

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**ANTECIPAÇÃO DA COLHEITA, SECAGEM E  
ARMAZENAGEM NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE  
GRÃOS E SEMENTES DE TRIGO COMUM E DURO**

***LUCIANA MARIA TERRA ALVES CARNEIRO***

CAMPINAS  
AGOSTO DE 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**ANTECIPAÇÃO DA COLHEITA, SECAGEM E  
ARMAZENAGEM NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE  
GRÃOS E SEMENTES DE TRIGO COMUM E DURO**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola, em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, na área de concentração de Tecnologia Pós-Colheita.

**LUCIANA MARIA TERRA ALVES CARNEIRO**

Orientador: Dr. João Domingos Biagi

Co-orientador: Dr. José Guilherme de Freitas

CAMPINAS  
AGOSTO DE 2003

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

C215a Carneiro, Luciana Maria Terra Alves  
Antecipação da colheita, secagem e armazenagem na  
manutenção da qualidade de grãos e sementes de trigo  
comum e duro / Luciana Maria Terra Alves Carneiro. --  
Campinas, SP: [s.n.], 2003.

Orientadores: João Domingos Biagi e José Guilherme  
de Freitas.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Germinação. 2. Fitopatologia. 3. Sementes -  
Colheita. 4. Grãos - Secagem. I. Biagi, João Domingos.  
II. Freitas, José Guilherme de. III. Universidade Estadual  
de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. IV.  
Título.

*Aos meus pais, Gilson e Maria Alice, que sempre se fizeram presentes, me apoiaram e me incentivaram a abraçar os desafios;*

*Ao meu marido, Marcelo, por todo amor, lealdade e companheirismo que compartilhamos todos os dias*

***Dedico***

## AGRADECIMENTOS

Aos meus irmãos, Gilson e Carina, e aos meus cunhados, Renata, Devanir, Thiago e Gabriela, pelo apoio, carinho e amizade;

Aos meus sogros, Maura e Geraldo, pelo carinho e incentivo;

Aos meus sobrinhos pela alegria;

Ao Professor Dr. João Domingos Biagi pela orientação, apoio, paciência e amizade conquistada durante o trabalho;

Ao Pesquisador Dr. José Guilherme de Freitas pela amizade e colaboração;

Ao Pesquisador João Carlos Felício pela ajuda nas análises dos resultados de grãos;

Aos membros da banca examinadora, Dr. Roberto Usberti, Dra Marlene Rita de Queiroz, Dra Maria Aparecida de Souza Tanaka e Dra Fernanda Paula Collares, pela amizade e colaboração;

A Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP pela oportunidade;

Ao Instituto Agrônomo de Campinas pelo fornecimento dos grãos e sementes de trigo;

A Dra Maria Aparecida de Souza Tanaka pelas análises de sanidade;

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos pelas análises de atividade de água;

A Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP por disponibilizar o Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos para as análises de grãos;

Aos amigos Rosa Helena e André Bolpetti pela ajuda, mas principalmente pela convivência e amizade;

As amigas Juliana Tófano, Jussara e Fabiana pelo apoio e amizade;

A Dra Doris Groth pela convivência e incentivo;

Aos funcionários do Laboratório de Tecnologia Pós-colheita pela colaboração;

Ao CNPq, pela concessão da bolsa;

A FAPESP, pelo auxílio a pesquisa;

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho;

A DEUS em meu caminho.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMO .....	xiii
ABSTRACT .....	xv
1-INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1- Trigo.....	4
2.2- Maturação das sementes.....	5
2.3 – Secagem de grãos e sementes.....	8
2.3.1 – Fases da Secagem.....	11
2.3.2- Eficiência da Secagem .....	13
2.4 – Qualidade das sementes.....	16
2.4.1 –Teste de germinação .....	16
2.4.2 – Testes de vigor.....	18
2.5 – Qualidade Industrial do Trigo .....	19
2.5.1- Principais testes físico-químicos .....	21
2.5.1.1- Peso do Hectolitro (PH) .....	21
2.5.1.2– Composição química .....	22
2.5.1.3- Número de Queda (“Falling Number”).....	24
2.5.1.4- Teste de sedimentação de Zeleny (Força do Glúten) .....	25
2.5.2- Principais testes tecnológicos.....	26
2.5.2.1- Alveografia.....	26
2.5.2.2- Viscosidade .....	27
2.6 – Armazenagem.....	27
3-MATERIAL E MÉTODOS .....	32
3.1 – Experimento de campo .....	32
3.2- Colheita de grãos e sementes .....	33
3.3- Procedimento experimental de secagem .....	33
3.3.1- Secagem artificial de sementes e grãos de trigo.....	33

3.4-Armazenagem.....	36
3.5- Atividade de água.....	36
3.6-Teste de Sanidade.....	37
3.7-Qualidade física e fisiológica das sementes .....	38
3.7.1- Qualidade inicial .....	38
3.7.2- Teor de água.....	38
3.7.3- Massa de mil sementes.....	39
3.7.4- Teste de germinação.....	39
3.7.5- Envelhecimento acelerado (vigor) .....	39
3.7.6- Crescimento de plântulas (Vigor) .....	40
3.8- Qualidade dos grãos .....	40
3.8.1- Peso do hectolitro (PH) .....	40
3.8.2- Teor de glúten úmido .....	41
3.8.3- Número de queda (“Falling Number”).....	41
3.8.4- Viscosidade .....	41
3.8.5- Propriedades de extensão da massa.....	41
3.9 Composição Centesimal .....	42
3.9.1 Proteínas .....	42
3.9.2 Fibra Bruta.....	43
3.9.3 Lipídios.....	43
3.9.4 Cinzas .....	43
3.9.5 Carboidratos .....	43
3.10-Análise Estatística .....	43
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45
4.1 – Secagem.....	45
4.1.1- Processo de Secagem .....	45
4.2 – Atividade de água (aw).....	50
4.3 – Sanidade .....	52
4.4 – Qualidade física e fisiológica de sementes .....	62
4.4.1 – Qualidade física .....	62
4.4.2 – Qualidade fisiológica.....	66

4.5 – Qualidade de grãos .....	75
4.5.1 – Peso Hectolitro (PH).....	75
4.5.2 – Número de Queda (“Falling Number”).....	77
4.5.3 – Viscosidade.....	80
4.5.4 – Propriedades de extensão da massa .....	82
4.5.5 – Teor de Glúten Úmido.....	85
4.6 – Composição Centesimal .....	86
5 – CONCLUSÕES .....	94
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	97
ANEXO .....	107

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: Teor de água das sementes de algumas espécies no ponto de maturidade fisiológica.....	6
TABELA 2: Classificação da qualidade do grão segundo valores de peso do hectolitro. ....	21
TABELA 3: Classificação da qualidade de grãos de acordo com os valores de Falling Number.....	25
TABELA 4: Classificação da força geral de glúten determinada pelo Teste de Alveografia. ....	26
TABELA 5: Valores médios do processo de secagem para o trigo comum (IAC-24). ....	48
TABELA 6: Valores médios do processo de secagem para o trigo comum (IAC-289). ....	49
TABELA 7: Valores médios do processo de secagem para o trigo duro (IAC-1003). ....	49
TABELA 8: Atividade de água de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem. ....	51
TABELA 9: Incidências médias do fungo <i>Alternaria alternata</i> de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.....	53
TABELA 10: Incidências médias do fungo <i>Bipolaris sorokiniana</i> de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.....	54
TABELA 11: Incidências médias do fungo <i>Cladosporium herbarum</i> de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem. ....	55
TABELA 12: Incidências médias do fungo <i>Epicoccum purpurascens</i> de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem. ....	56
TABELA 13: Incidências médias do fungo <i>Fusarium</i> spp de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem. ....	57
TABELA 14: Incidências médias do fungo <i>Penicillium</i> spp de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.....	59
TABELA 15: Incidências médias do fungo <i>Aspergillus</i> spp de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem. ....	60

