo.

Resultados similares foram obtidos por Srivastava; Rao (1994) que investigaram o efeito do armazenamento a temperaturas elevadas (27, 37 e 50°C) sobre as características funcionais do trigo, em que diminuiu a massa específica aparente ao longo do armazenamento. A massa específica aparente é um indicador da qualidade do grão e é utilizada como uma medida aproximada do rendimento de farinha esperado (HOLLINS *et al.*, 2004). Geralmente, quanto maior a massa específica aparente, melhor a qualidade e o rendimento da farinha (KUNERT *et al.*, 2007).

### 4.3.2. Massa de mil grãos

Está demonstrado, na Figura 10, o comportamento da massa de mil grãos de trigo submetidos a quatro temperaturas distintas de armazenagem, durante 6 meses.



**Figura 10.** Massa de mil grãos (g), b.u., de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenagem. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPEL, Capão do Leão-RS, 2012.

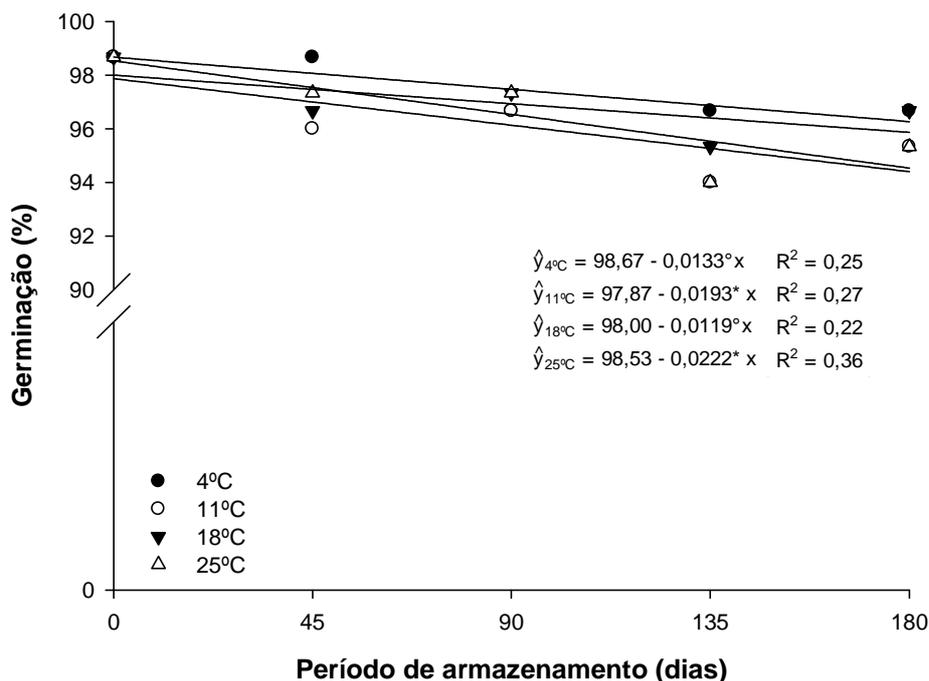
\*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

A massa de mil grãos de trigo reduziu ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenagem (Figura 10). Na temperatura de armazenagem de 4°C, a redução da massa de mil grãos foi menor quando comparada à das outras temperaturas de armazenagem ao longo do tempo. Os valores médios variaram entre 40,93 e 43,55 g, b.u.

Existe uma relação direta entre a massa de mil grãos e a massa específica aparente. As perdas quantitativas totais, tanto da massa de mil grãos quanto da massa específica aparente, resultam dos processos depreciativos, oriundos, primordialmente da atividade metabólica intrínseca dos grãos (ELIAS, 2009).

### 4.3.3. Germinação

O percentual de germinação dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas durante o armazenagem encontra-se representado na Figura 11.



**Figura 11.** Percentual de germinação (%) dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPel, Capão do Leão-RS, 2012. °= significativo a 10% ( $0,10 > p \geq 0,05$ ); e, \* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ).

A germinação dos grãos de trigo reduziu ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 11). Todavia não evidenciou-se claramente, pelos resultados obtidos, que temperaturas de armazenamento mais altas tenderam a degradar mais rápido o poder germinativo dos grãos. Os valores médios variaram entre 94,0 e 98,7%.

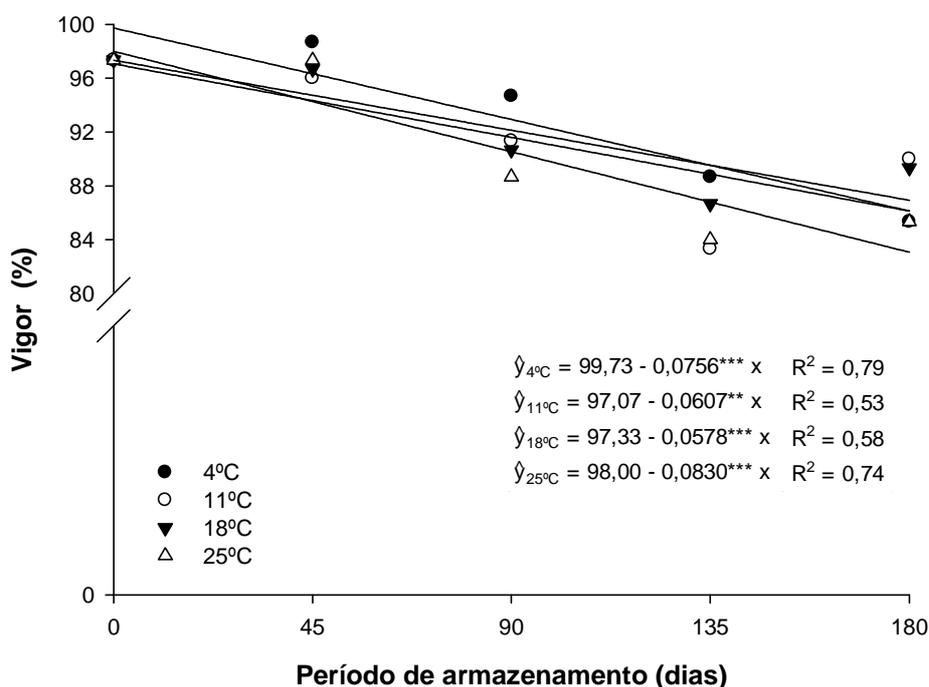
De acordo com Pomeranz (1992), a germinação é um dos fatores mais importantes para avaliar a qualidade dos grãos durante o armazenamento. Isso se confirma com os resultados de Christensen; Kaufmann (1969) que relataram que o aumento da temperatura de armazenamento causa deterioração ou morte para a maioria das espécies de grãos. Grãos com baixo teor de água eram susceptíveis a deterioração a temperaturas de 30 e de 40°C. Wallace; Sinha (1962) relataram que existe uma correlação negativa entre a germinação e a temperatura de armazenamento.

Os resultados estão de acordo com os encontrados por Nithya *et al.* (2011) que, estudando o comportamento de grãos de trigo duro (*Triticum durum* Desf.) armazenados com diferentes teores de água (15, 16, 17, 18, 19 e 20%, b.u.) em distintas temperaturas (10, 20, 30 e 40°C) com avaliações quinzenais ao longo de 12

semanas, também verificaram que a taxa de germinação das amostras decresceu com o aumento da temperatura e do período de armazenamento.

#### 4.3.4. Vigor

Está representado, na Figura 12, o percentual de vigor, por envelhecimento acelerado, dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas, ao longo de 180 dias de armazenamento.



**Figura 12.** Percentual de vigor (%), por envelhecimento acelerado, dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPEl, Capão do Leão-RS, 2012.

\*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

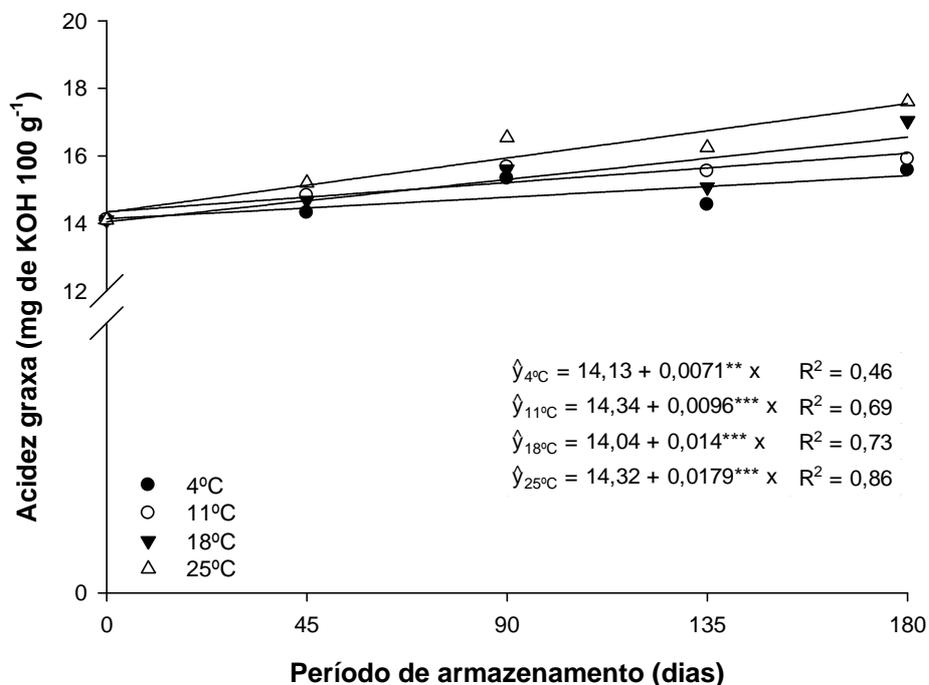
O vigor dos grãos de trigo reduziu ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 12). Na temperatura de armazenamento de 4°C, a redução do vigor foi menor quando comparado à das outras temperaturas de armazenamento até aos 135 dias. Os valores médios variaram entre 83,3 e 98,7%.

O efeito do tempo de armazenamento foi mais acentuado na análise do vigor comparada com a análise de germinação (Figura 11) dos grãos de trigo. Isto é confirmado pelo fato de o teste de germinação ser realizado em condições ótimas para a ocorrência do processo germinativo; enquanto o teste de vigor, por

envelhecimento acelerado, ser realizado em condições adversas para a ocorrência do processo germinativo, simulando o habitual ambiente de campo, com temperatura e umidade relativa elevadas (MARCOS FILHO, 1994). Demonstrando, assim, a deterioração da qualidade fisiológica dos grãos ao longo do armazenamento.

#### 4.3.5. Acidez graxa

Na Figura 13 estão apresentadas as curvas de regressão da acidez graxa dos grãos de trigo armazenados nas temperaturas de 4, 11, 18 e 25°C, durante 6 meses.



**Figura 13.** Acidez graxa (mg de KOH 100 g<sup>-1</sup> da farinha integral), b.s., dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPel, Capão do Leão-RS, 2012.

\*\* = significativo a 1% (0,01 > p ≥ 0,001); e, \*\*\* = significativo a 0,1% (p < 0,001).

A acidez graxa dos grãos de trigo aumentou ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 13). De modo geral, ao longo de período de armazenamento, temperaturas mais altas resultaram em teores de acidez graxa maiores; e temperaturas mais baixas, em teores menores. Os valores médios variaram entre 14,1 e 17,6 mg de KOH 100 g<sup>-1</sup> da farinha integral, b.s.

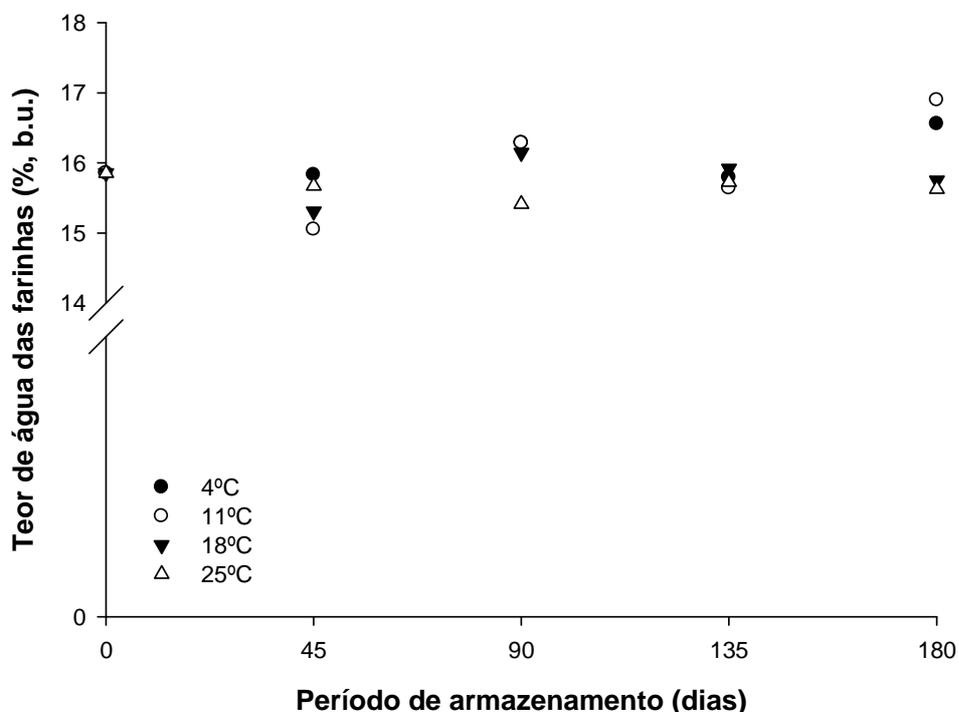
Embora se tenha verificado aumento na acidez, os valores ainda são considerados baixos. A acidez graxa serve como indicador do processo de rancidez hidrolítica e oxidativa dos lipídios, e deve apresentar valores inferiores a 100 mg de KOH por 100 g de farinha de trigo tipo 1, tipo 2 ou integral, em b.s. (BRASIL, 2005). Portanto, as farinhas de trigo neste estudo apresentaram resultados dentro dos valores preconizados pela legislação brasileira para farinhas de trigo tipo 1, tipo 2 ou integral, após um período de seis meses. Estes resultados demonstraram que, mesmo sob armazenamento a baixas temperaturas, os grãos de trigo sofreram o processo de envelhecimento, resultando em aumento da acidez, devido à deterioração de lipídios.

Os dados estão de acordo com os encontrados por Wallace *et al.* (1983) que relataram a existência de uma correlação negativa entre acidez graxa dos grãos de trigo e a temperatura de armazenamento. Nithya *et al.* (2011) estudando o armazenamento de grãos de trigo duro também verificaram que a acidez graxa das amostras aumentou com o aumento da temperatura e do período de armazenamento. Resultados semelhantes foram obtidos para o centeio e a canola (SATHYA *et al.*, 2008; SATHYA *et al.*, 2009) e para a aveia e a cevada (WHITE *et al.*, 1999).

O aumento da acidez graxa durante o armazenamento pode ser atribuído à atividade da enzima lipase, porém as reações de hidrólise e de oxidação não enzimáticas também não devem ser desconsideradas (SALMAN; COPELAND, 2007).