TABELA 16: Teor de água de sementes de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem. ....	63
TABELA 17: Massa de mil sementes de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem. ....	65
TABELA 18: Médias de germinação (G), envelhecimento acelerado (EA) e crescimento de plântulas (CP) de sementes de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), logo após a 1, 2 (sem secagem) e 3 <sup>a</sup> colheita.....	66
TABELA 19: Médias de plântulas normais (PN) e germinação total (GT), para o teste de germinação de sementes de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem. ....	68
TABELA 20: Médias de plântulas normais (PN) e germinação total (GT), para o teste de envelhecimento acelerado (vigor) de sementes de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem. ....	73
TABELA 21: Crescimento de plântulas (vigor) de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem. ....	74
TABELA 22: Valores médios de peso hectolitro para trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem. ....	76
TABELA 23: Valores médios de Número de queda para trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem. ....	78
TABELA 24: Valores médios de viscosidade máxima para trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.....	80
TABELA 25: Valores alveográficos para W ( $\times 10^{-4}$ J) e P/L de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem. ....	84
TABELA 26: Valores médios de teor de glúten úmido para trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem. ....	86
TABELA 27: Teor de proteínas de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.....	87
TABELA 28: Teor de cinzas de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.....	89
TABELA 29: Teor de lipídios de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.....	90

TABELA 30: Teor de fibra bruta de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem. ....	91
TABELA 31: Teor de carboidratos de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem. ....	93
TABELA 1A: Níveis de significância dos valores de F obtidos nas análises de variância dos dados referentes as avaliações realizadas em grãos e sementes de trigo comum e duro, nos tratamentos de colheita e secagem (CS) e armazenagem (A).....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Alterações em algumas características fisiológicas da semente durante o processo de maturação (Fonte: DIAS, 2001).....	6
FIGURA 2: Curva típica de secagem (Fonte: PARK, 1988).....	12
FIGURA 3: Secador de madeira com três colunas. ....	34
FIGURA 4: Curvas de secagem do IAC-24, colhido com 30,0 (A) e 21,4% (B) de teor de água.....	45
FIGURA 5: Curvas de secagem do IAC-289, colhido com 35,0 (A) e 23,4% (B) de teor de água.....	46
FIGURA 6: Curvas de secagem do IAC-1003, colhido com 31,6 (A) e 22,2% (B) de teor de água.....	47

## RESUMO

Variedades de trigo comum de grãos brancos e moles e de trigo duro, que não apresentam dormência de sementes podem germinar na espiga durante a colheita, devido à ocorrência de chuvas ou armazenamento destes com alto teor de água. Isto diminui e até pode inviabilizar o uso das sementes e/ou grãos. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da umidade inicial (diferentes épocas de colheita), dos parâmetros de secagem, das condições de armazenagem na qualidade de sementes e grãos de trigo comum (*Triticum durum* L.) e duro (*Triticum aestivum* L.). As sementes foram obtidas em experimento instalado no campo do Núcleo Experimental de Campinas do IAC, 2 genótipos de trigo comum, um com dormência na espiga (IAC-24), colhido com 30,0, 21,4 e 12,2% de água (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> colheita, respectivamente) e um sem dormência na espiga (IAC-289), colhido com 35,0, 23,4 e 12,5% de água (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> colheita, respectivamente); e 1 genótipo de trigo duro sem dormência (IAC-1003), colhido com 31,6, 22,2 e 11,7% de água (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> colheita, respectivamente). A secagem foi realizada no Laboratório de Secagem da FEAGRI/UNICAMP, às temperaturas 40, 60 e 80°C e um fluxo de ar de, aproximadamente, 20 m<sup>3</sup>/min<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>. Após a secagem os grãos e as sementes foram armazenados em embalagens de polietileno por um período de 0, 2, 4, 6 e 8 meses à temperatura de 20 ± 2°C. As análises realizadas durante o período de armazenagem foram: de qualidade de sementes, com os testes de teor de água, massa de mil sementes, germinação e vigor (envelhecimento acelerado e crescimento de plântulas), realizadas no Laboratório de Tecnologia Pós-Colheita da FEAGRI/UNICAMP; a atividade de água foi determinada no Centro de Tecnologia de Embalagem (CETEA) do ITAL; teste de sanidade, realizado no Laboratório de Fitopatologia do IAC. Os parâmetros de qualidade de grãos

foram os testes de número de queda, viscosidade, teor de glúten úmido, força geral do glúten e peso hectolitro, realizados no Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos da FEA/UNICAMP; e a composição centesimal (teor de proteínas, lipídios, cinzas, carboidratos e fibra bruta) do trigo. A secagem à 80°C apresentou o menor tempo de secagem, no entanto, diminuiu a germinação e o vigor das sementes, principalmente com a armazenagem, independente do genótipo ou do teor de água inicial. A antecipação da colheita não diminuiu a qualidade das sementes do IAC 24 e IAC 289, porém para o IAC 1003, houve uma redução na germinação e vigor das sementes colhidas com 31,6% de água. No IAC 289, houve um aumento significativo da atividade alfa-amilase, com o atraso da colheita. A antecipação da colheita e a secagem não reduziu a qualidade dos grãos e com a armazenagem, houve uma melhora na qualidade tecnológica da farinha do trigo. As sementes e grãos colhidos com maior teor de água (1ª colheita) apresentaram uma maior incidência de *Penicillium* spp. Praticamente não houve alteração na composição centesimal do trigo nos diferentes tratamentos.

## ABSTRACT

Varieties of both common and hard wheat, with white/soft and hard grains/seeds, respectively, could germinate in the spike during the harvest if they are quiescent, due to rainfall and high seed moisture content, so reducing seed or grain quality. The objective of this work was to analyse the effects of initial moisture content (related to harvest time), drying parameters and storage period in seed and grain qualities of common wheat (*Triticum aestivum* L) and hard (*Triticum durum* L.). The experiment was installed in Campinas Agronomic Institute (IAC), using two genotypes of common wheat, one with spike dormancy (IAC-24), harvested with 30, 21.4 and 12.2% moisture content (1, 2 and 3<sup>a</sup> harvest, respectively) and the other without it (IAC-289), harvested with 35, 23.4 and 12.5% moisture content (1, 2 and 3<sup>a</sup> harvest, respectively); additionally one hard wheat genotype without dormancy (IAC-1003), harvested with 31.6, 22.2 and 11.7% moisture content (1, 2 and 3<sup>a</sup> harvest, respectively) has already been analysed. Drying operations were performed in Drying Laboratory, FEAGRI/UNICAMP at 40, 60 and 80°C under an air flow around 20m<sup>3</sup>/min<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>. Dried grains / seeds were then stored in polyethylene packets for a period of 0, 2, 4, 6 and 8-month at 20 ± 2°C. Seed moisture content, 1,000-seed weight and germination and vigour (accelerated aging and seedling growth) percentages were recorded throughout the experiment, using the facilities of Post-harvest Technology Laboratory, FEAGRI/UNICAMP; the water activity was determined in Packaging Technology Centre, Institute of Food Technology, Campinas while seed healthiness were carried out using the blotter test at IAC's Plant Pathology Laboratory. The parameters of grain quality were tested through number of falls, viscosity, moisture content gluten, general force of gluten, hectolitre weight and centesimal composition (proteins,

lipids, ashes, carbohydrates and crude fiber) were determined in the facilities of Cereal Laboratory at Food Technology Faculty, FEA/UNICAMP. Drying at 80°C required less time, as expected, however reducing germination and vigour percentages throughout the storage period, independent of genotype or initial moisture content. Harvest anticipation showed no effect on seed quality for the genotypes IAC 24 and IAC 289, while for IAC 1003 was responsible for germination and vigour percentage reductions mainly in the seeds harvested with 31.6% moisture content. The genotype IAC 289 presented an increase on alpha-amylase activity due to harvest delay. Harvest anticipation and the drying process had no effect on grain quality, while the storage period improved the technological quality of the wheat flour. Seeds and grains harvested with the highest moisture contents, during the first harvest, showed high incidences of *Penicillium* spp. No centesimal composition alteration was detected in the genotypes in the different treatments.

## **1-INTRODUÇÃO**

O trigo, ao passar pela indústria moageira, é transformado nos produtos farinha, farelo e gérmen. Esses, por sua vez, são considerados matérias-primas das indústrias de produtos finais. A farinha é utilizada na fabricação de pães, de massas e de biscoitos, participa de formulações industriais de outros tipos de alimentos, e também é empregada na fabricação de cola e possui inúmeros usos domésticos. O farelo é empregado como ingrediente nas fábricas de rações para animais, é utilizado como complemento vitamínico e fornecedor de fibras em alimentos dietéticos e em cereais matinais. O gérmen de trigo é consumido em grande parte pela indústria farmacêutica, onde são extraídos o óleo e um rico complexo vitamínico; também é utilizado em fábricas de rações para animais e como complemento dietético (GUARIENTI, 1996).

O trigo é de grande importância para a economia do Brasil, pois o consumo de seus derivados, principalmente pão, macarrão e farinha, é elevado. No entanto, a produção nacional do grão não tem sido suficiente para atender a demanda, além de haver uma grande quantidade de grãos perdidos ou colhidos com qualidade inferior, decorrentes de ataque de insetos ou ocorrência de chuvas no período da colheita.

A produção brasileira de trigo no ano de 2002 foi de aproximadamente 3,20 milhões de toneladas, praticamente igual a de 2001 (3,26 milhões de toneladas), frustrando as expectativas, pois houve uma perda de 400 mil toneladas, em relação à previsão inicial, devido as adversidades climáticas. Como consequência, o país importou 7,4 milhões de toneladas. Atualmente o Brasil consome 10,6 milhões de toneladas, dos quais 70% são importados (FNP, 2002).

Há cultivares de trigo de grão branco e mole e de trigo duro que não apresentam dormência, podendo germinar na espiga durante o processo de colheita, se houver ocorrência

de precipitações pluviais. Isto ocorrendo, pode inviabilizar o uso dos grãos pela indústria alimentícia e a produção de sementes.

Nas regiões produtoras de trigo no Brasil, durante o período da colheita, é comum a ocorrência de chuvas. Isso pode levar a uma alta incidência de grãos germinados, que são classificados como de qualidade inferior para a indústria panificadora, depreciando seu valor ao redor de 50%. Considerando-se que a cada ano cerca de 20% da safra de trigo (que foi de aproximadamente 2,2 milhões de toneladas em 1998) é de grãos germinados, teríamos cerca de 437 mil toneladas de trigo germinado (BRUM, 2000).

O processo de antecipação da colheita em genótipos de trigo sensíveis à germinação na espiga pode ser uma alternativa para se obter um produto de boa qualidade industrial ou para a produção de sementes, viabilizando o cultivo desses genótipos com a colheita ocorrendo com a umidade do trigo acima da normal (13 a 15%).

A maioria dos produtos agrícolas (grãos, sementes e frutos) deveriam ser colhidos no ponto de maturação fisiológica, quando apresentam teores elevados de amido, proteínas e umidade. Entretanto, produtos com alta umidade apresentam atividade metabólica mais intensa, além de propiciar ambiente adequado ao desenvolvimento de fungos e insetos conduzindo a deterioração rápida. Através da remoção de umidade pela secagem e uma correta armazenagem, torna-se possível a conservação de produtos agrícolas.

A operação de secagem assegura melhor qualidade aos grãos e sementes, por possibilitar colheitas antecipadas, evitando danos que ocorrem no campo devido às condições climáticas, ataques de insetos e microorganismos.

A política brasileira de abertura de mercado a partir dos anos 90, bem como a criação do Mercado Comum do Cone Sul (MERCOSUL), deu origem a uma forte concorrência, em diversos setores da economia, que se reflete na necessidade de maior produtividade e

qualidade dos produtos, para competir com os importados. A isto se junta também a exigência cada vez maior dos consumidores nacionais de padrões mais elevados de qualidade, obrigando os setores de produção e de pesquisa a serem cada vez mais eficientes.

Estudos realizados em diversas instituições de pesquisa do país, no setor da triticultura, tem mostrado resultados significativos, como o desenvolvimento de tecnologias e a introdução de cultivares mais produtivos e resistentes a pragas e doenças. Portanto, é necessário a continuidade de estudos de novos genótipos e técnicas para minimizar as perdas e aumentar a qualidade do trigo no Estado de São Paulo e no Brasil visando competir com o mercado externo, principalmente o argentino.

Em função disto, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência da umidade inicial (diferentes épocas de colheita), dos parâmetros de secagem, das condições de armazenagem na qualidade de sementes e grãos de trigo comum (*Triticum durum* L.) e duro (*Triticum aestivum* L.).

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1- Trigo

A entrada do trigo no Brasil ocorreu nos primórdios do século XVI com as primeiras expedições européias, enquanto seu cultivo de forma mais sistematizada ocorreu por volta de 1720, com a vinda dos colonos açorianos, que implantaram esta lavoura no sul do país, no estado do Rio Grande do Sul (ALVES, 1991). No entanto, somente no século XIX, com a imigração européia, é que ocorreu um crescente aumento da produção de trigo, devido a maior demanda de alimentos, muitos destes derivados do trigo.

O trigo é uma espécie pertencente à família Graminae e ao gênero *Triticum*, possuindo diversas espécies. É uma planta herbácea, monocotiledônea, fasciculada, tendo a parte aérea formada por um conjunto de colmos; sua inflorescência é terminal do tipo espiga e o fruto é do tipo cariopse. Para a classificação das diferentes espécies de trigo, foram desenvolvidos trabalhos baseados no número de cromossomos da planta, que morfologicamente podem ser perfeitamente distinguidos. Foram encontradas 15 espécies de trigo que se dividem em três grupos: o diplóide (14 cromossomos em dois grupos), o tetraplóide (28 cromossomos em quatro grupos) e o hexaplóide (42 cromossomos em seis grupos) (BOSSINI, 1988).

As espécies de maior interesse comercial são o *Triticum aestivum* L. (trigo comum) usado na fabricação de pães, bolos, biscoitos e produtos de confeitaria; o *Triticum compactum* Host. (cultivado nos EUA. sob o nome de trigo “Club”), usado em produtos de confeitaria; e o *Triticum durum* (trigo duro) usado no preparo de massas alimentícias (GERMANI et al. 1998).

O *Triticum aestivum* L. corresponde a cerca de 90% da área cultivada e 94% da produção de grãos colhidos no mundo. O *Triticum durum* L., também chamado de cristalino ou macarroneiro que é utilizado para fabricar macarrão tipo italiano, corresponde a cerca de 9% da área cultivada e 5% da produção mundial de grãos. O *T. aestivum* é utilizado de

diversas maneiras no mundo, e tem a maior média mundial de rendimento de grãos. O rendimento médio de grãos do *T. durum* é mais baixo do que o *T. aestivum*, devido a tendência de cultivá-lo em climas semi-áridos. Entretanto, os cultivares de *T. durum* podem produzir tanto quanto os melhores cultivares de trigo comum em condições de irrigação (HANSON et al., 1982).

## **2.2- Maturação das sementes**

O processo de maturação tem início logo após a polinização, que é o transporte do grão de pólen até o estigma da flor. A partir desta união de gametas (fertilização), ocorre uma série de transformações morfológicas e fisiológicas que vão dar origem ao embrião, ao tecido de reserva e ao envoltório da semente. Assim, o processo de maturação se inicia com a fertilização do óvulo e se estende até o ponto em que a semente atinge a maturidade fisiológica, isto é, quando cessa a transferência de nutrientes da planta mãe para a semente (DIAS, 2001).

Após a fertilização, o tamanho da semente (acúmulo de matéria seca) aumenta gradativamente, atingindo o peso máximo de matéria seca, quando a semente não mais recebe fotossintetizados da planta e pode ser considerada como “desligada” da planta mãe (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Esse tem sido mencionado como o momento em que a semente atinge a maturidade de colheita (DELOUCHE, 1971; HARRINGTON, 1972; POPINIGIS, 1985; TOLEDO & MARCOS FILHO, 1977; CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Neste ponto, a semente também terá atingido a sua máxima qualidade em termos de germinação e vigor (Figura 1). Nesta fase, o conteúdo de reservas é máximo e o teor de água ainda é muito alto, variando de 30 a 50%, dependendo da espécie (Tabela 1).