#### 4.4. Teor de água das farinhas dos grãos de trigo

Estão apresentadas, na Figura 14, as variações no teor de água das farinhas extraídas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas por 180 dias.



**Figura 14.** Teor de água das farinhas dos grãos de trigo (% b.u.) submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPeI, Capão do Leão-RS, 2012.

Ocorreu uma grande variação no teor de água das farinhas dos grãos de trigo durante o armazenamento (Figura 14). Esta variação no teor de água pode ser atribuída ao procedimento de condicionamento dos grãos de trigo, o qual consistiu em adicionar água destilada aos grãos, com base em cálculo, de modo que a absorvessem e ficassem com teor de água próximo a 16%, b.u. Procedimento este que favorece a operação de moagem dos grãos e extração da farinha, reduzindo os danos à matriz proteica e aos grânulos de amido. Sucedeu de a absorção ter sido uniforme apenas aos 135 dias, o que não comprometeu as análises subsequentes, as quais sempre levaram em consideração o teor de água real apresentado por cada tratamento. Os valores médios variaram entre 15,05 e 16,90%, b.u.

#### 4.5. Perfil granulométrico das farinhas dos grãos de trigo

Na Tabela 2 está apresentado o perfil granulométrico das farinhas dos grãos de trigo para caracterização do material, antes da avaliação das propriedades das farinhas, propriamente ditas.

**Tabela 2.** Perfil granulométrico (%), b.u., das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPEl, Capão do Leão-RS, 2012

Período de armazenamento (dias)	Temperatura de armazenamento (°C)			
	4	11	18	25
----- 250 µm (60 mesh) -----				
0	0,23 ± 0,05 <sup>1/</sup>	0,23 ± 0,05	0,23 ± 0,05	0,23 ± 0,05
45	0,25 ± 0,05	0,23 ± 0,05	0,25 ± 0,05	0,32 ± 0,07
90	0,13 ± 0,05	0,11 ± 0,03	0,07 ± 0,03	0,05 ± 0,01
135	0,14 ± 0,02	0,27 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,11 ± 0,01
180	0,24 ± 0,02	0,24 ± 0,02	0,24 ± 0,08	0,15 ± 0,03
----- 177 µm (80 mesh) -----				
0	0,78 ± 0,24	0,78 ± 0,24	0,78 ± 0,24	0,78 ± 0,24
45	0,86 ± 0,11	0,69 ± 0,07	0,51 ± 0,02	0,69 ± 0,07
90	0,23 ± 0,03	0,25 ± 0,03	0,22 ± 0,04	0,15 ± 0,03
135	0,20 ± 0,01	0,65 ± 0,01	0,21 ± 0,03	1,13 ± 0,11
180	0,79 ± 0,05	1,24 ± 0,34	1,11 ± 0,12	1,94 ± 0,07
----- 149 µm (100 mesh) -----				
0	4,36 ± 0,28	4,36 ± 0,28	4,36 ± 0,28	4,36 ± 0,28
45	4,44 ± 0,14	3,73 ± 0,17	3,94 ± 0,18	4,56 ± 0,10
90	4,48 ± 0,03	4,60 ± 0,17	4,62 ± 0,11	4,59 ± 0,06
135	0,75 ± 0,06	0,82 ± 0,03	1,66 ± 0,02	1,64 ± 0,02
180	1,64 ± 0,36	3,32 ± 0,11	1,93 ± 0,03	2,12 ± 0,44
----- 105 µm (140 mesh) -----				
0	30,45 ± 0,49	30,45 ± 0,49	30,45 ± 0,49	30,45 ± 0,49
45	30,41 ± 0,15	31,76 ± 0,37	31,26 ± 0,19	29,67 ± 0,34
90	21,68 ± 0,38	22,87 ± 0,17	23,40 ± 0,03	23,42 ± 0,02
135	12,03 ± 0,87	13,15 ± 0,16	15,30 ± 0,34	17,16 ± 0,65
180	20,52 ± 1,22	19,79 ± 0,12	21,84 ± 0,43	22,01 ± 0,69
----- 53 µm (270 mesh) -----				
0	63,01 ± 0,08	63,01 ± 0,08	63,01 ± 0,08	63,01 ± 0,08
45	62,93 ± 0,06	61,55 ± 0,25	60,75 ± 0,16	60,94 ± 0,09
90	69,25 ± 0,08	67,36 ± 0,03	67,04 ± 1,12	67,16 ± 0,12
135	75,66 ± 0,92	77,65 ± 0,70	76,98 ± 0,46	75,28 ± 0,38
180	70,04 ± 0,49	68,43 ± 0,27	68,17 ± 0,04	66,98 ± 0,14
----- < 53 µm (fundo) -----				
0	1,17 ± 0,32	1,17 ± 0,32	1,17 ± 0,32	1,17 ± 0,32
45	1,12 ± 0,22	2,05 ± 0,06	3,35 ± 0,18	3,82 ± 0,30
90	4,23 ± 0,41	4,81 ± 0,36	4,65 ± 1,06	4,62 ± 0,06
135	11,22 ± 0,03	7,47 ± 0,50	5,76 ± 0,13	4,68 ± 0,19
180	6,76 ± 0,34	6,98 ± 0,27	6,72 ± 0,26a	6,80 ± 0,15

<sup>1/</sup> Médias aritméticas simples de três repetições, com desvio padrão.

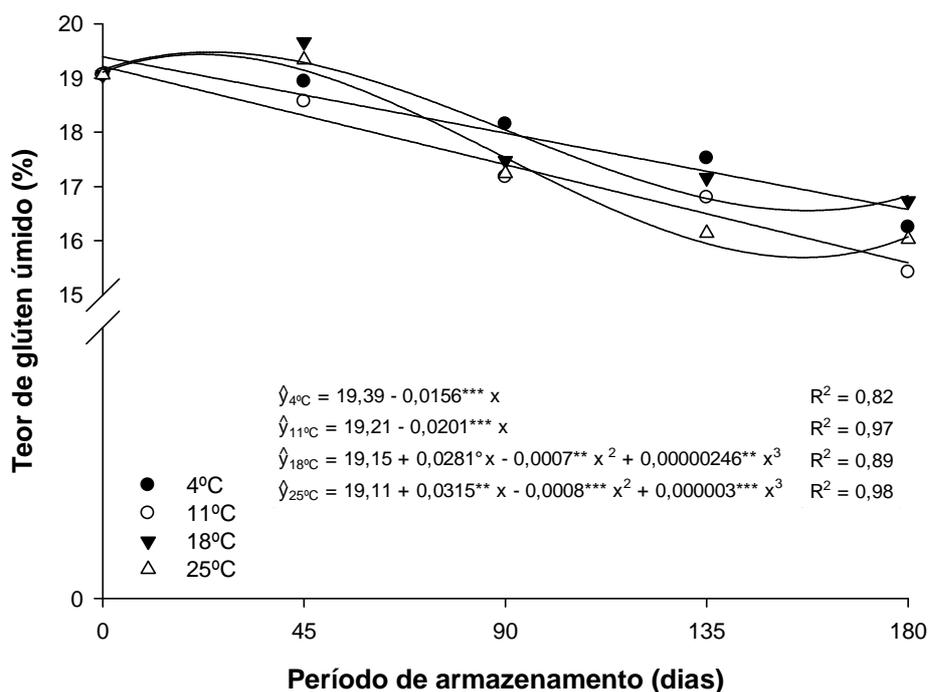
Independentemente da temperatura de armazenamento, todos os tratamentos ficaram com o maior percentual de farinha (massa massa<sup>-1</sup>) com a granulometria entre 53 e 105  $\mu\text{m}$  (Tabela 2), de 60,75% a 77,65%, b.u. E o segundo maior percentual, ficou com granulometria entre 105 e 149  $\mu\text{m}$ , oscilando entre 12,03% e 31,76%, b.u. De maneira geral, aos 135 dias de armazenamento ocorreu a maior alteração no comportamento, a principal explicação para isso foi o fato de terem sido trocadas peças no moinho, no período. Além de a regulagem ter sido ajustada entre um período e o outro e, assim, adveio uma moagem com granulometria menor das farinhas.

De acordo com a legislação brasileira vigente (BRASIL, 2005), 95% da farinha de trigo deve passar na peneira com abertura de malha de 250  $\mu\text{m}$  para ser enquadrada em tipo 1 ou em tipo 2. Portanto, as farinhas de trigo neste estudo apresentaram resultados dentro do percentual preconizado pela legislação, pois o percentual de farinha que ficou retida na peneira com abertura de malha de 250  $\mu\text{m}$  variou entre 0,05 e 0,32%, b.u. (Tabela 2).

## 4.6. Atributos de qualidade das farinhas de trigo

### 4.6.1. Perfil de glúten

A variação no teor de glúten úmido das farinhas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas por 180 dias está representada na Figura 15.



**Figura 15.** Teor de glúten úmido (%) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPel, Capão do Leão-RS, 2012.

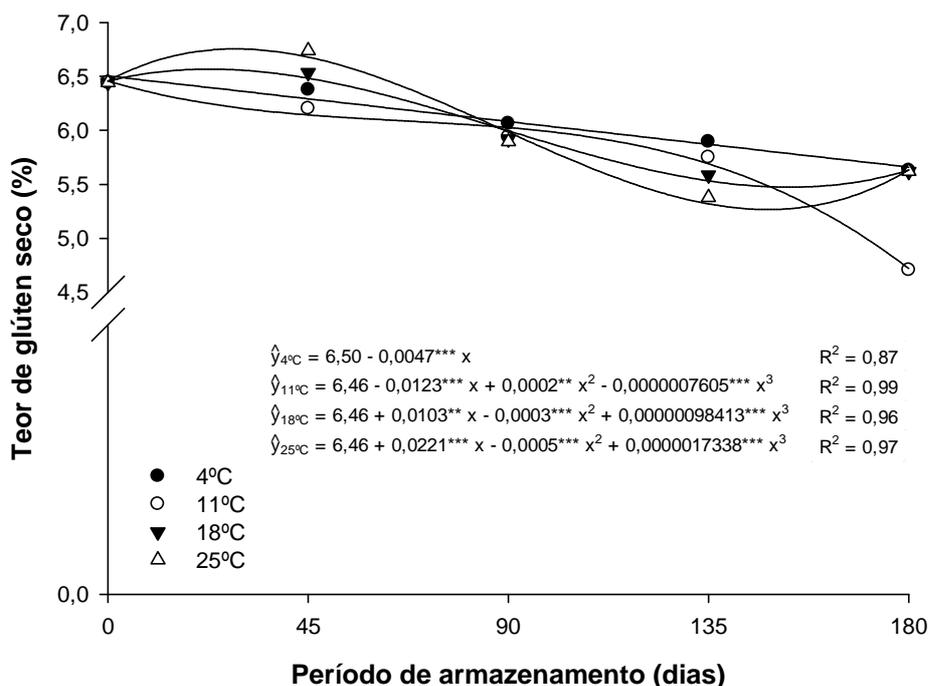
° = significativo a 10% ( $0,10 > p \geq 0,05$ ); \*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

O teor de glúten úmido das farinhas de trigo reduziu ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 15). É visualizável que nas temperaturas de armazenamento de 4 e 11°C o teor de glúten úmido foi mais estável, apresentando comportamento linear; enquanto que nas temperaturas de armazenamento de 18 e 25°C, apresentou comportamento irregular, conforme pode ser observado, também, no ajuste dos modelos de regressão. Os valores médios variaram entre 15,42 e 19,67%.

Resultados similares foram obtidos por Karaoğlu *et al.* (2010) que investigaram o efeito do armazenamento do trigo na forma de grão e em espiga com diferentes teores de água e temperaturas de armazenamento ao longo do tempo

sobre as características funcionais do trigo, no qual também diminuiu o teor de glúten úmido ao longo do armazenamento.

Na Figura 16 está representado o comportamento do teor de glúten seco das farinhas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas, ao longo de 180 dias de armazenamento.



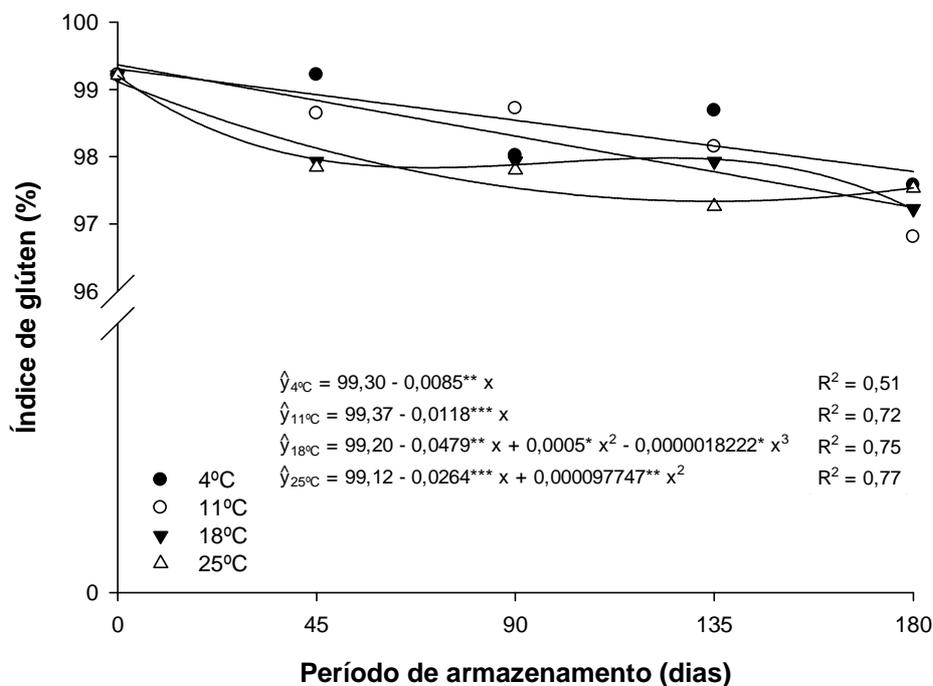
**Figura 16.** Teor de glúten seco (%) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPeI, Capão do Leão-RS, 2012.

\*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

Apesar de aos 180 dias ter havido uma redução insólita no teor de glúten seco na temperatura de 11°C, o comportamento foi semelhante à do glúten úmido para todas as condições de armazenamento, reduzindo ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 16). Contudo, assim como no teor de glúten úmido (Figura 15), a menor temperatura de armazenamento (4°C) tornou a redução do teor de glúten seco mais estável e linear. Os valores médios variaram entre 4,71 e 6,74%.

De acordo com Karaoğlu *et al.* (2010), o que difere o teor de glúten úmido do teor de glúten seco, basicamente, é a capacidade de ligação de água. Por isso ocorre certa similaridade entre o comportamento do teor de glúten úmido e o teor de glúten seco.

Está demonstrado, na Figura 17, o comportamento do índice de glúten das farinhas dos grãos de trigo submetidos a quatro temperaturas distintas de armazenagem, durante 6 meses.