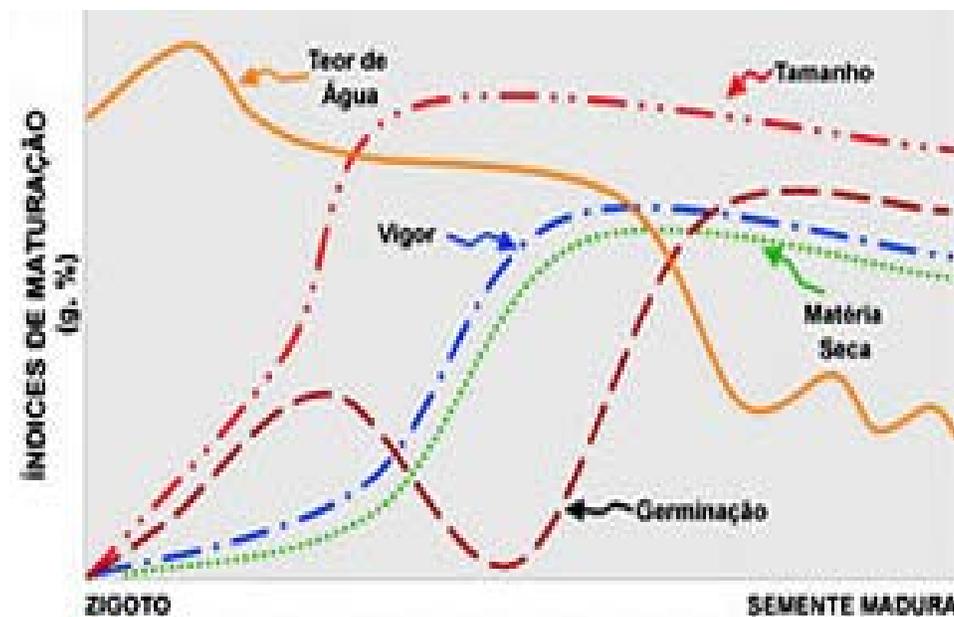


FIGURA 1: Alterações em algumas características fisiológicas da semente durante o processo de maturação (Fonte: DIAS, 2001).

TABELA 1: Teor de água das sementes de algumas espécies no ponto de maturidade fisiológica.

<b>Espécie (cultivar)</b>	<b>Teor de água (%)</b>	<b>Fonte</b>
Amendoim (Tatu-53)	47-50	Carvalho (1974)
Arroz (EEA-404)	26.5	Gonçalo & Maciel (1975)
Café (Mundo Novo)	60-65	Astolfi et al.,(1980)
Feijão	38-40	Lollato & Turkiewicz (1980)
Milho	28-35	Gerage et al., (1982)
Soja	>45	França Neto & Henning (1984)
Sorgo	40	Nagai (1973)
Trigo	40	Carvalho & Yanai (1976)

Fonte: CARVALHO & NAKAGAWA (2000).

Na produção de sementes o conhecimento da fase de maturação é relevante, porque em seu transcurso se verifica o surgimento dos atributos de qualidade fisiológica que atingem um máximo, definido como maturidade fisiológica, geralmente coincidente com o máximo de matéria seca da semente. Quanto mais distante desse estágio for a colheita, maiores as chances

de redução da qualidade fisiológica da semente decorrente de processo deteriorativo (POPINIGIS, 1988).

A partir da maturidade fisiológica, segundo HARRINGTON (1972), inicia-se a armazenagem da semente. Esta armazenagem ocorre ao ar livre, o que representa riscos para a qualidade da semente, pois esta fica exposta às intempéries, além do ataque de pragas e microorganismos, o que se torna particularmente grave em regiões onde se tem período chuvoso prolongado.

O teor de água, após a maturidade fisiológica, decresce rapidamente até um ponto em que começa a oscilar de acordo com a umidade relativa do ar. Portanto, é importante que as condições ambientais permitam esta rápida desidratação das sementes. A ocorrência de chuvas prolongadas e alta umidade relativa do ar nesta ocasião retardarão o processo de secagem natural, comprometendo a qualidade das sementes. Estas variações no teor de água no final da maturação são típicas de sementes de frutos que, quando maduros, apresentam-se desidratados, como ocorre com soja, feijão, milho, trigo, arroz e outros cereais. Sementes contidas em frutos carnosos geralmente não passam pela fase de rápida desidratação, nem sofrem grandes oscilações no seu teor de água em função da umidade relativa do ar (DIAS, 2001).

A maturidade fisiológica tem sido estudada, principalmente levando em conta características físicas e fisiológicas como tamanho, teor de água, conteúdo de matéria seca, germinação e vigor. Entretanto, a nível de campo, tais características provavelmente não poderiam ser acompanhadas, daí a importância do conhecimento de outros parâmetros que possibilitem a identificação do ponto de maturidade fisiológica como morfologia do fruto e das sementes e outras características inerentes da espécie ou da cultivar (BARROS, 1986).

Segundo DIAS (2001), em algumas gramíneas, como o trigo, aveia e arroz, a maturidade pode estar relacionada com mudanças da coloração verde para amarelada nas glumas e no pedicelo (pedúnculo que une a semente ao fruto).

O ideal seria realizar a operação de colheita, quando as sementes atingissem a maturidade fisiológica, entretanto o teor de água das sementes é alto e além disso, geralmente, a quantidade de folhas e ramos verdes, úmidos, também é grande, o que dificulta a ação da colheitadeira.

### **2.3 – Secagem de grãos e sementes**

Os fatores que influem na formação da qualidade de produtos agrícolas são: sua espécie e variedade, condições edafoclimáticas, manejo (adubação, irrigação e controle fitossanitário), colheita (época, duração e procedimentos) e operações pós-colheita (GROFF, 2002). A secagem tem por objetivo principal redução do conteúdo de umidade a valores que permitam a conservação da qualidade nutricional e organoléptica, desenvolvida durante a fase de campo, por longos períodos (BIAGI & VALENTINI, 1992).

CARVALHO (1994) e ATHIÉ et al. (1998), apresentam duas formas distintas de retenção de água pelas sementes e grãos. A primeira forma é a água livre (absorvida ou adsorvida), sendo a mais facilmente removida durante o processo de secagem e que requer, para sua retirada, baixo nível de energia, chamado de calor latente de vaporização. A segunda é a água de constituição, que está fortemente ligada à estrutura celular do grão, exigindo alto nível de energia para sua remoção. O emprego de altas temperaturas de secagem, neste caso, pode ocasionar, segundo LASSERAN (1978), além da vaporização da água de constituição, a volatilização e decomposição de substâncias orgânicas.

A secagem é definida como o processo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem. A remoção da umidade deve ser feita a um nível tal, que o produto fique em equilíbrio com o ar do ambiente onde será armazenado, a fim de preservar a aparência e qualidade nutritiva ou a viabilidade como semente (SILVA et al., 1995a).

Através da remoção de umidade pela secagem, natural ou artificial, torna-se possível a conservação de produtos agrícolas durante o armazenamento. A secagem também é importante no que concerne à produção e comercialização de produtos agrícolas, uma vez que (BIAGI & VALENTINI, 1992; ATHIÉ et al., 1998):

1. Possibilita a antecipação da colheita, reduzindo as perdas de campo ocasionadas por intempéries, ação de insetos, roedores e pássaros;
2. Propicia o planejamento da colheita e o emprego mais eficiente de maquinário e mão-de-obra;
3. Fornece condições ao produtor de obter melhores preços na comercialização durante a entressafra, no caso de estar associada ao armazenamento;
4. Permite a formação de estoques reguladores de mercado;
5. Promove a valorização de preço com a oferta de produtos de melhor qualidade, no caso de grãos, quanto às características organolépticas e nutricionais;
6. Proporciona às sementes alta porcentagem de germinação.

A secagem das sementes consiste de dois processos principais: o primeiro é a transferência de água da superfície da semente para o ar, que ocorre quando a pressão parcial de vapor d'água é maior na superfície da semente do que no ar; o segundo, é o movimento de água do interior para a superfície da semente. Os métodos de secagem podem ser divididos em dois grupos: secagem natural, que consiste na exposição das sementes ao sol ou à sombra em ambiente atmosférico relativamente seco, podendo ser feita em terreiros, encerados ou

tabuleiros; e secagem artificial, que é feita em secador, submetendo-se as sementes ou grãos à ação de um fluxo de ar aquecido ou não, promovendo a secagem num período relativamente curto, conforme as condições operacionais e atmosféricas (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Os métodos de secagem artificial, quanto ao fluxo do produto no secador, podem ser classificados em secagem estacionária, que consiste basicamente em se forçar um fluxo de ar através do produto que permanece em repouso, e secagem de fluxo contínuo, que consiste em submeter o produto em movimento contínuo a uma corrente de ar (VILLELA, 1991).