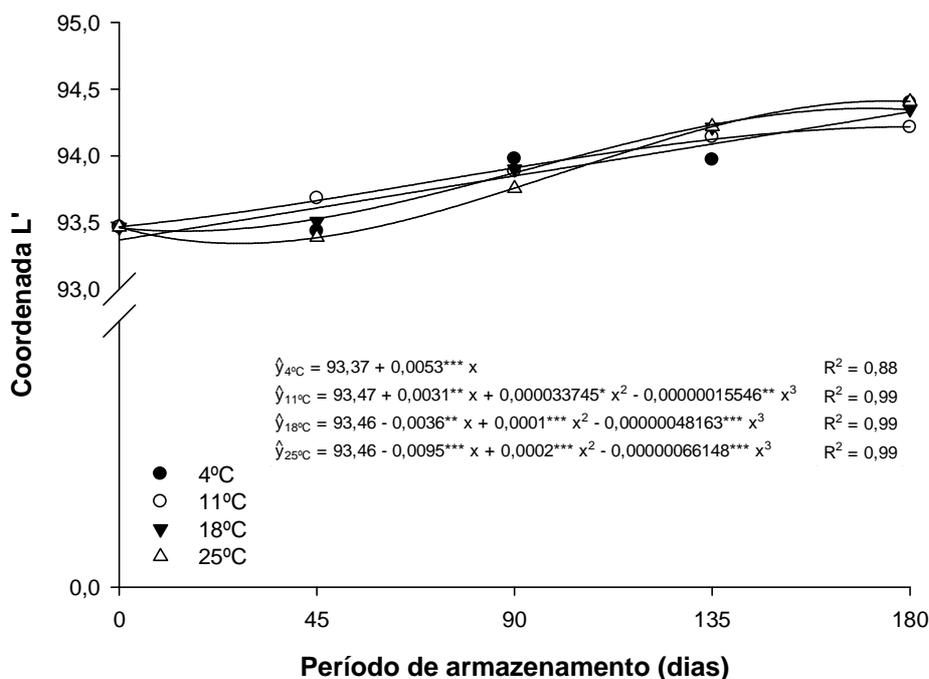
**Figura 17.** Índice de glúten (%) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenagem. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPel, Capão do Leão-RS, 2012.  
 \* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); \*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

O índice de glúten das farinhas de trigo reduziu ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenagem (Figura 17). Aos 45 e aos 135 dias nota-se que temperaturas de armazenagem mais baixas tenderam a preservar um índice de glúten maior, apesar de aos 90 e aos 180 dias de armazenagem não ser possível evidenciar claramente isso, pelos resultados obtidos. Os valores médios variaram entre 96,81 e 99,22%.

O índice de glúten é uma forma de medir a força do glúten (LI *et al.*, 2006). De acordo com Montenegro; Ormenese (2008), quanto ao índice de glúten, a farinha pode ser classificada em: “muito boa”, quando valor superior a 90%; “boa”, quando valor entre 60 e 90%; “média”, quando valor entre 40 e 60%; e, “fraca”, quando valor inferior a 40%. Com base nesta classificação pode-se considerar a farinha de todos os tratamentos deste experimento como tendo força de glúten “muito boa”.

#### 4.6.2. Perfil colorimétrico

Os valores da coordenada de cromaticidade L' (luminosidade) das farinhas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas durante o armazenamento encontram-se representados na Figura 18.



**Figura 18.** Valores da coordenada de cromaticidade L' das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPEl, Capão do Leão-RS, 2012.

L' = luminosidade que varia entre zero (preto) e 100 (branco).

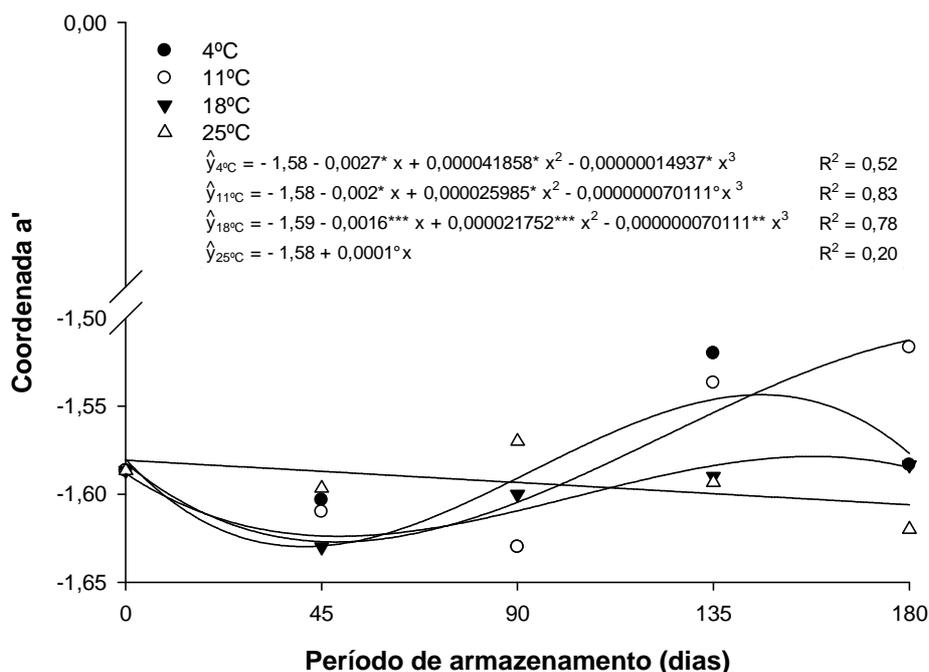
\* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); \*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

A coordenada de cromaticidade L' quantifica a cor de um produto quanto a sua luminosidade, variando entre zero (preto) e 100 (branco), apresentando numericamente, no caso, o branqueamento ocorrido com as farinhas de trigo ao longo do armazenamento, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 18). No entanto não corroborou-se, pelos resultados obtidos, o efeito das temperaturas de armazenamento sobre a luminosidade das farinhas. Os valores médios variaram entre 93,43 e 94,41.

Karaoğlu *et al.* (2010) também não conseguiram evidenciar diferença na luminosidade das farinhas quanto a temperatura de armazenamento, em grãos de trigo armazenados com teores de água de 12%, b.u., e temperaturas de armazenamento de 10, de 20 e de 30°C ao longo de 9 meses de armazenamento.

Mas, ao contrário do que é demonstrado nesta dissertação, obtiveram uma diminuição da luminosidade das farinhas ao longo do tempo.

Estão representados, na Figura 19, os valores da coordenada de cromaticidade a' das farinhas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas, ao longo de 180 dias de armazenamento.



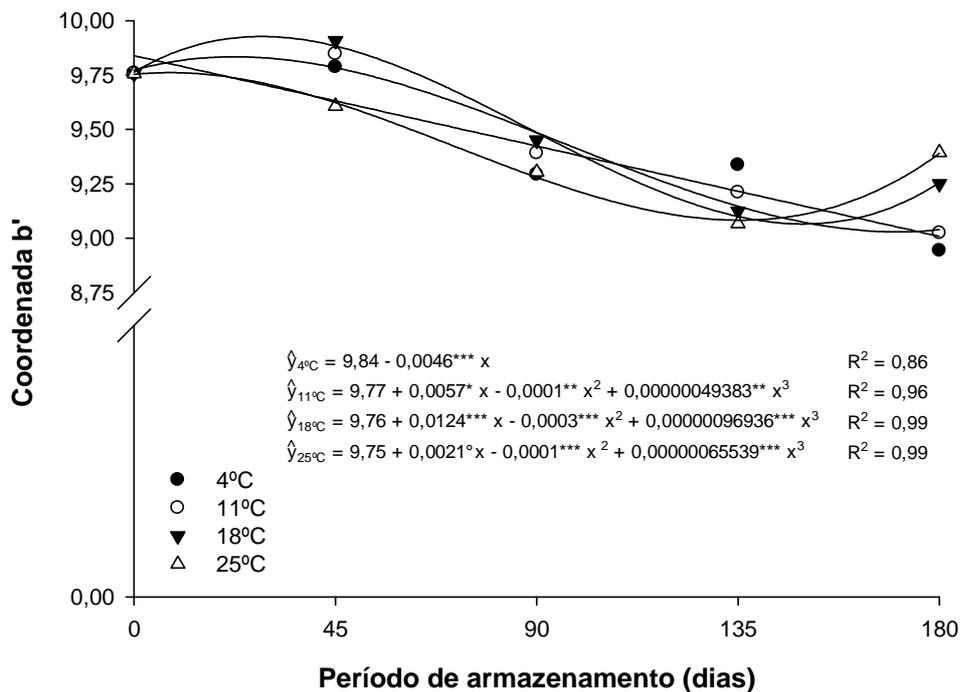
**Figura 19.** Valores da coordenada de cromaticidade a' das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPEl, Capão do Leão-RS, 2012.

a' = coordenada de cromaticidade que varia de -a' (verde) até +a' (vermelho).

° = significativo a 10% ( $0,10 > p \geq 0,05$ ); \* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); \*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

Os valores da coordenada de cromaticidade a' nas farinhas de trigo armazenadas a 4, 11 e 18°C aumentaram ao longo do tempo, enquanto que a 25°C reduziu após os 90 dias de armazenamento (Figura 19). Essa redução após os 90 dias de armazenamento pode ser efeito da temperatura de armazenamento mais alta (25°C), a qual tendeu a uma tonalidade mais verde. Os valores médios variaram entre -1,52 e -1,63.

Na Figura 20 estão apresentados os valores da coordenada de cromaticidade b' das farinhas dos grãos de trigo armazenados nas temperaturas de 4, 11, 18 e 25°C, durante 6 meses.



**Figura 20.** Valores da coordenada de cromaticidade b' das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPEl, Capão do Leão-RS, 2012.

b' = coordenada de cromaticidade que varia de -b' (azul) até +b' (amarelo).

° = significativo a 10% ( $0,10 > p \geq 0,05$ ); \* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); \*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

Os valores da coordenada de cromaticidade b' nas farinhas de trigo reduziram ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 20). Enquanto as farinhas dos grãos armazenados em temperaturas de armazenamento mais altas (18 e 25°C) aos 135 dias apresentaram uma tendência a tonalidade menos amarela; aos 180 dias de armazenamento houve uma inversão e as farinhas dos grãos armazenados em temperaturas de armazenamento mais baixas (4 e 11°C) é que tenderam a tonalidade menos amarela. Os valores médios variaram entre 8,94 e 9,91.

Ortolan *et al.* (2010), avaliando os efeitos do armazenamento de farinha de trigo de diferentes genótipos à baixa temperatura (-4°C) durante seis meses na cor e na acidez da farinha de trigo, também obtiveram aumentos para a luminosidade e para a coordenada de cromaticidade b', entretanto notaram uma redução nos valores para a coordenada de cromaticidade a' ao longo do armazenamento.

Segundo Rasper; Walker (2000) a melhora na cor da farinha de trigo resulta da oxidação natural dos pigmentos durante o armazenamento, os valores medidos

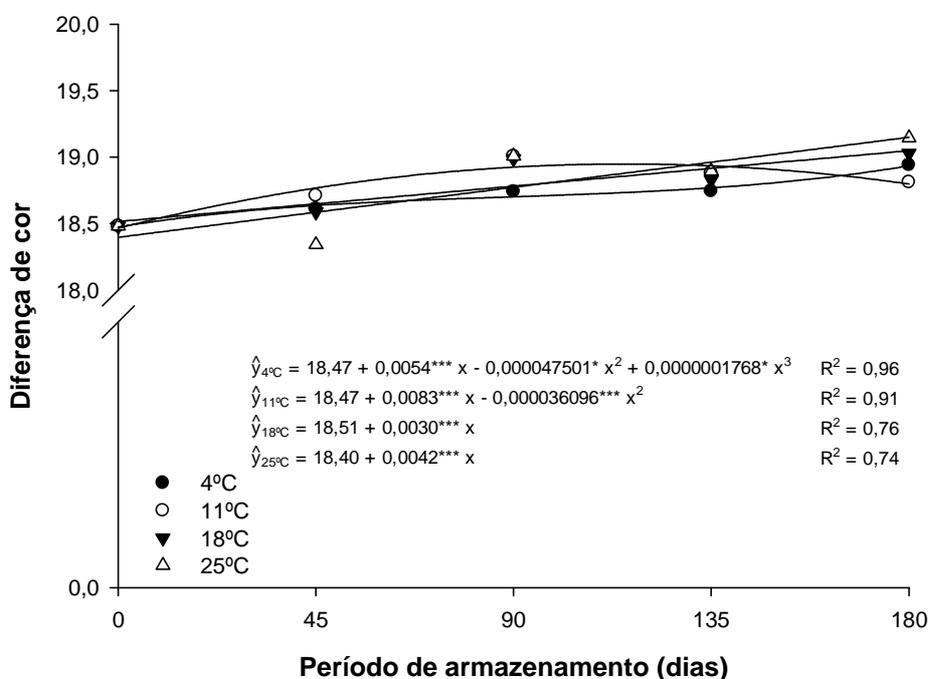
variam não apenas com a extensão do branqueamento, mas também pelo envelhecimento da farinha.

Embora a coordenada a' tenha apresentado redução de seu valor e a coordenada b', aumento, durante o armazenamento das farinhas, indicando uma tendência de afastamento do verde e do amarelo, verificou-se que as amostras apresentaram valores semelhantes aos previamente encontrados por Farrington *et al.* (1981) e Oliver *et al.* (1992); isto ocorreu, de acordo com Orlotan *et al.* (2010), porque os valores da luminosidade aumentaram.

A modificação da cor creme para branca das farinhas é a principal alteração sensorial que ocorre durante a estocagem. Esta alteração ocorre, principalmente, pelas reações de oxidação iniciadas pela enzima lipoxigenase (SHUEY, 1976).

Em geral, considera-se uma farinha branca aquela que possui valor de L' superior a 93, de a' próximo à zero (inferior a 0,5 ou negativo) e de b' inferior a 8 (ORTOLAN *et al.*, 2010).

Estão apresentadas, na Figura 21, as diferenças na cor das farinhas extraídas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas por 180 dias.