Segundo CARVALHO (1994), a secagem com ar aquecido, que atravessa a massa de sementes, tem por principal objetivo garantir uma operação mais rápida e é frequentemente, o tipo de secagem que mais se adapta a esquemas de produção de sementes, tendo em vista a rapidez com que os teores altos de água (acima de 15-16%) podem afetar a germinação e o vigor, o que torna obrigatório a secagem rápida. Para a produção de grãos, principalmente em grandes quantidades, esse sistema costuma ser o mais adequado, tendo em vista possibilitar grandes reduções de investimentos em ventiladores e sistemas de distribuição de ar (MARTINS et al., 1999).

Os parâmetros que influenciam a taxa de secagem, com utilização de ar forçado, são principalmente a temperatura e a umidade relativa do ambiente, a temperatura e o fluxo do ar de secagem, o teor de água inicial, final e de equilíbrio do produto, a temperatura e a velocidade do produto no secador, o sistema de secagem empregado, o tempo de residência do produto na câmara de secagem, bem como a variedade e a história do produto do plantio até a colheita (BAKKER-ARKEMA et al., 1978; HALL, 1980; BROOKER et al., 1992; LOEWER et al., 1994).

A temperatura conjugada com o fluxo do ar de secagem, são os fatores responsáveis pela quantidade de água removida no processo de secagem e na qualidade do produto final. O aumento da temperatura implica em menor gasto de energia por unidade de água removida, maior velocidade de secagem e maior gradiente de temperatura e umidade, enquanto que um aumento no fluxo de ar reduz a eficiência energética mas também aumenta a velocidade de secagem (BAKKER-ARKEMA et al., 1978; LASSERAN, 1978; LACERDA et al., 1982; NELLIST, 1982).

As condições de secagem com ar aquecido devem ser controladas para evitar o aquecimento excessivo, pois este ocasiona danos aos grãos e à viabilidade das sementes (BROOKER et al., 1992).

Segundo ATHIÉ et al. (1998), um processo de secagem eficiente é aquele que, além de reduzir o teor de água do produto, aumenta seu potencial de conservação pós-colheita e preserva suas características físicas e propriedades tecnológicas, atribuindo-lhe alto valor comercial.

A operação de secagem deve ser realizada com extremo cuidado, pois esta prática pode reduzir sensivelmente a qualidade dos grãos e sementes, os quais, posteriormente, irão passar por outras etapas do processamento.

### **2.3.1 – Fases da Secagem**

Uma vez que o produto é colocado em contato com o ar quente, ocorre uma transferência do calor do ar para o produto sob o efeito da diferença de temperatura existente entre eles. Simultaneamente, a diferença de pressão parcial de vapor d'água existente entre o ar e a superfície do produto determina uma transferência de matéria (massa) para o ar. Esta

última se faz na forma de vapor de água. Uma parte do calor que chega ao produto é utilizada para vaporizar a água e a outra para elevar a temperatura do material (DAUDIN, 1983).

A evolução destas transferências simultâneas de calor e de massa no decorrer da operação de secagem identificada em três períodos, demonstrados na Figura 2, onde são apresentadas as curvas de evolução do teor de água do produto (X), de sua temperatura (T) e da velocidade de secagem ( $dX/dt$ ), também chamada de taxa de secagem, ao longo do tempo, para um experimento utilizando ar de propriedades constantes.

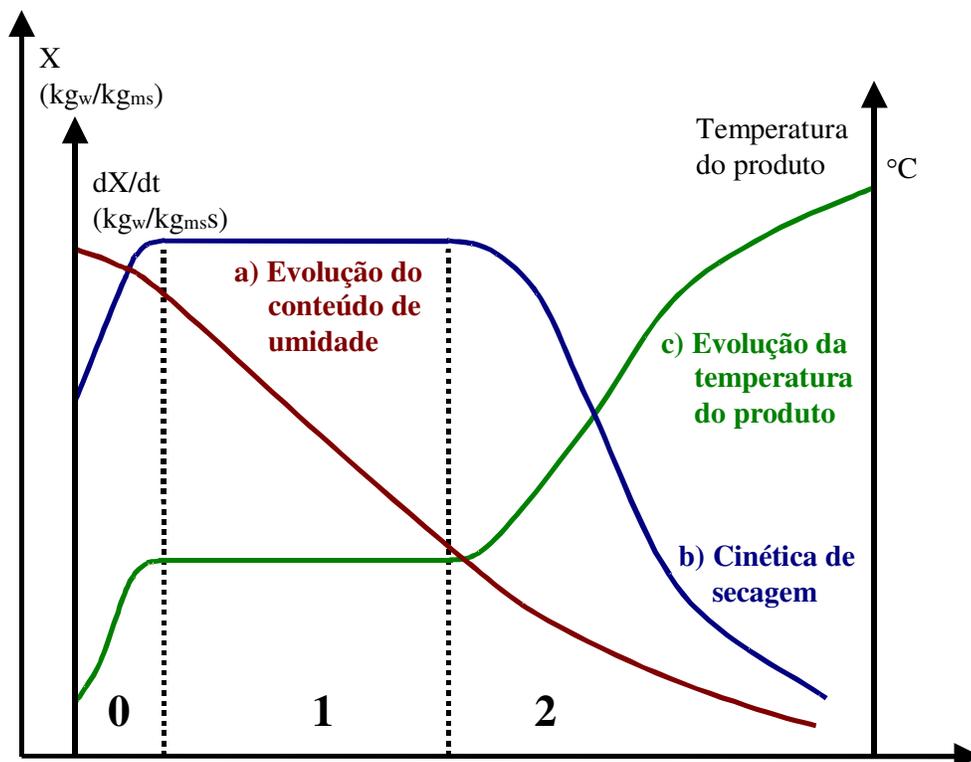


FIGURA 2: Curva típica de secagem (Fonte: PARK, 1988).

A curva (a) representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem (conteúdo de umidade do produto,  $X = X_{BS}$ , em relação à evolução do tempo de secagem ( $t$ ), isto é, a curva obtida pesando o produto durante o processo numa determinada condição de secagem).

A curva (b) representa a velocidade (taxa) de secagem do produto (variação do conteúdo de umidade do produto por tempo,  $dX/dt$ , em relação à evolução do tempo (t), que corresponde à curva obtida diferenciando a curva (a)).

A curva (c) representa a variação da temperatura do produto (T) em relação à evolução do tempo (t), isto é, a curva obtida medindo a temperatura do produto durante a secagem.

O período 0 representa o início da secagem, com elevação gradual da temperatura do produto e da pressão de vapor d'água. Essas elevações tem prosseguimento até o ponto em que a transferência de calor seja equivalente à transferência de massa (água).

No período 1 a taxa de secagem é constante. A água evaporada corresponde à água livre. A transferência de massa e de calor são equivalentes e, portanto, a velocidade de secagem é constante. Enquanto houver água na superfície do produto suficiente para acompanhar a evaporação, a taxa de secagem será constante.

No período 2 a taxa de secagem é decrescente. A quantidade de água presente na superfície do produto é menor, reduzindo-se, portanto, a transferência de massa. O fator limitante nessa fase é a redução da migração de umidade do interior para a superfície do produto. A temperatura do produto aumenta, atingindo a temperatura do ar de secagem. Quando o produto atinge o ponto de umidade de equilíbrio em relação ao ar de secagem, o processo é encerrado.

### **2.3.2- Eficiência da Secagem**

A eficiência energética pode ser definida como a razão entre a energia requerida para evaporar a água do produto e a quantidade fornecida ao sistema de secagem. A quantidade de

energia fornecida ao processo de secagem inclui a energia para o aquecimento do ar, além da potência elétrica utilizada no sistema. BAKKER-ARKEMA et al. (1978), sugeriu um índice DPEI (Índice de Avaliação da Performance dos Secadores), que corresponde à energia total requerida por um secador para remover uma unidade de peso de água dos grãos sob determinadas condições. A energia total requerida inclui a energia para aquecer e movimentar o ar de secagem, bem como movimentar o produto e os equipamentos.