**Figura 21.** Diferença de cor das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPeL, Capão do Leão-RS, 2012.

\* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

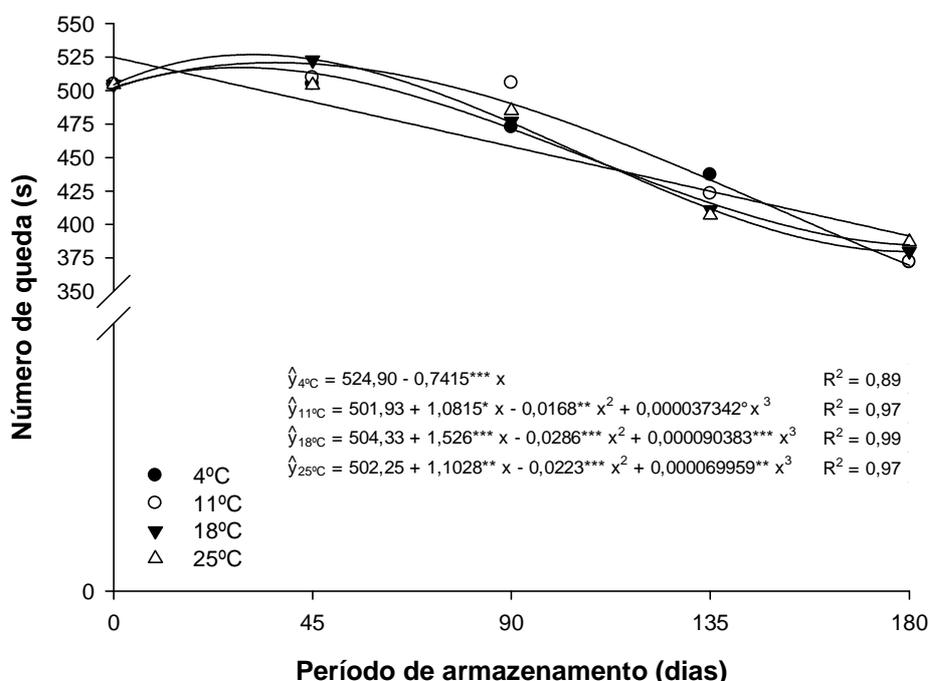
A diferença de cor das farinhas de trigo aumentou ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 21). Entretanto, aos 180 dias percebe-se que temperaturas de armazenamento mais baixas tenderam a uma diferença de cor menor. Os valores médios variaram entre 18,48 e 19,14.

Alencar *et al.* (2009) estudando o comportamento de grãos de soja armazenados com diferentes teores de água (11,2, 12,8 e 14,8%, b.u.) em diferentes temperaturas (20, 30 e 40°C) com avaliações a cada 45 dias ao longo de 6 meses também verificaram que os valores da diferença de cor das amostras aumentaram no decorrer do período de armazenamento e não ocorreram muitas variações entre os grãos armazenados a 20 e a 30°C, com teor de água de 11,2 e de 12,8%, b.u. Já em todos os tratamentos a 40°C e também nos com teor de água de 14,8%, b.u., obtiveram uma variação considerável na diferença de cor.

A cor da farinha de trigo é afetada por variáveis como genótipo do trigo, condicionamento do grão antes da moagem, grau de extração da farinha do grão, tamanho das partículas, estocagem, efeito de tratamento de branqueamento, condições climáticas da colheita e o local do plantio (ORTOLAN, 2006).

### 4.6.3. Número de queda

Na Figura 22 está apresentado o número de queda das farinhas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas por meio ano.



**Figura 22.** Número de queda (s) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPeI, Capão do Leão-RS, 2012.

° = significativo a 10% ( $0,10 > p \geq 0,05$ ); \* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); \*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

O número de queda das farinhas de trigo reduziu ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 22). Entretanto não evidenciou-se, por exemplo, pelos dados obtidos, que temperaturas de armazenamento mais baixas tenderam a inibir a atividade da enzima alfa-amilase, pelo menos até o período de armazenamento avaliado. Os valores médios variaram entre 371,7 e 522,7 segundos.

Como o valor do número de queda apresenta relação inversa com a atividade da alfa-amilase (PERTEN INSTRUMENTS, 2010), pode se dizer que houve um aumento na atividade da alfa-amilase ao longo do armazenamento.

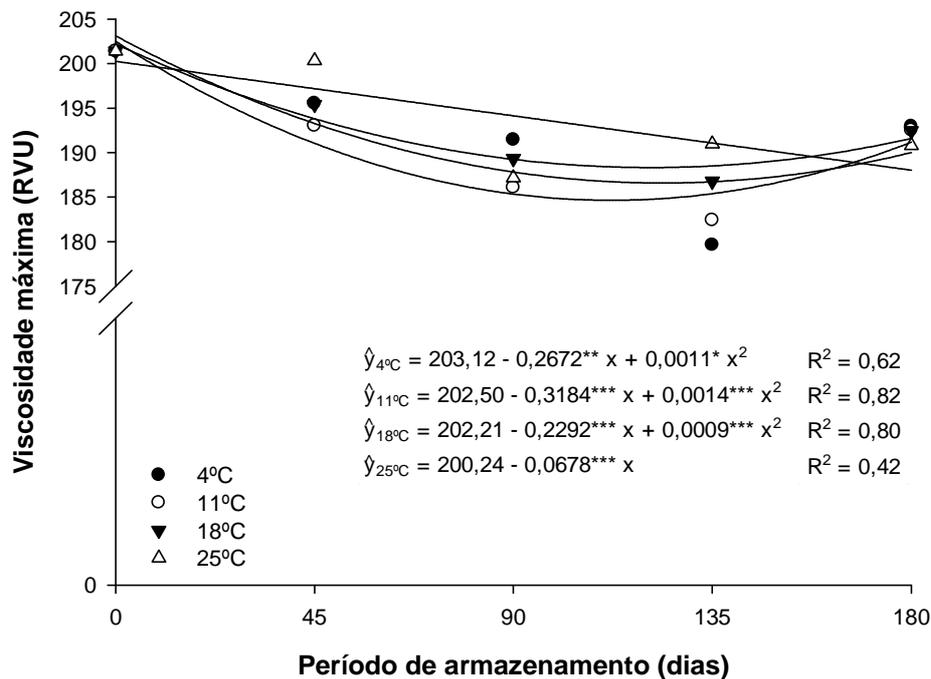
Resultados similares foram obtidos por Karaoğlu *et al.* (2010) em grãos de trigo armazenados com teores de água de 12 e de 14%, b.u., e temperaturas de armazenamento de 10 e de 20°C até 6 meses de armazenamento. Todavia, em todos os tratamentos armazenados a 30°C, em todos os tratamentos armazenados

com teor de água de 16%, b.u., e em todos os tratamentos aos 9 meses de armazenamento, ocorreu aumento no número de queda. O aumento no número de queda pode ser atribuído à degradação da enzima alfa-amilase e à variação das propriedades de gelatinização do amido durante o período de armazenamento (KARAOĞLU *et al.*, 2010). Isto leva a supor que teores de água acima de 14%, b.u., e/ou temperaturas de armazenamento superiores a 20°C e/ou períodos de armazenamento superiores a 6 meses degradam a enzima alfa-amilase.

De acordo com o Regulamento Técnico do Trigo (BRASIL, 2010), vigorando desde 1º de julho de 2012, o trigo destinado à moagem e a outras finalidades, considerando-se apenas o item número de queda, pode ser enquadrado nas classes: “melhorador”, quando o valor do número de queda é maior ou igual a 250 segundos; “pão”, quando entre 220 e 250 segundos; “doméstico”, quando igual a 220 segundos; “básico”, quando entre 200 e 220 segundos; e “outros usos”, quando o valor do número de queda for qualquer. Com base neste enquadramento, considerando-se apenas o item número de queda, pode-se classificar a farinha de todos os tratamentos deste experimento como sendo da classe “melhorador”.

#### **4.6.4. Perfil viscoamilográfico**

A viscosidade de pastas de amido, avaliada em viscoamilógrafo parece ser determinada por dois fatores: o grau de inchamento dos grânulos e a resistência desses grânulos à dissolução pelo calor e/ou à fragmentação pela agitação mecânica (CEREDA *et al.*, 2003). A variação na viscosidade máxima das farinhas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas por 180 dias está representada na Figura 23.

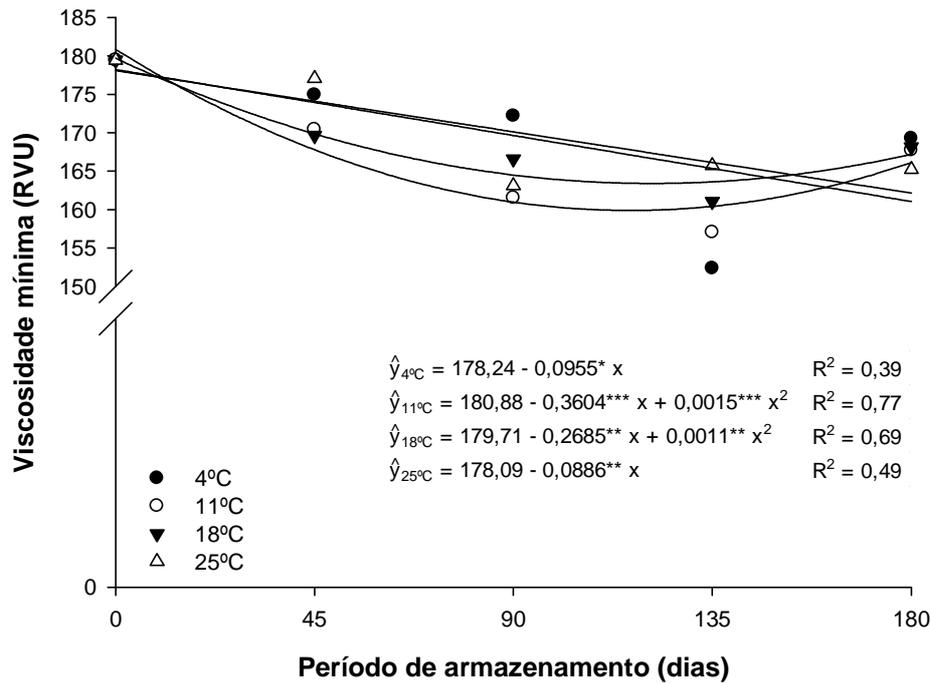


**Figura 23.** Viscosidade máxima (*RVU*) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPEl, Capão do Leão-RS, 2012.

\* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); \*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

A viscosidade máxima das farinhas de trigo reduziu até aos 135 dias de armazenamento, independentemente da temperatura de armazenamento, sendo que aos 180 dias ocorreu um aumento na viscosidade máxima em todas as temperaturas de armazenamento (Figura 23). O que pode ser atribuído ao aumento da facilidade e da rapidez de hidratação dos grânulos de amido proporcionado pelo aumento da atividade da alfa-amilase (Figura 22), pelo menos até aos 135 dias de armazenamento. Os valores médios variaram entre 179,6 e 201,4 *RVU*.

Na Figura 24 está representado o comportamento da viscosidade mínima das farinhas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas, ao longo de 180 dias de armazenamento.

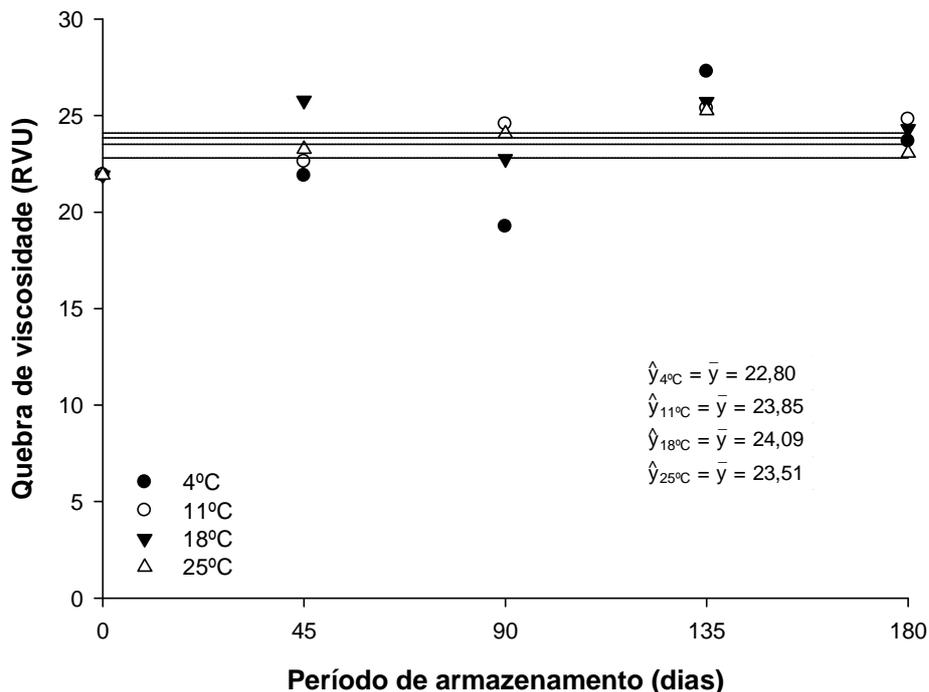


**Figura 24.** Viscosidade mínima (*RVU*) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPeI, Capão do Leão-RS, 2012.

\* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); \*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

A viscosidade mínima das farinhas de trigo reduziu até aos 135 dias de armazenamento, independentemente da temperatura de armazenamento, sendo que aos 180 dias ocorreu um aumento na viscosidade mínima em todas as temperaturas de armazenamento (Figura 24). Porém não confirmou-se, por exemplo, pelos resultados obtidos, que temperaturas de armazenamento mais baixas tenderam a preservar uma viscosidade mínima maior. Os valores médios variaram entre 152,4 e 179,5 *RVU*.

Está demonstrado, na Figura 25, o comportamento da quebra de viscosidade das farinhas dos grãos de trigo submetidos a quatro temperaturas distintas de armazenagem, durante 6 meses.

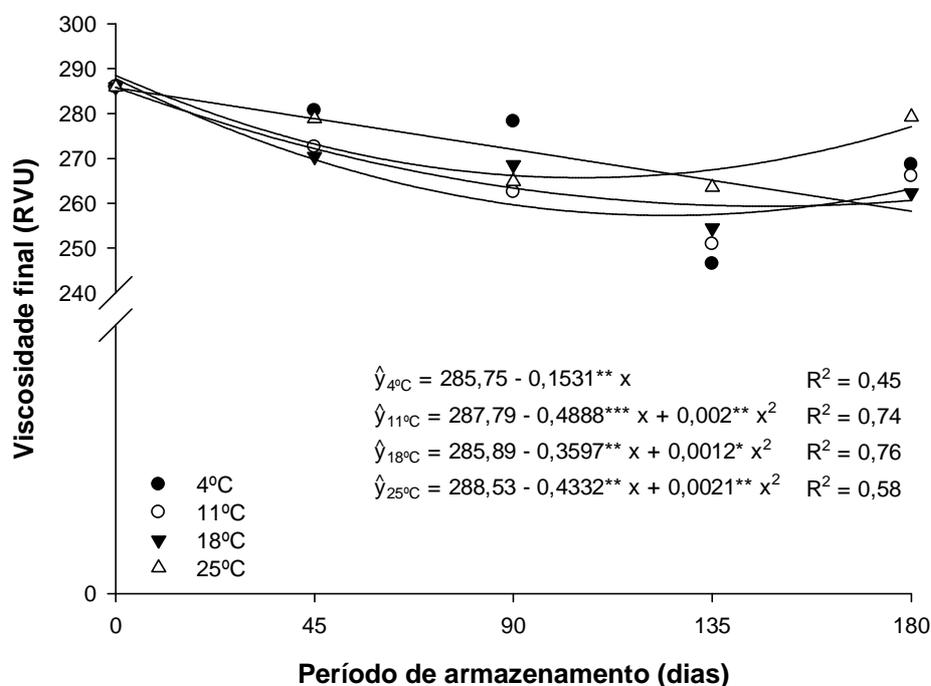


**Figura 25.** Quebra de viscosidade (*RVU*) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPEl, Capão do Leão-RS, 2012.

Os resultados da análise de variância indicaram, pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, que não houve variação significativa da quebra de viscosidade das farinhas dos grãos de trigo armazenados, pela interação entre temperatura e período de armazenamento (Figura 25). De acordo com Venegas; Alvarez (2003), se nenhum modelo (equação), linear, quadrático e/ou cúbico, é significativo até a probabilidade de erro de 10% ( $p \geq 0,10$ ) não quer dizer que não tenha equação; unicamente quer dizer que não foi possível, com os dados, evidenciar o efeito. Nesse caso, a equação é a média geral das respostas à dada temperatura ao longo do período de armazenamento. Sua representação gráfica não é um ponto na ordenada, mas sim, uma reta paralela às abscissas. Os valores médios variaram entre 19,2 e 27,3 *RVU*.

O valor numérico da quebra de viscosidade é o resultado do valor da viscosidade máxima menos o valor da viscosidade mínima. Logo, se ocorrer um valor da viscosidade máxima alto e um valor da viscosidade mínima baixo, a quebra de viscosidade vai resultar em um valor alto.

Os valores da viscosidade final das farinhas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas durante o armazenamento encontram-se representado na Figura 26.

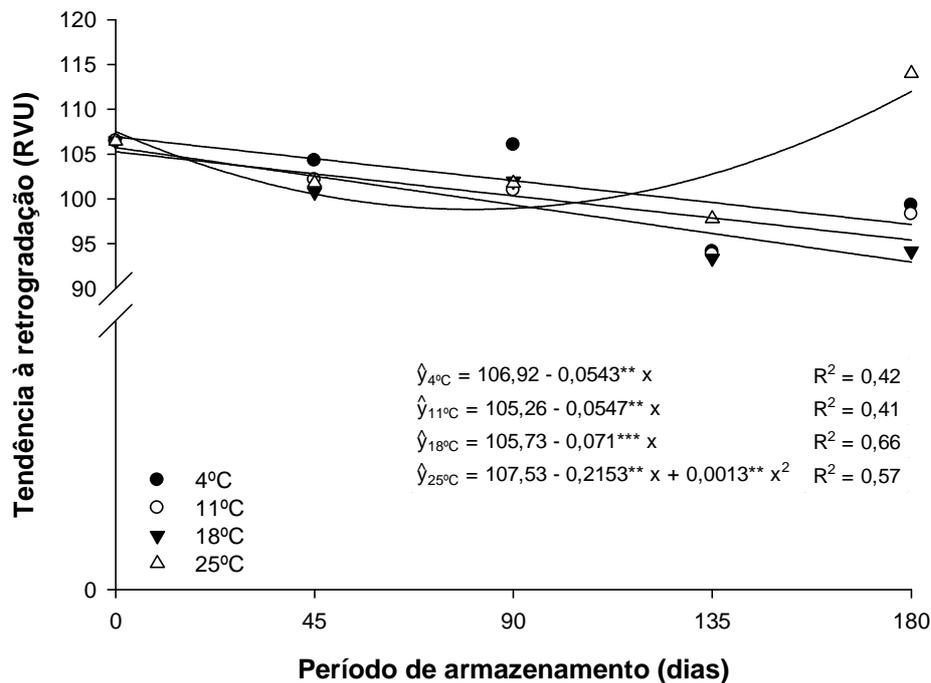


**Figura 26.** Viscosidade final (*RVU*) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPel, Capão do Leão-RS, 2012.

\* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); \*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

A viscosidade final das farinhas de trigo reduziu até aos 135 dias de armazenamento, independentemente da temperatura de armazenamento, sendo que aos 180 dias ocorreu um aumento na viscosidade final em todas as temperaturas de armazenamento (Figura 26). Constata-se ainda que até aos 90 dias de armazenamento a farinha dos grãos de trigo armazenados a 4°C apresentaram maior viscosidade final e que a partir dos 135 dias de armazenamento a farinha dos grãos de trigo armazenados a 25°C apresentaram maior viscosidade final. Os valores médios variaram entre 246,5 e 285,9 *RVU*.

Estão representados, na Figura 27, os valores da tendência à retrogradação das farinhas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas, ao longo de 180 dias de armazenamento.

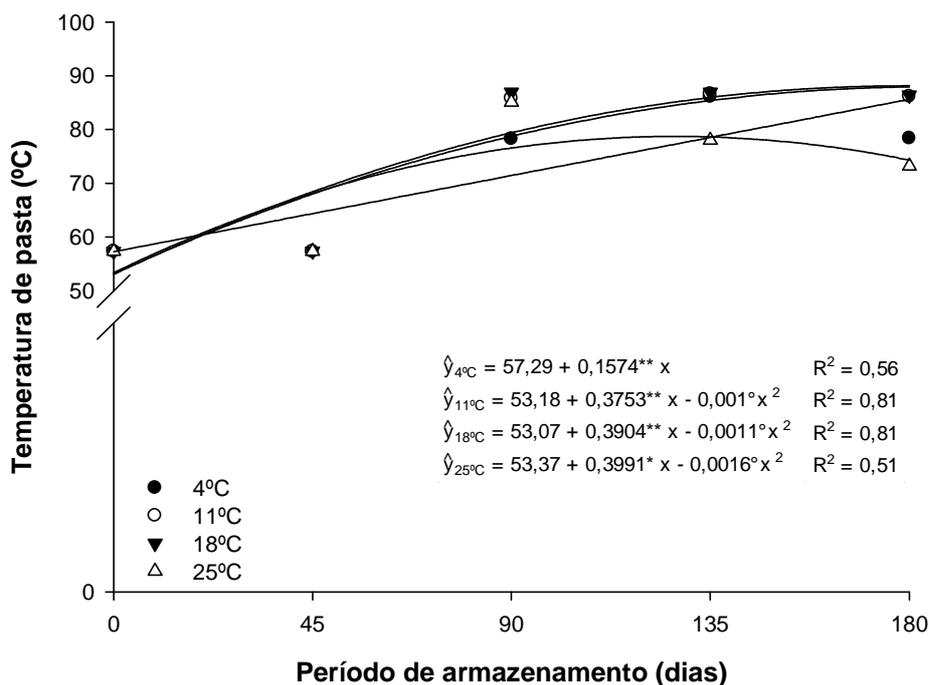


**Figura 27.** Tendência à retrogradação (*RVU*) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPeI, Capão do Leão-RS, 2012.  
 \*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

A tendência à retrogradação das farinhas de trigo reduziu ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 27), apesar de aos 180 dias ter havido um aumento incomum na temperatura de 25°C. Verifica-se ainda que até aos 90 dias de armazenamento a farinha dos grãos de trigo armazenados a 4°C apresentaram maior tendência à retrogradação e que a partir dos 135 dias de armazenamento a farinha dos grãos de trigo armazenados a 25°C apresentaram maior tendência à retrogradação. Os valores médios variaram entre 93,4 e 114,0 *RVU*.

O valor numérico da tendência à retrogradação é o resultado do valor da viscosidade final menos o valor da viscosidade mínima. Logo, se ocorrer um valor da viscosidade final alto e um valor da viscosidade mínima baixo, a tendência à retrogradação vai resultar em um valor alto.

Estão apresentadas, na Figura 28, as temperaturas de gelatinização das farinhas extraídas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas por 180 dias.

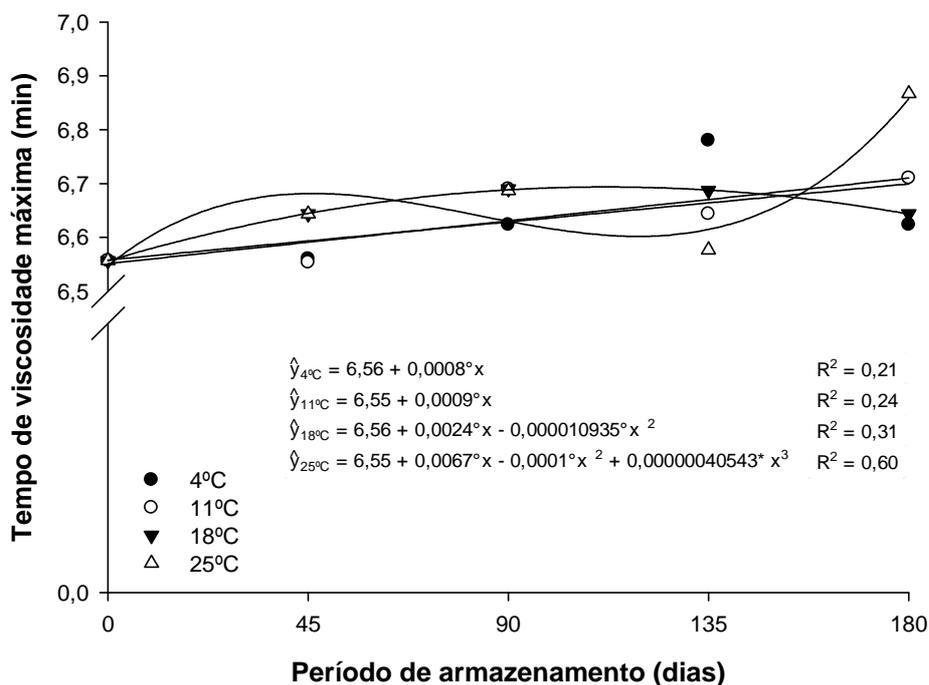


**Figura 28.** Temperatura de pasta (°C) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPeI, Capão do Leão-RS, 2012.

° = significativo a 10% ( $0,10 > p \geq 0,05$ ); \* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); e, \*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ).

A temperatura de pasta, também conhecida como temperatura de pasta, das farinhas de trigo aumentou ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 28). Porém não comprovou-se, por exemplo, pelos resultados obtidos, que temperaturas de armazenamento mais baixas tenderam a manter uma temperatura de pasta menor. Os valores médios variaram entre 57,3 e 87,0°C.

Na Figura 29 estão apresentados os valores do tempo de viscosidade máxima das farinhas dos grãos de trigo armazenados nas temperaturas de 4, 11, 18 e 25°C, durante 6 meses.



**Figura 29.** Tempo de viscosidade máxima (min) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPeI, Capão do Leão-RS, 2012.

° = significativo a 10% ( $0,10 > p \geq 0,05$ ); e, \* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ).

O tempo de viscosidade máxima das farinhas de trigo aumentou ao longo do período de armazenamento, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 29), apesar de aos 180 dias ter havido um aumento incomum na temperatura de 25°C. No entanto não corroborou-se, por exemplo, pelos resultados obtidos, que temperaturas de armazenamento mais baixas tenderam a reduzir o tempo em que a viscosidade máxima foi atingida. Os valores médios variaram entre 6,6 e 6,9 minutos.

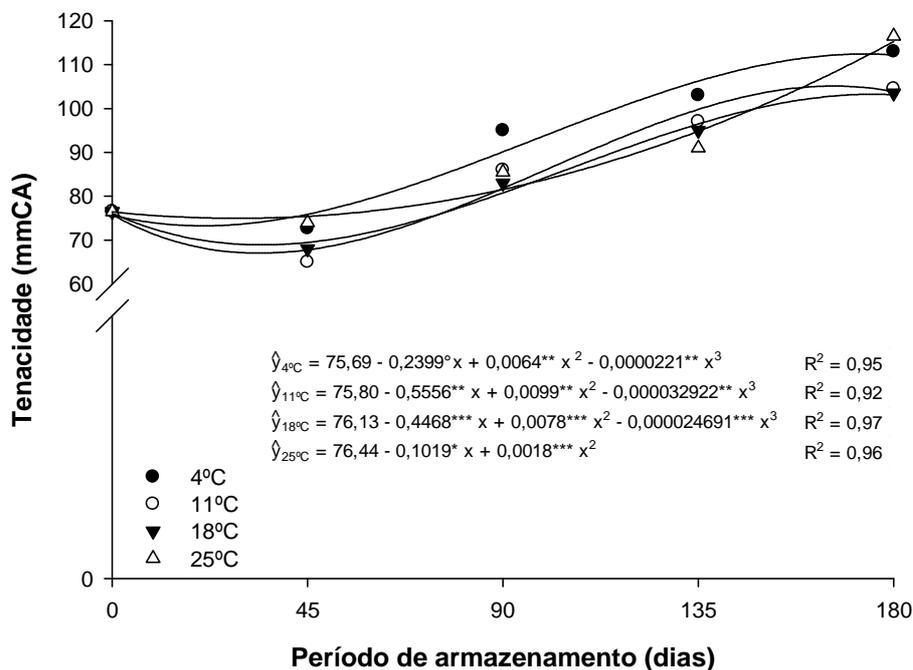
Os resultados observados nesta variável de resposta apresentaram comportamento semelhante aos descritos para a temperatura de pasta (Figura 28). É possível estabelecer uma relação entre estas variáveis, visto que quanto maior a temperatura de pasta, maior o tempo necessário para atingir a viscosidade máxima (KAMINSKI *et al.*, 2001).

De acordo com Deshpande *et al.* (1983), a altura do pico de viscosidade máxima pode refletir a habilidade dos grânulos de amido de se intumescerem, livremente, antes de suas rupturas físicas.

A explicação possível para a redução da viscosidade máxima (Figura 23), mínima (Figura 24) e final (Figura 26) de todos os tratamentos, pode ser pelo aumento do poder de hidratação dos grânulos de amido, proporcionado pelo aumento da atividade da alfa-amilase (Figura 22), pelo menos até aos 135 dias de armazenamento. A alfa-amilase é uma enzima especializada em hidrolisar randomicamente ligações alfa-1,4 das moléculas de amilose e de amilopectina dos grânulos de amido (DELCOUR; HOSENEY, 2010). A hidratação e o posterior rompimento são facilitados estando os grânulos de amido com a estrutura atacada. Ataques estes que impossibilitam os grânulos de aumentarem muito de volume, o que gera, assim, uma redução na viscosidade.

#### 4.6.5. Perfil alveográfico

Na Figura 30 está apresentada a tenacidade das farinhas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas por meio ano.