PUZZI (1986) apresentou uma metodologia bastante simples e de fácil aplicação em secadores comerciais para determinar a eficiência do equipamento. O princípio é baseado em que, após ter permanecido em contato com o produto, o ar sai do secador com uma temperatura mais baixa e umidade relativa elevada, em virtude de ter absorvido uma certa porção de umidade dos grãos. Se todo o ar que entrasse no secador saísse saturado, seria o ideal, entretanto, esta condição não é verificada. Para se obter um alto índice de eficiência, o secador deve propiciar um perfeito contato de ar quente com o produto, pelo tempo suficiente para a retirada do máximo de umidade.

O rendimento de um secador pode ser estimado através da fórmula:

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{T_e - T_s}{T_e - T_a} * 100$$

Onde:

Ta = Temperatura de ar ambiente;

Te = Temperatura do ar quente na entrada da câmara de secagem;

Ts = Temperatura do ar de secagem na saída do secador

Segundo LOEWER et al. (1994), as despesas da secagem incluem o custo da mão-de-obra, eletricidade, combustível e equipamento. Destes itens, a mão-de-obra é o menor gasto na maioria dos sistemas de secagem, e o combustível usado para aquecer o ar é o maior.

Nos anos 50 e 60, a maior parte dos secadores agrícolas utilizavam fornalhas a lenha e outros resíduos orgânicos, como a casca de arroz. Para manter as fornalhas em funcionamento, os grandes produtores de grãos, especialmente as cooperativas, implantavam grandes áreas de reflorestamento. Nos anos 60 e 70, passaram a utilizar em larga escala as fornalhas a óleo, que apresentavam vantagem sobre a lenha, especialmente no que diz respeito ao manuseio, a regulagem e à manutenção estabilizada da temperatura, aos estoques de combustível e preservavam as poucas reservas florestais. Com a crise do petróleo em nível mundial no ano de 1981, os derivados do petróleo foram proibidos para o uso na secagem agrícola (WEBER, 1995).

Outra alternativa para se obter energia para utilização na secagem são os resíduos agrícolas, como a casca de arroz (DALBELLO, 1995). Porém, a necessária proximidade entre as indústrias beneficiadoras e os locais de instalações dos secadores limita o uso da casca de arroz ou de outros resíduos agrícolas.

Os combustíveis gasosos oferecem simplicidade ao sistema, fácil operação e excelente controle de temperatura, favorecendo em muito a automatização da secagem. O gás natural é altamente indicado e econômico, cujo poder calórico varia entre 9000 e 17000 kcal/kg (WEBER, 1995).

As resistências elétricas podem ser utilizadas para o aquecimento do ar de secagem. A eletricidade, através do uso de resistências elétricas, é uma tecnologia limpa do ponto de vista ambiental e não transfere materiais sensorialmente indesejáveis aos grãos. O custo, os riscos de cortes no fornecimento exatamente nos momentos de maior necessidade, a exigência de infraestrutura própria e a impossibilidade de o setor atender grande demanda, são fatores que restringem o emprego de energia elétrica no aquecimento do ar para secagem de grãos (ELIAS, 1999).

## **2.4 – Qualidade das sementes**

A qualidade da semente é considerada como o somatório de todos os atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que afetam a sua capacidade de originar plantas de alta produtividade. É considerada como a capacidade das sementes de desempenhar funções vitais, caracterizadas pela germinação, vigor e longevidade (POPINIGIS, 1985).

O alto teor de água pode afetar a qualidade da semente não só no período de armazenagem, mas também durante as operações de beneficiamento, dificultando muitas vezes o manejo e a eficiência das máquinas utilizadas. A secagem apresenta-se, desta forma, como uma exigência para garantir a qualidade da semente. Mas dependendo da forma com que for realizada, em vez de garantir a manutenção ou preservação da qualidade da semente, pode ser prejudicial, ou mesmo, inutilizá-la totalmente (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Na avaliação da qualidade de sementes, o massa de mil sementes, teor de água e a germinação são fatores importantes, assim como o crescimento e desenvolvimento das plântulas, condutividade elétrica e a viabilidade da semente (AOSA, 1983; BRASIL, 1992).

### **2.4.1 – Teste de germinação**

A germinação é definida como a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, manifestando sua capacidade de dar origem a uma plântula normal, sob condições ambientais favoráveis (MARCOS FILHO et al., 1987).

O teste de germinação serve para obter informações sobre o valor das sementes para fins de semeadura e fornecer dados que possam ser usados para comparar o valor de diferentes lotes de sementes. São utilizados métodos de análise em laboratório que oferecem às sementes as condições mais favoráveis possíveis para que a germinação ocorra (BRASIL, 1992). Assim

sendo, lotes de sementes que apresentam poder germinativo semelhante, quando testadas em laboratório, podem diferir significativamente quanto ao seu estágio de deterioração quando, por exemplo, é efetuada a emergência das plântulas em campo. Dessa forma, freqüentemente o teste de germinação não avalia o potencial fisiológico da semente para um bom desempenho em campo.

Usando o teste de germinação para avaliar a qualidade de sementes de trigo após a secagem em estufa com ar forçado nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80°C por 150 minutos, PREVIERO et al. (1998) observaram que essas condições de secagem não afetaram a germinação das sementes.

O mesmo foi observado por AHRENS et al. (1998) em sementes de milho, com secagem intermitente rápida (menor período com ar aquecido), com uma temperatura máxima de 60°C, e lenta (maior período com ar aquecido) com uma temperatura de 70°C.

Segundo ROSA (1966), a secagem intermitente de sementes de trigo às temperaturas de 40 e 80°C não causou efeito sobre a germinação, mas quando as sementes foram secas à 90 e 100°C, verificou-se um efeito prejudicial da temperatura de secagem sobre a germinação. Em sementes de arroz, a secagem à 70°C não causou dano à germinação, mas a temperatura de 80°C, observou-se uma redução acentuada na germinação.

SPINA & CARVALHO (1986) relataram que a qualidade fisiológica de um lote poderia ser razoavelmente bem avaliada usando-se o teste padrão de germinação, desde que o lote apresentasse alta homogeneidade. Entretanto, se o mesmo apresentar alto grau de heterogeneidade, o teste padrão de germinação apresentaria baixa sensibilidade e, nesse caso, os testes de vigor representarão melhor desempenho do lote no campo.

## **2.4.2 – Testes de vigor**

Os testes de vigor servem para identificar possíveis diferenças significativas na qualidade fisiológica de lotes que apresentam poder germinativo semelhante. Eles são utilizados para complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação (MARCOS FILHO et al., 1987; DELOUCHE, 2002).

De acordo com AOSA (1983), o vigor das sementes envolve características que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme e para o desenvolvimento de plântulas normais sob uma ampla faixa de condições ambientais.

Sementes com baixo vigor apresentam baixa emergência (MARCOS FILHO, 1981). Porém, se não houver redução drástica no estande, diferenças no vigor não afetam a produção de grãos (TEKRONY & EGLI, 1991).

Os testes de vigor são capazes de identificar as diferenças na qualidade fisiológica das sementes e no potencial de desempenho no campo. Alguns testes, como a velocidade de germinação, o envelhecimento acelerado, a condutividade elétrica, o teste de frio, a deterioração controlada, a germinação a baixa temperatura e o tetrazólio, são mais usados (UNESP RURAL, 1999).

O método do envelhecimento acelerado, baseia-se no fato de que lotes de sementes com alto vigor manterão sua viabilidade (germinação) quando submetidos, durante curtos períodos de tempo, a condições de altas temperatura e umidade relativa em uma câmara apropriada, enquanto que os de baixo vigor terão sua viabilidade reduzida nas mesmas condições. A temperatura, umidade relativa e o tempo de permanência das sementes na câmara, ainda não foram estabelecidos para todas as espécies cultivadas, mas em geral, as condições utilizadas são umidade relativa de aproximadamente 100% e temperatura de 40 a

45°C. O tempo de permanência varia de poucas horas até alguns dias, dependendo da espécie e de seu estado fisiológico (MARCOS FILHO et al., 1987).

BORBA et al. (1998) usaram o teste do envelhecimento acelerado para avaliar o vigor de sementes de milho colocadas para secar ao sol, até atingirem cerca de 13% de umidade, e observaram que o período de secagem não afetou o vigor das sementes.