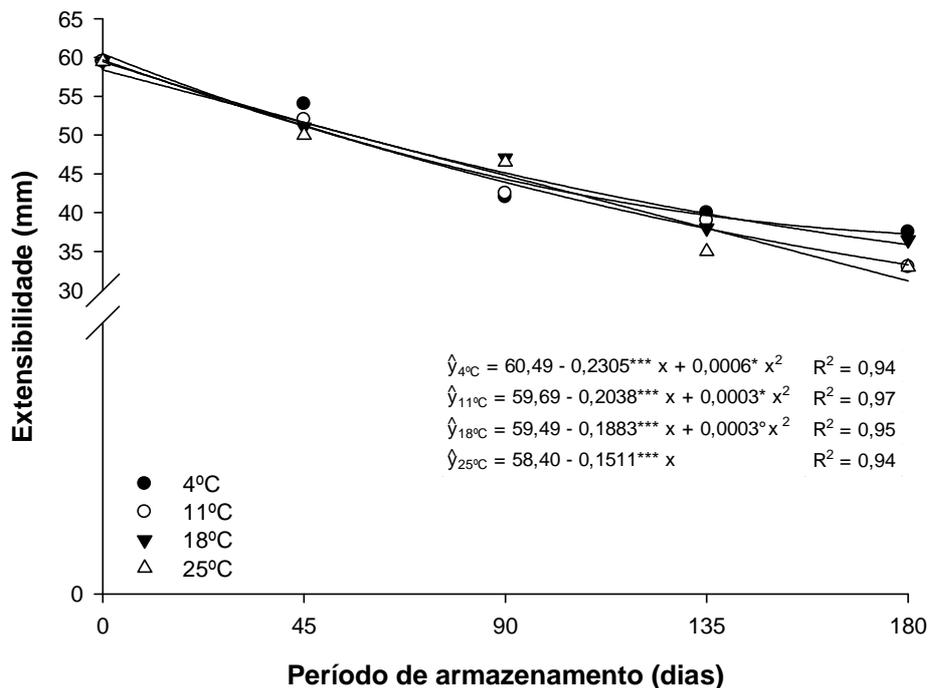
**Figura 30.** Tenacidade (mmCA) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPel, Capão do Leão-RS, 2012.  
 ° = significativo a 10% ( $0,10 > p \geq 0,05$ ); \* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); \*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

A tenacidade das farinhas de trigo aumentou ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 30). Desconsiderando os resultados dos tratamentos a 25°C, pode-se observar que temperaturas de armazenamento mais baixas resultaram em uma tenacidade maior. Os valores médios variaram entre 65,0 e 116,5 mm de coluna d'água.

A tenacidade, propriedade de resistência da massa, é fornecida, principalmente, pela glutenina, a qual é uma mistura heterogênea formada por vários polímeros de subunidades de glutenina unidas por ligações dissulfídicas intra e intercadeias (DELCOUR; HOSENEY, 2010).

Embora os mecanismos do processo de maturação ainda não estejam totalmente compreendidos, aceita-se que os grupos tióis (-SH) presentes na proteína do trigo sofrem oxidação, favorecendo a formação de pontes dissulfídicas, que fortalecem o glúten e aumentam a capacidade elástica da massa (PIROZI; GERMANI, 1998), conforme observa-se na Figura 30. Tal oxidação seria promovida pelo oxigênio atmosférico e/ou pela presença de ácidos graxos livres, cuja concentração aumenta na farinha durante o armazenamento (HALTON *et al.*, 1937; CUENDET *et al.*, 1954; TSEN *et al.*, 1963).

A variação na extensibilidade das farinhas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas por 180 dias está representada na Figura 31.



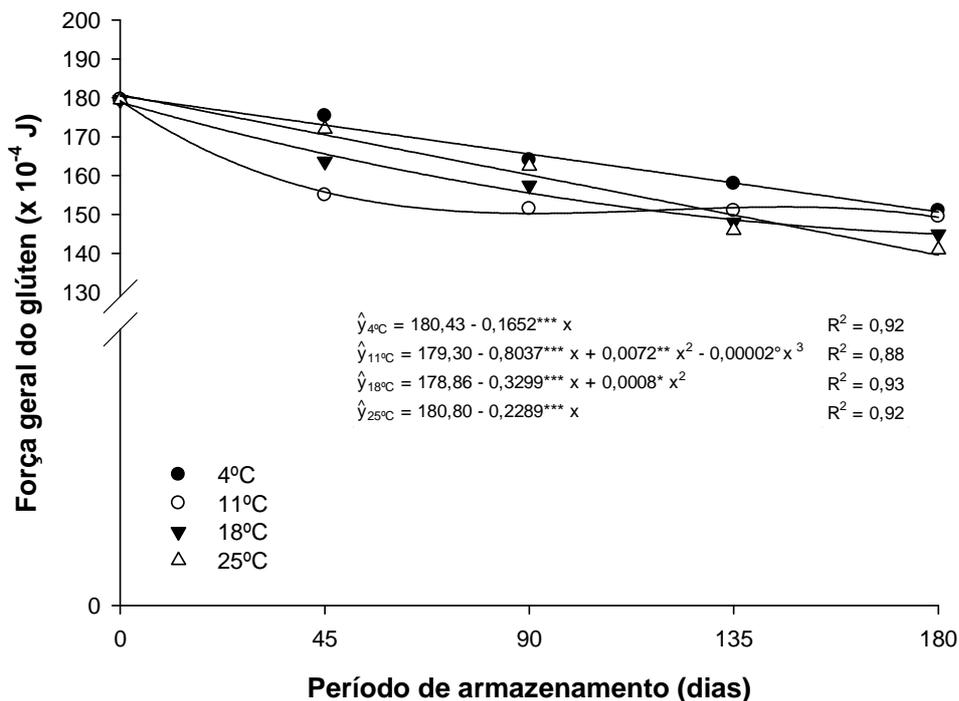
**Figura 31.** Extensibilidade (mm) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPel, Capão do Leão-RS, 2012.

° = significativo a 10% ( $0,10 > p \geq 0,05$ ); \* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

A extensibilidade das farinhas de trigo reduziu ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 31). Aos 45 e aos 135 dias nota-se que temperaturas de armazenamento mais baixas tenderam a preservar uma extensibilidade maior, apesar de aos 90 e aos 180 dias de armazenamento não ser possível evidenciar claramente isso, pelos resultados obtidos. Os valores médios variaram entre 33,0 e 59,5 mm.

A extensibilidade, propriedade de estiramento da massa, é provida, fundamentalmente, pela gliadina, a qual é uma mistura heterogênea formada por monômeros de aminoácidos (DELCOUR; HOSENEY, 2010).

Está demonstrado, na Figura 32, o comportamento da força geral do glúten das farinhas dos grãos de trigo submetidos a quatro temperaturas distintas de armazenagem, durante 6 meses.



**Figura 32.** Força geral do glúten ( $\times 10^{-4}$  J) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPEl, Capão do Leão-RS, 2012.

° = significativo a 10% ( $0,10 > p \geq 0,05$ ); \* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); \*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

A força geral do glúten das farinhas de trigo reduziu ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 32). Na temperatura de armazenamento de 4°C, a redução da força geral do glúten das farinhas foi menor quando comparada à das outras temperaturas de armazenamento ao longo do tempo. Nota-se claramente que, a partir dos 135 dias de armazenamento, temperaturas de armazenamento mais baixas tenderam a preservar uma força geral do glúten maior. Os valores médios variaram entre 141,0 e 179,5  $\times 10^{-4}$  J.

De acordo com o Regulamento Técnico do Trigo (BRASIL, 2010), vigorando desde 1º de julho de 2012, o trigo destinado à moagem e a outras finalidades, considerando apenas o item força geral de glúten, pode ser enquadrado nas classes: “melhorador”, quando o valor da força geral de glúten é maior ou igual a 300  $\times 10^{-4}$  J; “pão”, quando entre 220 e 300  $\times 10^{-4}$  J; “doméstico”, quando entre 160 e 220  $\times 10^{-4}$  J; “básico”, quando entre 100 e 160  $\times 10^{-4}$  J; e “outros usos”, quando o valor da força geral de glúten for qualquer. Com base neste enquadramento, considerando-se apenas o item força geral do glúten, pode-se afirmar que a farinha

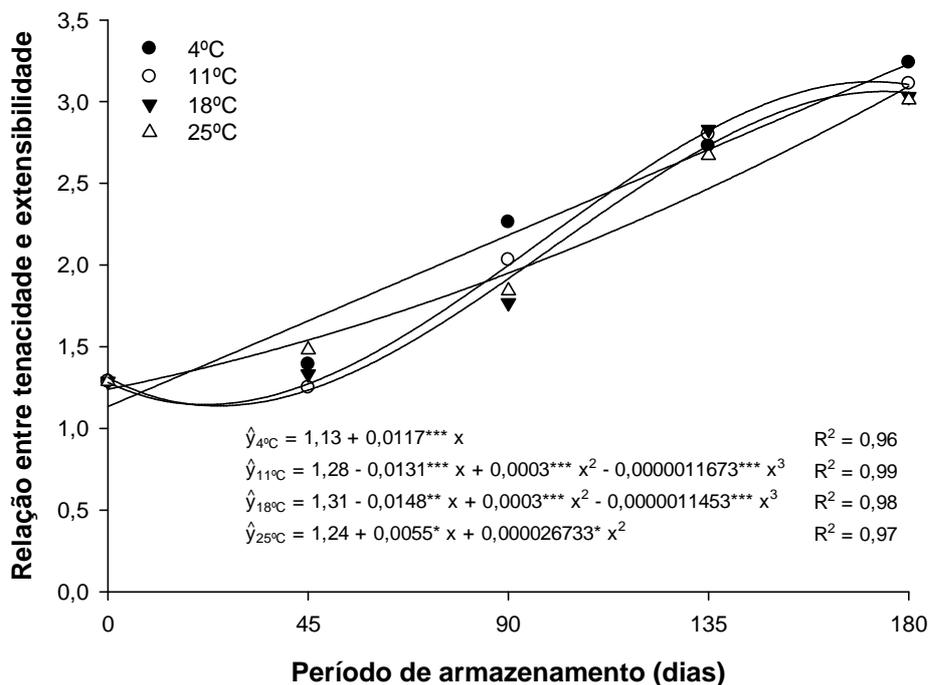
de todos os tratamentos neste experimento passaram da classe “doméstica” para “básica” ao longo armazenamento.

A qualidade do glúten pode ser classificada de acordo com os dados de força geral do glúten obtidos no teste de alveografia. Uma farinha pode apresentar valores de força geral de glúten inferiores a  $50 \times 10^{-4}$  J, indicando glúten de qualidade “muito fraca”; entre  $51$  e  $100 \times 10^{-4}$  J, “fraco”; valores compreendidos entre  $101$  e  $200 \times 10^{-4}$  J, para glúten de força “média”; entre  $201$  e  $300 \times 10^{-4}$  J, para glúten de força “média a forte”; entre  $301$  e  $400 \times 10^{-4}$  J, glúten “forte”; e, acima de  $401 \times 10^{-4}$  J, glúten “muito forte” (WILLIAMS *et al.*, 1988 *apud* GUARIENTI, 1996). Mediante esta classificação pode-se considerar a farinha de todos os tratamentos deste experimento como tendo qualidade de glúten “média”.

Módenes *et al.* (2009) avaliando as propriedades reológicas de grãos de trigo de quatro genótipos armazenados (não informaram a temperatura de armazenamento) por 150 dias e analisados a cada 30 dias, os resultados obtidos demonstraram que, no período, não houve evolução na força geral do glúten e pequenas variações ocorreram na tenacidade e na extensibilidade. Os autores verificaram uma leve tendência de aumento na tenacidade e uma leve tendência de redução na extensibilidade, ao longo do tempo.

Ao contrário do que foi notado neste experimento, Gutkoski *et al.* (2008) estudando o efeito do período de maturação (0, 15, 30, 60 e 90 dias) de grãos nas propriedades físicas e reológicas da farinha de trigo de quatro genótipos armazenados a 22°C observaram aumento no valor da força geral do glúten em todos os tratamentos estudados com o aumento do tempo de armazenagem do trigo. A possível explicação para isso pode estar no genótipo do trigo, no condicionamento dos grãos antes da moagem, no grau de extração da farinha dos grãos e no tamanho das partículas, utilizados (GUTKOSKI *et al.*, 2008).

Os valores da relação entre tenacidade e extensibilidade das farinhas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas durante o armazenamento encontram-se representado na Figura 33.



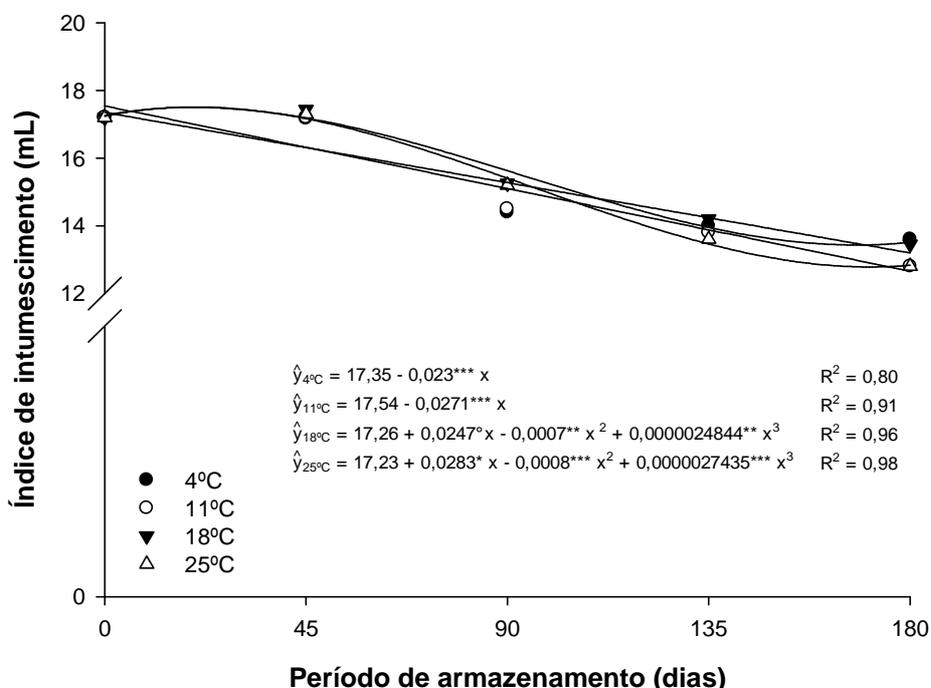
**Figura 33.** Relação entre tenacidade e extensibilidade das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPeI, Capão do Leão-RS, 2012.

\* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); \*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

A relação entre tenacidade e extensibilidade das farinhas de trigo reduziu ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 33). Aos 90 e aos 180 dias nota-se que temperaturas de armazenamento mais baixas tenderam a preservar uma relação entre tenacidade e extensibilidade maior, apesar de aos 135 dias de armazenamento não ser possível evidenciar claramente isso, pelos resultados obtidos. Os valores médios variaram entre 1,3 e 3,2.

De acordo com Ortolan (2006), para a produção de pães, a farinha deve possuir valores de relação entre tenacidade e extensibilidade compreendidos entre 0,50 e 1,20, indicando que esta farinha é balanceada; já para bolos e biscoitos, exige-se valores abaixo de 0,49, sendo considerada uma farinha extensível; e, para o fabrico de massas alimentícias, os valores devem ser superiores a 1,21, indicando que a farinha produz glúten tenaz, ou seja, farinha possuidora de grande força de coesão. Com base nestas informações pode-se considerar a farinha de todos os tratamentos deste experimento como sendo para a fabricação de massas alimentícias apenas.

Na Figura 34 está representado o comportamento do índice de intumescimento das farinhas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas, ao longo de 180 dias de armazenamento.



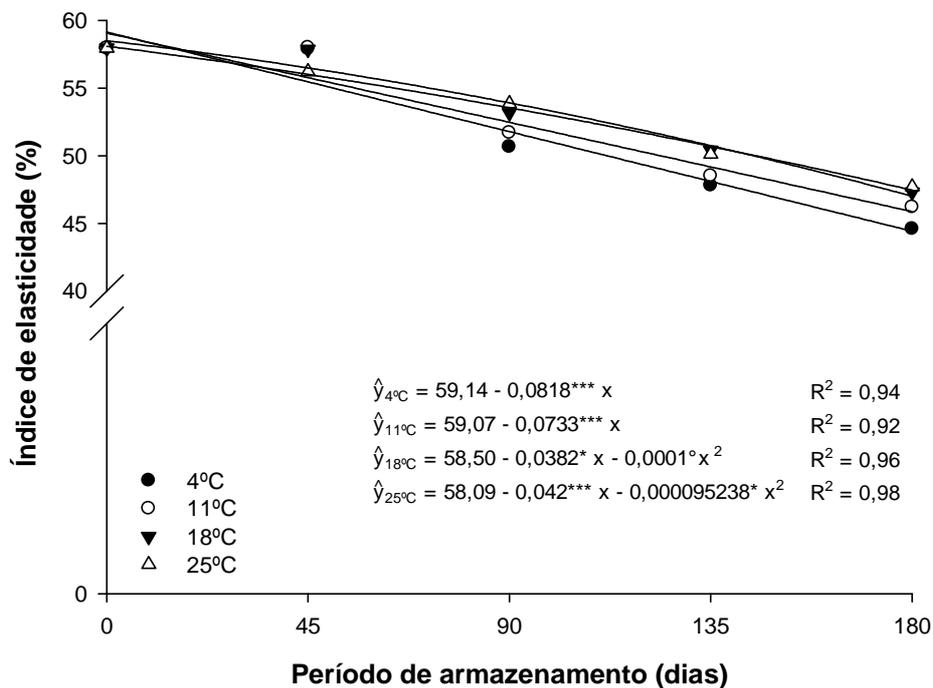
**Figura 34.** Índice de intumescimento (mL) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPeI, Capão do Leão-RS, 2012.

° = significativo a 10% ( $0,10 > p \geq 0,05$ ); \* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); \*\* = significativo a 1% ( $0,01 > p \geq 0,001$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

O índice de intumescimento das farinhas de trigo reduziu ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 34). Porém não ratificou-se, por exemplo, pelos resultados obtidos, que temperaturas de armazenamento mais baixas tenderam a preservar um índice de intumescimento menor. Os valores médios variaram entre 12,8 e 17,4 mL.

De acordo com os resultados, com o passar do tempo de armazenamento foi necessário cada vez menos volume de ar para estourar a bolha de massa, evidenciando uma relação direta com a força geral do glúten (Figura 32).

Estão representados, na Figura 35, os valores do índice de elasticidade das farinhas dos grãos de trigo armazenados em diferentes temperaturas, ao longo de 180 dias de armazenamento.



**Figura 35.** Índice de elasticidade (%) das farinhas dos grãos de trigo submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. LabGrãos-DCTA-FAEM-UFPEI, Capão do Leão-RS, 2012.

° = significativo a 10% ( $0,10 > p \geq 0,05$ ); \* = significativo a 5% ( $0,05 > p \geq 0,01$ ); e, \*\*\* = significativo a 0,1% ( $p < 0,001$ ).

O índice de elasticidade das farinhas de trigo reduziu ao longo do tempo, independentemente da temperatura de armazenamento (Figura 35). Evidenciando, no entanto, a partir dos 90 dias de armazenamento, que temperaturas de armazenamento mais baixas tenderam a manter um índice de elasticidade mais baixo. Os valores médios variaram entre 44,6 e 58,0%.

O índice de elasticidade pode variar de 25 a 75% em farinhas sem correção (com ácido ascórbico), sendo que quanto mais próximo a 100%, maior será a resistência elástica da massa (MIRANDA *et al.*, 2005 *apud* ORTOLAN, 2006).

#### **4.7. Considerações gerais**

A acidez graxa foi a única variável a corroborar nitidamente que temperaturas de armazenamento mais baixas, desde o início do armazenamento, tenderam a preservar a qualidade dos grãos, durante o período de 180 dias.

Os atributos de qualidade: massa de mil grãos, vigor, teor de glúten úmido, teor de glúten seco, índice de glúten, coordenada a' e b', diferença de cor, viscosidade final, tendência à retrogradação, tenacidade, extensibilidade, relação entre tenacidade e extensibilidade, força geral do glúten e índice de elasticidade sofreram, além do efeito do tempo, efeito em uma, ou mais, temperatura(s) de armazenamento, em parte ou, durante todo o período de armazenamento.

Os atributos de qualidade: massa específica aparente, germinação, coordenada L', número de queda, viscosidade máxima, viscosidade mínima, temperatura de pasta, tempo de viscosidade máxima e índice de intumescimento sofreram apenas efeito do tempo de armazenamento, independente da temperatura de armazenamento. Ou seja, nestes atributos não evidenciou-se claramente, mediante o teor de água na massa de grãos, as temperaturas e o período de armazenamento adotados no experimento, que temperaturas de armazenamento mais baixas tenderam a preservar os atributos de qualidade dos grãos de trigo e das suas respectivas farinhas durante o armazenamento.

Com o aumento do período de armazenamento dos grãos de trigo, as únicas propriedades que obtiveram uma melhora, como características tecnológicas desejáveis, foram, no perfil colorimétrico, a coordenada L' e a coordenada b', indicando que ocorreu um clareamento da farinha ao longo do tempo.

Com base nos resultados obtidos e nas necessidades observadas no presente estudo, sugere-se a realização de mais pesquisas, variando, por exemplo, o teor de água dos grãos e utilizando mais de um genótipo de trigo, em uma faixa mais ampla de temperatura de armazenamento (entre zero e 50°C) e um maior período de armazenamento dos grãos (no mínimo, 12 meses). Aprofundando um pouco mais as pesquisas, após a extração da farinha, poder-se-ia continuar estudando os efeitos de diferentes temperaturas de armazenamento ao longo do armazenamento da farinha, avaliando, também a panificação experimental. Levando-se em conta, talvez, ainda: viabilidade econômica, insetos, fungos e micotoxinas.

## 5. CONCLUSÕES

5.1. O processo de envelhecimento dos grãos ocorre independentemente da temperatura de armazenamento, na faixa de temperatura de 4 a 25°C.

5.2. O aumento do período de armazenamento dos grãos de trigo aumenta a acidez graxa, a alteração da cor, a temperatura de pasta, o tempo de viscosidade máxima e a tenacidade.

5.3. O aumento do período de armazenamento dos grãos de trigo diminui a massa específica aparente, a massa de mil grãos, a germinação, o vigor, o perfil de glúten, o número de queda, o perfil viscoamilográfico, a extensibilidade, o índice de intumescimento, o índice de elasticidade e a força geral do glúten.

5.4. O resfriamento dos grãos de trigo no armazenamento, por 180 dias, provoca redução na acidificação do óleo e não altera os atributos de qualidade: massa específica aparente, germinação, perfil colorimétrico, número de queda, perfil viscoamilográfico e índice de intumescimento.

5.5. Resfriamento para temperaturas menores do que 11°C no armazenamento resulta em maior preservação da massa de mil grãos e da força geral do glúten.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of AACC**. 10.ed. Saint Paul: AACC, 2000. Paginação irregular.
- ABBA, E. J.; LOVATO, A. Effect of seed storage temperature and relative humidity on maize (*Zea mays* L.) seed viability and vigour. **Seed Science and Technology**, v.27, n.1, p.101-114, 1999.
- ABITRIGO. Associação Brasileira da Indústria do Trigo. **Sobre o trigo – Curiosidades**. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/index.php?mpg=02.06.00>> Acesso em: 23 abr. 2012.
- ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; LACERDA FILHO, A. F.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.5, p.606-613, 2009.
- AL-YAHYA, S. A. Effect of storage conditions on germination in wheat. **Journal Agronomy & Crop Science**, v.18, n.4, p.273-279, 2001.
- AMEMIYA, J. I.; MENJIVAR, J. A. Comparison of small and large deformation measurements to characterize the rheology of wheat flour doughs. **Journal of Food Engineering**, v.16, n.1-2, p.91-108, 1992.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists International. **Official methods of analysis of International Chemistry Society**. 16.ed. Arlington, 1995. Paginação irregular.
- AOSA. Association of Official Seed Analysts. **Seed vigor test committee**. Lincoln: Seed Vigor Testing Handbook, 1983. 88p.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: Teoria e Prática**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 416p.
- BAILEY, J. E. Whole grain storage. In: CHRISTENSEN, C. M. (Ed.). **Storage of cereal grains and their products**. Saint Paul: AACC, 1974. p.333-360.
- BECHTEL, D. B.; POMERANZ, Y.; FRANCISCO, A. Breadmaking studie by light and transmission electron microscopy. **Cereal Chemistry**, v.55, n.3, p.392-401, 1977.
- BELDEROK, B.; MESDAG, J.; DONNER, D. A. **Bread-making quality of wheat: a century of breeding in Europe**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. 416p.
- BLACK, M. Seed germination and dormancy. **Science Progress**, v.58, p.379-393, 1970.
- BLAZEK, J.; SALMAN, H.; RUBIO, A.; GILBERT, E.; HANLEY, T.; COPELAND, L. Structural characterization of wheat starch granules differing in amylase content and functional characteristics. **Carbohydrate Polymers**, v.75, n.4, p.705–711, 2009.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2001. 143p.
- BOX, G. E. P.; DRAPER, N. R. **Empirical model building and response surfaces**. New York: John Wiley, 1987. 669p.

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, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SARC nº. 7, de 15 de agosto de 2001. Regulamento técnico de identidade e de qualidade do trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n.160-E, p.33-35, 2001.

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. Regras para Análise de Sementes. **Secretaria de Defesa Agropecuária**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 395p.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: An Avi Book, 1992. 403p.

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.

CARVALHO, N. M. O conceito de vigor de sementes. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Eds.). **Testes de vigor de sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.1-25.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424p.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O.F.; DEMIATE, I. M. Amidos modificados. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. (Eds.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v.3, 2003. p.246-332.

CHRISTENSEN, C. M.; KAUFMANN, H. H. **Grain storage: the role of fungi in quality loss**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1969. 153p.

CHRISTENSEN, C. M. **Storage of cereal grains and their products**. Saint Paul: AACC, 1974. 549p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Grãos – 7º Levantamento da safra 2011/12 – Abr/2012**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_04\\_11\\_15\\_04\\_18\\_boletim\\_abril\\_2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_04_11_15_04_18_boletim_abril_2012.pdf)> Acesso em: 23 abr. 2012a.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas de produtividade de grãos**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_06\\_18\\_11\\_17\\_06\\_trigoser\\_iehist.xls](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_06_18_11_17_06_trigoser_iehist.xls)>. Acesso em: 10 jun 2012b.

COPELAND, L.; BLAZEK, J.; SALMAN, H.; TANG, M. C. Form and functionality of starch. **Food Hydrocolloids**, v.23, p.1527-1534, 2009.

COSTA, N.; RICKEN, J. R.; CANZIANI, J. R.; TURRA, F. E.; FILHO, G. P. M. Trigo: produção, industrialização e comercialização. **Trigo e Soja**, n.112, p.2-30, 1990.

- COULTATE, T. P. **Alimentos: a química de seus componentes**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 368p.
- CUENDET, L. S.; LARSON, E.; NORRIS, C. G.; GEDDES, W. F. The influence of moisture content and other factors on the stability of wheat flours at 37,8°C. **Cereal Chemistry**, v.31, n.5, p.362-389, 1954.
- CUNHA, O. P. **Curso operacional de preparação para safra/98 e pós-colheita 99**. Porto Alegre: Dryeration, 1998.
- ĆURIĆ, D.; KARLOVIĆ, D.; TUŠAK, D.; PETROVIĆ, B.; ĐUGUM, J. Gluten as a standard of wheat flour quality. **Food Technology Biotechnology**, v.39, n.4, p.353-361, 2001.
- DELCOUR, J. A.; HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. 3.ed. Saint Paul: AACC International, 2010. 270p.
- DEMITO, A. **Qualidade de sementes de soja resfriadas artificialmente**. 2006. 65f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.
- DESHPANDE, S. S.; RANGNEKAR, P. D.; SATHE, S. K.; SALUNKHE, D. K. Functional properties of wheat-bean composite flours. **Journal of Food Science**, v.48, p.1659-1662, 1983.
- DOBRA SZCZYK, B. J.; MORGENSTERN, M. P. Rheology and the breadmaking process. **Journal of Cereal Science**, v.38, n.3, p.229–245, 2003.
- DONNELLY, B. J.; PONTE, J. G. Pasta: raw materials and processing. In: KULP, K.; PONTE, J. G. (Eds.). **Handbook of cereal science and technology**. New York: Marcel Dekker, 2000. p.647-666.
- DUPONT, F. M.; ALTENBACH, S. B. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. **Journal of Cereal Science**, v.38, n.2, p.133-146, 2003.
- ELIAS, M. C. **Manejo tecnológico na secagem e no armazenamento de grãos**. Pelotas: Editora Santa Cruz, 2009. 378p.
- FALCÃO-RODRIGUES, M. M.; MOLDÃO-MARTINS, M.; BEIRÃO-DA-COSTA, M. L. Thermal properties of gluten proteins of two soft wheat varieties. **Food Chemistry**, v.93, p.459-465, 2005.
- FARONI, L. R. D.; BERBERT, P. A.; MARTINAZZO, A. P.; COELHO, E. M. Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.354-357, 2002.
- FARRINGTON, F. F.; WARWICK, M. J.; SHEARER, G. Changes in the carotenoids and sterol fractions during the prolonged storage of wheat flour. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v.32, n.9, p.948-950, 1981.
- FRANCO, C. M. L.; WONG, K. S.; YOO, S.; JANE, J. Structural and functional characteristics of selected soft wheat starches. **Cereal Chemistry**, v.79, n.2, p.243-248, 2002.

GIANIBELLI, M. C.; LARROQUE, O. R.; MACRITCHIE, F.; WRIGLEY, C. W. Biochemical, genetic, and molecular characterization of wheat glutenin and its component subunits. **Cereal Chemistry**, v.78, n.6, p.635-646, 2001.

GRANOTEC. Granotec do Brasil S.A. **Alveografia**. Disponível em: <[www.granotec.com.br/arquivos/ALVEOGRAFIA.pdf](http://www.granotec.com.br/arquivos/ALVEOGRAFIA.pdf)>. Acesso em: 6 jul. 2010.

GREGG, B. R.; LAY, A. G.; VIRDI, S. S.; BALIS, J. S. **Seed processing**. New Delhi: United States Agency for International Development, 1970. 396p.

GUARIENTI, E. M. **Embrapa e a qualidade tecnológica do trigo brasileiro**. Página Rural, 2004. Disponível em: <<http://www.paginarural.com.br/artigo/910/a-embrapa-e-a-qualidade-tecnologica-do-trigo-brasileiro>>. Acesso em: 15 jul. 2011.

GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. 2.ed. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. 36p.

GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. p.9-14.

GUTKOSKI, L. C.; DURIGON, A.; MAZZUTTI, S.; SILVA, A. 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, p.888-894, 2008.

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, 2011. p.15-78.

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.