POPINIGIS (1985) afirma que o teste de envelhecimento acelerado é eficiente na comparação do vigor entre lotes de sementes, na estimativa do potencial de desempenho da semente em condições de campo e na determinação da capacidade potencial de armazenamento de lotes de sementes.

Segundo WOODSTOCK (1973), a avaliação do vigor de sementes pode ser útil para o agricultor sob vários aspectos, tais como permitir a decisão sobre a compra de determinado lote, ajudar na definição de que lote deverá ser utilizado no início da estação de plantio, que quantidade de sementes deve ser utilizada por área e que uniformidade pode-se esperar para a população de plantas por área.

## **2.5 – Qualidade Industrial do Trigo**

Nos grãos, a qualidade é identificada principalmente por parâmetros como peso específico (peso hectolítrico), massa de 1000 grãos, cor, impurezas, consistência do endosperma (dureza), teor de água, cinzas, proteínas, índice de queda (“Falling Number”) e índice de sedimentação SDS (que estima a força do glúten) (HALVERSON & ZELENY, 1988).

Segundo GUARIENTI & DEL DUCA (1997), podem ser considerados de boa qualidade, os grãos que são bem formados, com bom enchimento, livres de doenças, não apresentando manchas ou defeitos de coloração.

A secagem, quando conduzida de forma inadequada, pode alterar a coloração dos grãos, sendo classificados como grãos queimados (são grãos inteiros ou quebrados que apresentam a coloração do endosperma diferente da original, no todo ou em parte, devido à ação de temperaturas elevadas). Esses grãos quando comercializados são considerados como defeituosos (BRASIL, 1999; GUARIENTI & DEL DUCA, 1997).

Grãos secos de modo inadequado também apresentam maior tendência à quebra quando movimentados ou transportados. Um dos principais danos sofridos pelos grãos durante o processo de secagem é a rachadura em seu interior, sem ocorrência de ruptura em suas camadas mais externas. Além da temperatura do ar de secagem, outros fatores podem provocar essa susceptibilidade à quebra, tais como o teor de água inicial dos grãos, o sistema de secagem utilizado, e a taxa de resfriamento (SILVA et al., 1995c).

De acordo com ATHIÉ et al. (1998), grãos com teor de água inicial elevado devem ser secos sob baixas temperaturas (40 a 60°C) para que seja possível a migração de umidade do interior para a superfície. Caso contrário, a incidência de quebras e de trincamento é elevada. O emprego de altas temperaturas de secagem provoca secagem rápida e intensa da superfície do grão, ocasionando endurecimento superficial, que impede a evaporação da umidade contida em seu interior.

Segundo DALBELLO (1995), o percentual de grãos trincados é um indicativo de qualidade e pode ser associado às variações das condições de secagem dos produtos. O autor observou uma tendência do aumento do percentual de grãos trincados com o aumento da temperatura, fluxo de ar de secagem e teor de água inicial do grão de milho-pipoca.

A qualidade do trigo também pode ser definida como o resultado da interação do potencial genético do grão e dos efeitos das condições de solo e de clima, da incidência de

pragas e doenças, do manejo da cultura, bem como das operações de colheita, de secagem e de armazenamento. A moagem e a industrialização (escolha dos tipos de equipamentos industriais, dos métodos de elaboração dos produtos finais, dos tipos de produtos a serem fabricados, do tempo de prateleira, etc.) influenciam sobremaneira na expressão de qualidade industrial, classificando esse cereal como de baixa, média ou alta qualidade (GUARIENTI, 1996).

## **2.5.1- Principais testes físico-químicos**

### **2.5.1.1- Peso do Hectolitro (PH)**

O peso do hectolitro é a medida tradicional de comercialização do trigo em vários países e expressa indiretamente atributos de qualidade dos grãos, em especial aqueles relacionados com a moagem. Na determinação do peso do hectolitro, estão associadas características do grão, como forma, textura do tegumento, tamanho e peso, e as características extrínsecas ao material, como a presença de palha, terra e outras matérias estranhas. Valores muito baixos de PH podem indicar ocorrência de problemas na lavoura, que tenham afetado o enchimento dos grãos e sua qualidade (GUARIENTI, 1996). Na Tabela 2, encontra-se a classificação da qualidade do grão segundo valores do hectolitro.

TABELA 2: Classificação da qualidade do grão segundo valores de peso do hectolitro.

<b>Classificação</b>	<b>Peso do hectolitro (kg/Hl)</b>
Extrapesado	≥ 84
Muito pesado	80 – 83
Pesado	76 – 79
Médio	72 – 75
Leve	68 – 71
Muito leve	64 – 67
Extraleve	60 - 63

Fonte: Williams et al. (1988), citados por GUARIENTI (1996).

Segundo SILVA et al. (1995c), o peso do hectolitro (densidade granular) geralmente sofre alterações durante o processo de secagem. A intensidade dessa mudança depende do teor de água inicial e final do produto, temperatura de secagem, variedade dos grãos, tipo e quantidade de impurezas e intensidade de danos. Sob condições normais, quanto menor o teor de água do produto, maior será seu peso do hectolitro. A secagem excessiva de um produto a temperaturas muito elevadas danificará o material que, conseqüentemente, terá um menor peso do hectolitro.

### **2.5.1.2– Composição química**

Segundo EL-DASH et al. (1982), a composição química dos cereais varia amplamente dependendo do ambiente, solo e variedade. Dentre os constituintes do trigo, as proteínas e carboidratos são os principais componentes, em virtude de suas características especiais.

Na qualidade do trigo estão envolvidos, principalmente, os componentes do grão, como amido, proteína, ácido pantotênico, riboflavina e minerais localizados no endosperma, que representam 82% do peso do grão. No embrião, encontram-se principalmente proteínas, açúcares e lipídios, sendo que as proteínas são consideradas mais importantes do ponto de vista da panificação (POMERANZ, 1988). Tradicionalmente, as proteínas são divididas em dois grupos, um deles formado pelas albuminas e globulinas (não formadoras de glúten), representando 15% das proteínas totais e o outro, formado pela gliadina e glutenina (formadoras de glúten), que compreendem os restantes 85% das proteínas (EL-DASH et al., 1982). As duas primeiras têm funções fisiológicas, pois contém enzimas que se ativam durante o processo germinativo (HOSENEY, 1990). O excesso destas duas frações no processo da panificação produz destruição da estrutura interna da massa, causando perda de gás carbônico,

formado durante a fermentação, e promovendo uma falta de homogeneidade de textura interna do pão. As outras duas frações, gliadinas e gluteninas, constituem a proteína de armazenamento cuja missão no processo germinativo é fornecer aminoácidos para a síntese de novas proteínas. No processo de panificação são as responsáveis pela formação de uma estrutura macroprotéica denominada *glúten*.

O glúten é constituído pelas frações hidratadas de gliadinas e gluteninas e pelo resíduo protéico. As gliadinas conferem extensibilidade, enquanto as gluteninas e o resíduo protéico, elasticidade a massa. O glúten é responsável pela estrutura do pão, formando uma rede elástica e contínua que retém o gás carbônico liberado durante o processo de fermentação da massa pelas leveduras, permitindo, assim, sua expansão (MANDARINO, 1993). A elasticidade é uma propriedade característica do glúten de trigo próprios para a panificação e, segundo HOSENEY (1990), nenhum outro cereal apresenta proteínas com capacidade para a formação de massa como a do trigo.

A composição química de grãos e sementes é afetada principalmente pelo local de plantio, pelas condições ambientais, pelas práticas culturais e pelo genótipo (MANDARINO, 1994). ATHIÉ et al. (1998) afirmam que as condições de secagem tem efeito significativo sobre a qualidade do grão. O aumento da temperatura de secagem do grão a níveis superiores àqueles necessários para evaporação da umidade provoca danos físicos, descoloração do produto e redução do teor de amido, óleo e proteína. Para que não hajam alterações químicas e tecnológicas, a secagem de trigo deve ser conduzida sob rígido controle de temperatura. Farinhas e produtos derivados de grãos termicamente danificados apresentam alterações em suas características e redução de sua qualidade para consumo e processamento. O calor excessivo provoca a desnaturação de proteínas e alterações na atividade enzimática, principalmente da  $\alpha$ -amilase,  $\beta$ -amilase e proteases. Pães produzidos a partir de matéria-prima

danificada termicamente durante a secagem estão sujeitos a alterações de seus padrões de qualidade, tais como volume, maciez e crocância.