HALTON, P.; FISHER, E. A. Storage of wheaten flour II: the absorption of oxygen by flour when stored under various conditions. **Cereal Chemistry**, v.14, n.3, p.267-291, 1937.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigour test methods**. 3.ed. Zurich: ISTA, 1995. 117p.

HANSEN, L.; ROSE, M. S. Sensory acceptability is inversely related to development of fat rancidity in bread made from stored flour. **Research and Professional Briefs**, v.96, n.8, p.792-793, 1996.

HECKTHEUER, L. H. R. **Envejecimiento em botella de vinos tintos varietales de tempranillo, bobal y monastrell**. 1996. 222f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Politécnica de Valência, Valência.

HELLEMAR, J. **Chilling: a quality control alternative**. World Grain, 1993. Disponível em: <<http://www.world-grain.com/News/Archive/Chilling%20a%20quality%20control%20alternative.aspx>>. Acesso em: 10 jul. 2010.

HOLLINS, P. D.; KETTLEWELL, P. S.; PELTONEN-SAINIO, P.; ATKINSON, M. D. Relationship between climate and winter cereal grain quality in Finland and their potential for forecasting. **Agricultural and Food Science**, v.13, p.295-308, 2004.

HUNTERLAB INC. **User's manual with universal software versions 3.5**. Reston: HunterLab, 1998. Paginação irregular.

- JAYAS, D. S. Mathematical modeling of heat, moisture, and gas transfer in stored grain ecosystems. In: JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G.; MUIR, W. E. (Eds.). **Stored-grain ecosystems**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.527-567.
- JAYAS, D. S.; GHOSH, P. K.; PALIWAL, J.; KARUNAKARAN, C. Quality evaluation of wheat. In: SUN, D.-W. (Ed.). **Computer vision technology for food quality evaluation**. San Diego: Academic Press / Elsevier, 2008. p.351-376.
- JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G. Storage and drying of grain in Canada: Low cost approaches. **Food Control**, v.14, n.4, p.255-261, 2003.
- KAMINSKI, T. A.; ALVES, E.; NICOLETTI, A. M.; BRACKMANN, A.; SILVA, L. P.; FERRÃO, T. S.; GUTKOSKI, L. C. Determinação das propriedades viscoamilográficas de arroz irrigado armazenado sob diferentes temperaturas. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 7., 2011, Calneário Camboriú, SC. **Anais do...** Itajaí: Epagri/Sosbai, v.2, p.626-629, 2011.
- KARAOĞLU, 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. **International Journal of Food Science and Technology**, v.45, p.38-47, 2010.
- KARUNAKARAN, C.; MUIR, W. E.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G.; ABRAMSON, D. Safe storage time of high moisture wheat. **Journal of Stored Products Research**, v.37, p.303-312, 2001.
- KAUR, S.; SINGH, N.; SODHI, N. S.; RANAB, J. C. Diversity in properties of seed and flour of kidney bean germplasm. **Food Chemistry**, v.117, n.2, p.282-289, 2009.
- KUAKPETOON, D.; FLORES, R. A.; MILLIKEN, G. A. Dry mixing of wheat flours: Effect of particle properties and blending ratio. **Lebensmittel Wissenschaft und Technology**, v.34, n.3, p.183-193, 2001.
- KUNERT, A.; AHMAD NAZ, A.; DEDECK, O.; PILLEN, K.; LE´ON, J. AB-QTL analysis in winter wheat: I. Synthetic hexaploid wheat (*T. turgidum* ssp. *dicoccoides* x *T. tauschii*) as a source of favourable alleles for milling and baking quality traits. **Theoretical and Applied Genetics**, v.115, p.683-695, 2007.
- KUSIŃSKA, E. Effect of the triticale grain moisture content on the spontaneous heating of grain and on the pressure against the silo wall. **Institute of Agrophysics**, v.15, p.247-254, 2001.
- LAZZARI, F. A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2.ed. Curitiba: Ed. do Autor, 1997. 148p.
- LÉON, A. E. **De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación em Iberoamérica**. Córdoba: Hugo Báez, 2007, 473p.
- LI, W.; BETA, T.; SUN, S.; CORKE. Protein characteristics of chinese black-grained wheat. **Food Chemistry**, v.98, p.463-472, 2006.
- MALAKER, P. K.; MIAN, I. H.; BHUIYAN, K. A.; AKANDA, A. M.; REZA, M. M. A. Effect of storage containers and time on seed quality of wheat. **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, v.33, n.3, p.469-477, 2008.

MANDARINO, J. M. G. Aspectos importantes para a qualidade do trigo. Londrina: EMBRAPA- CNPSo, 1993. 31p.

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

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p.133-150.

MARES, D.; MRVA, K. Late-maturity  $\alpha$ -amylase: Low falling number in wheat in the absence of preharvest sprouting. **Journal of Cereal Science**, v.47, n.1, p.6-17, 2008.

MARTIN, A. N. **Physical Pharmacy: Physical Chemical Principles in the Pharmaceutical Sciences**. 4.ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993. 662p.

McDONOUGH, C. M.; FLOYD, C. D.; WANISKA, R. D.; ROONEY, L. W. Effect of accelerated aging on maize, sorghum, and sorghum meal. **Journal of Cereal Science**, v.39, n.3, p.351-361, 2004.

MINOLTA. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. Osaka: MINOLTA Co. Ltd., 1994. 49p.

MÓDENES, A. N.; SILVA, A. M.; TRIGUEROS, D. E. G. Avaliação das propriedades reológicas do trigo armazenado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.3, p.508-512, 2009.

MONTENEGRO, F. M.; ORMENESE, R. C. S. C. **Avaliação da qualidade tecnológica da farinha de trigo**. Campinas: Cereal Chocotec ITAL, 2008. 62p.

MORAES, L. B. D.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C. Capítulo 2 – Constituintes do trigo e avaliação da qualidade do glúten pelo sistema Glutomatic. In: GUTKOSKI, L. C. (Ed.). **Trigo – segregação, tipificação e controle de qualidade**. Passo Fundo: Passografic, 2011. p.79-122.

MORITA, N.; MAEDA, T.; MIYAZAKI, M.; YAMAMORI, M.; MIURA, H.; OHTSUKA, I. Dough and baking properties of high-amylose and waxy wheat flours. **Cereal Chemistry**, v.79, n.4, p.491-495, 2002.

MOUSIA, Z.; EDHERLY, S.; PANDIELLA, S. S.; WEBB, C. Effect of wheat pearling on flour quality. **Food Research International**, v.37, n.5, p.449-459, 2004.

MUIR, W. E. Stored grain losses. In: MUIR, W. E. (Ed.). **Grain preservation biosystems**. Winnipeg: Department of Biosystems Engineering, University of Manitoba. 2000. p.12-16 (paginação irregular). Disponível em: <jajo66.files.wordpress.com/2008/10/grain-preservation-biosystem.pdf>. Acesso em: 06 set. 2010.

MUNDSTOCK, C. M. **Cultivo dos cereais de estação fria: trigo, cevada, aveia, centeio, alpiste, triticale**. Porto Alegre: NBS, 1983. 265p.

NARAYAN, R.; CHAUHAN, G. S.; VERMA, N. S. Changes in the quality of soybean during storage. Part 1 – Effect of storage on some physicochemical properties of soybean. **Food Chemistry**, v.27, n.1, p.12-23, 1988.

NASSIF, S. M. L.; VIEIRA, I. G.; FERNANDES, G. D. **Fatores externos (ambientais) que influenciam na germinação de sementes.** Informativo Sementes IPEF, 1998 Disponível em: <<http://www.ipef.br/tecsementes/germinacao.asp>>. Acesso em: 20 jul 2010.

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.

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.

OLIVER, J. R.; BLAKENEY, A. B.; ALLEN, H. M. Measurement of flour color space parameters. **Cereal Chemistry**, v.69, p.546-551, 1992.

ORTOLAN, F. **Genótipos de trigo do Paraná – safra 2004: Caracterização e fatores relacionados à alteração da cor de farinha de trigo.** 2006. 128f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

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. **Managing Moisture.** World Grain, 2003. Disponível em: <<http://www.world-grain.com/News/Archive/Managing%20Moisture.aspx?cck=1>>. Acesso em: 10 jul. 2010.

PERTEN INSTRUMENTS. **Falling number.** Disponível em: <<http://www.perten.com/Products/Falling-Number/>>. Acesso em: 6 jul. 2010.

PERTEN, H. Rapid measurement of wet gluten quality by the gluten index. **Cereal Foods World**, v.35, n.4, p.401-402, 1990.

PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Capítulo 1 - Produção de sementes. In: PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S. A. (Eds.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos.** 2.ed. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária UFPel, 2006. p.15-98.

PIKUS, S.; JAMROZ, J.; OLSZEWSKA, E.; WŁODARCZYK-STASIAK, M. An attempt to use saxs method in evaluating different types of wheat flours. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities**, v.8, n.1, 2005. Disponível em: <<http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue1/art-21.html>>. Acesso em: 6 jul. 2010.

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.

PIXTON, S. W.; WARBURTON, S.; HILL, S. T. Long-term storage of wheat – III: Some changes in the quality of wheat observed during 16 years of storage. **Journal of Stored Products Research**, v.31, n.3-4, p.177-185, 1975.

POHNDORF, R. S. **Efeitos da umidade e do resfriamento no armazenamento sobre a qualidade de grãos e do óleo de soja para fins comestíveis e de produção de biodiesel.** 2012. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia

Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

POMERANZ, Y. Biochemical, functional and nutritive changes during storage. In: ANDERSON, J. A., ALCOCK, A. W. (Eds.). **Storage of cereal grains and their products**. Saint Paul: AACC, 1992. p.55-141.

POMERANZ, Y. Biochemical, functional and nutritive changes during storage. In: CHRISTENSEN, C. M. (Ed.). **Storage of cereal grains and their products**. 2.ed. Saint Paul: AACC, 1974. p.56-114.

POMERANZ, Y. **Modern cereal science and technology**. New York: VHC Publishers, 1987. 486p.

POPPER, L; SCHÄFER, W.; FREUND, W. **Future of flour: A compendium of flour improvement**. Kansas City: Agrimedia, 2006. 325p.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnología de la panificación**. 2.ed. Zaragoza: Acribia, 1991. 485p.

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

SALMAN, H.; COPELAND, L. Effect of storage on fat acidity and pasting characteristics of wheat flour. **Cereal Chemistry**, v.84, n.6, p.600-606, 2007.

SATHYA, G.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G. Safe storage guidelines for rye. **Canadian Biosystems Engineering**, v.50, p.3.1-3.8, 2008.

SATHYA, G.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G. Safe storage guidelines for Canola as the seeds slowly dry. **Canadian Biosystems Engineering**, v.51, p.3.29-3.38, 2009.

SCHEUER, P. M. **Caracterização de cultivares brasileiras de trigo com indicação de aplicabilidade tecnológica**. 2009. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SHEWRY, P. R.; HALFORD, N. G. Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization. **Journal of Experimental Botany**, v.53, n.370, p.947-958, 2002.

SHUEY, W. C. Influence of wheat cultivars and environment on agron values and flour ash. **Cereal Chemistry**, v.53, p.429-437, 1976.

SILVA, A. A. L. **Influência do processo de colheita na qualidade do milho (*Zea mays* L.) durante o armazenamento**. 1997. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v.22, n.1, p.94-103, 1999.

SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. 502p.

SILVA, R. C. **Qualidade tecnológica e estabilidade oxidativa de farinha de trigo e fubá irradiados**. 2003. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

SINGH, J.; SKERRITT, J. H. Chromosomal control of albumins and globulins in wheat grain assessed using different fractionation procedures. **Journal of Cereal Science**, v.33, n.2, p.163-181, 2001.

SRIVASTAVA, A. K.; RAO, P. H. Changes in the functional characteristics of wheat during high temperature storage. **Journal of Food Science and Technology**, v.31, p.36–39, 1994.

STASIO, M. D.; VACCA, P.; PICIOCCHI, N.; MECCARIELLO, C.; VOLPE, M. G. Particle size distribution and starch damage in some soft wheat cultivars. **International Journal of Food Science and Technology**, v.42, p.246-250, 2007.

TEKRONY, D. M. **Accelerated ageing test**. In: VAN DE VENTER, H. A. (Ed.). Seed Vigour Testing Seminar. Copenhagen: ISTA, 1995. p.53-72.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. A. **Starches: Practical guides for the food industry**. Eagan Press Handbook Series. Saint Paul: AACCC, 1999. p.1-94.

TIBOLA, C. S.; FERNANDES, J. M. C.; LORINI, I.; SCHEEREN, P. L.; MIRANDA, M. Z. **Produção integrada de trigo – safra 2007**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 10p. html. (Embrapa Trigo. Circular Técnico Online, 26). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p\\_ci26.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci26.htm)>. Acesso em: 13 ago. 2010.

TIPPLES, K. H.; PRESTON, K. R.; KILBORN, R. H. Implication of the term "strength" as related to wheat and flour quality. **Bakers Digest**, v.57, n.6, p.16-20, 1982.

TORBICA, A.; ANTOV, M.; MASTILOVIĆ, J.; KNEŽEVIĆ, D. The influence of changes in gluten complex structure on technological quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Food Research International**, v.40, n.8, p.1038-1045, 2007.

TSEN, C. C.; HLYNKA, I. I. Flour lipids and oxidation of sulfhydryl groups in dough. **Cereal Chemistry**, v.40, n.2, p.145, 1963.

VENEGAS, V. H. A.; ALVAREZ, G. A. M. Apresentação de equações de regressão e suas interpretações. **Boletim Informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.28-32, 2003.

VILLELA, F. A.; PESKE, S. T. Secagem e beneficiamento de sementes de arroz irrigado. In: PESKE, S. T.; NEDEL, J. L.; BARROS, A. C. S. A. (Eds.). **Produção de arroz irrigado**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária UFPel, 1998. p. 431-468.

VOLK, M. B. S. **Viabilidade técnica e econômica da utilização do equipamento de ar refrigerado na conservação de trigo armazenado**. 2005. 59f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

WALLACE, H. A. H.; SHOLBERG, P. L.; SINHA, R. N.; MUIR, W. E. Biological, physical and chemical changes in stored wheat. **Mycopathologia**, v.82, p.65-72, 1983.

WALLACE, H. A. H.; SINHA, R. N. Fungi associated with hot spots in farm stored grain. **Canadian Journal of Plant Science**, v.42, n.1, p.130-141, 1962.

WANG, Y. G.; KHAN, K.; HARELAND, G.; NYGARD, G. Quantitative glutenin composition from gel electrophoresis of flour mill streams and relationship to breadmaking quality. **Cereal Chemistry**, n.83, n.3, p.293-299, 2006.

WEBER, E. A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1995. 400p.

WHITE, N. D. G.; HULASARE, R. B.; JAYAS, D. S. Effects of storage conditions on quality loss of hull-less and hulled oats and barley. **Canadian Journal of Plant Science**, v.79, p.475-482, 1999.

WIESER, H. Chemistry of gluten proteins. **Food Microbiology**, v.24, n.2, p.115-119, 2007.