As condições de secagem de grãos podem variar em função do produto a ser seco e da finalidade a que se destina o produto. Os componentes nutricionais, como carboidratos, proteínas e vitaminas, reagem diferentemente ao tratamento de secagem, sendo que as proteínas são as mais sensíveis ao calor.

O conteúdo protéico, bem como os demais componentes não protéicos do grão, são expressos em porcentagem. Normalmente, o teor de proteína é determinado pelo método de Kjeldahl, determinando-se o teor de nitrogênio, que é expresso em porcentagem de proteína, através de um fator de conversão. Esse fator de conversão é variável em função do produto (MANDARINO, 1993).

Segundo MANDARINO (1993) e GUARIENTI (1996), existem métodos mais modernos e mais rápidos para determinar o teor de proteínas, como os métodos que baseiam-se na reflectância das radiações do infravermelho próximo (NIR) e ressonância magnética nuclear (RMN).

### **2.5.1.3- Número de Queda (“Falling Number”)**

O teste de “Falling Number” tem por finalidade verificar a atividade da enzima alfa-amilase do grão, a fim de detectar danos causados pela germinação na espiga. Com o início da germinação, ocorre um incremento da atividade das enzimas  $\alpha$  e  $\beta$ -amilase. Esse acréscimo de produção da  $\alpha$ -amilase provoca a sacarificação das moléculas de amido durante o processo de fabricação do pão, resultando em pães com textura interna pegajosa e úmida. Por outro lado, a baixa atividade da enzima  $\alpha$ -amilase afeta negativamente a panificação, resultando em produto

final com textura seca e quebradiça (Perten, 1967 citado por GUARIENTI, 1996). Na Tabela 3, é apresentada a classificação da qualidade do grão de acordo com valores de “Falling Number”.

O “Falling Number” fundamenta-se na rápida gelatinização do amido presente numa suspensão aquosa de farinha quando submetido a tratamento térmico em banho-maria fervente e na subsequente liquefação do gel formado pela ação da alfa-amilase presente na amostra. Portanto, a atividade da  $\alpha$ -amilase é determinada usando o amido da própria amostra como substrato (PIZZINATO & CAMPAGNOLLI, 1992).

TABELA 3: Classificação da qualidade de trigo de acordo com os valores do número de queda “Falling Number”.

<b>Classificação</b>	<b>Falling Number (segundos)</b>
Alta atividade enzimática	$\leq 200$
Atividade enzimática ideal	201 – 350
Baixa atividade enzimática	$\geq 351$

Fonte: Perten (1964), citado por GUARIENTI (1996).

#### **2.5.1.4- Teste de sedimentação de Zeleny (Força do Glúten)**

O teste de Zeleny estima o potencial de panificação (força do glúten) de um cultivar. O método é baseado na capacidade de embebição de água das proteínas formadoras de glúten, quando submetidas à desnaturação parcial por solução diluída de ácido láctico. Os valores de sedimentação são influenciados pela quantidade e pela qualidade do glúten. Dessa forma, o resultado do teste depende de todos os fatores que influenciam a quantidade e a qualidade do glúten, ou seja, fatores genéticos e ambientais (GUARIENTI, 1996).

## 2.5.2- Principais testes tecnológicos

### 2.5.2.1- Alveografia

A alveografia é um teste reológico usado em vários países da Europa, em especial na França, para a determinação de características qualitativas da farinha. Neste teste, é preparada uma massa de farinha de trigo e solução de cloreto de sódio, considerando a absorção padrão de água de 56% e tendo o procedimento de mistura e preparo da massa padronizados. Com a massa, é feito um pequeno disco de circunferência e espessura uniformes e, posteriormente, é inflada, sob pressão constante, uma quantidade de ar suficiente para a formação de uma bolha de massa até a sua extensão total e conseqüente ruptura (Faridi, 1985 citado por GUARIENTI, 1996).

Este teste é realizado no alveógrafo de Chopin, que simula, graficamente, o comportamento da massa durante a etapa de fermentação no processo de panificação (MANDARINO, 1993). A partir desse gráfico, obtém-se índices como: “W”, que é representado pela superfície da curva e indica a força de panificação da farinha; “P”, que é o valor máximo obtido no eixo das ordenadas e representa a tenacidade da massa; e “L” que é o valor máximo do eixo das abscissas e representa a extensibilidade da massa. Na Tabela 4, é apresentada a classificação de qualidade de glúten segundo os valores de W.

TABELA 4: Classificação da força do glúten determinada pelo teste de Alveografia.

<b>Classificação</b>	<b>Força geral de glúten (10<sup>-4</sup>J)</b>
Muito fraca	≤ 50
Fraca	51 – 100
Média	101 – 200
Média forte	201 – 300
Forte	301 – 400
Muito forte	≥401

Fonte: Williams et al. (1988), citados por GUARIENTI (1996).

### **2.5.2.2- Viscosidade**

A viscosidade é um fator importante no controle da qualidade da farinha e do pão. O uso adequado de alfa-amilase na tecnologia de cereais permite a modificação da qualidade de determinadas farinhas e a obtenção de diversos produtos, com características melhoradas ou modificadas. A alfa-amilase tem efeito sobre a viscosidade e maciez da massa (BARRET, 1975). BROWN & HARREL (1994) demonstraram que a perda de qualidade do pão estava associada a uma diminuição na viscosidade da pasta.

O método realizado no Viscoamilógrafo Brabender testa uma suspensão da farinha. A presença da alfa-amilase é determinada pelo abaixamento do pico de viscosidade. No caso de baixa atividade enzimática, a curva de viscosidade será bem elevada, indicando a presença de amido disponível para a formação de gel viscoso (BARRET, 1975). Um método mais recente é o Rapid Visco-Analyser (RVA), que tem por objetivo examinar rapidamente pequenas quantidades de amostras de trigo durante a colheita, verificando a atividade da alfa-amilase. Neste equipamento a atividade da alfa-amilase é detectada através da redução da viscosidade da mistura devido à hidrólise do amido, que é gelatinizado durante o teste (Shashikumar et al., 1993, citados por FERRARI, 1997).

## **2.6 – Armazenagem**

Para a maioria das culturas propagadas por semente, a época de colheita dificilmente coincide com a época de semeadura, o que obriga a armazenagem de grãos e sementes, que é uma das etapas mais críticas para o setor produtivo e pode determinar o sucesso da comercialização do produto agrícola (AGRINOVA, 2000).

Segundo GERMANI et al. (1998), produtos como cereais geralmente necessitam ser armazenados por longos períodos. Para que estes se preservem com um mínimo de deterioração, seja esta causada por fungos, insetos ou animais, é necessário que haja um adequado sistema de armazenagem, e que este seja devidamente monitorado.

A umidade relativa e a temperatura são os fatores físicos mais importantes que afetam a qualidade da semente durante a armazenagem, sendo que a umidade relativa é o mais importante porque tem relação direta com o teor de água da semente. A temperatura ambiente e a umidade relativa nos trópicos e subtropicais são condições adversas à armazenagem de sementes e, por isso, há necessidade da redução do teor de água das sementes após a colheita (DELOUCHE et al., 1973).

Sementes e grãos são altamente higroscópicos, realizando a trocas de umidade com o ar ambiente. Eles absorvem umidade quando a pressão de vapor d'água é menor do que no ar ambiente (adsorção), e cedem umidade quando a pressão de vapor d'água no produto (sementes ou grãos) for maior do que no ar ambiente (dessorção). Esse fenômeno tende ao ponto de equilíbrio higroscópico, onde a pressão de vapor d'água no ar e no produto se igualam (NELLIST & HUGUES, 1973).

Cereais são comumente armazenados em silos, graneleiros ou sacaria. Nestas condições, é essencial que o teor de água dos grãos seja suficientemente baixo para evitar o aparecimento de fungos e dificultar a proliferação de insetos.

O trigo deve ser armazenado a uma umidade entre 11 e 13%. Se estocado acima desta faixa, a velocidade de deterioração irá depender das condições ambientais durante o período de armazenagem (GERMANI et al., 1998).

Com relação à qualidade das sementes, não há melhora durante a armazenagem. O processo de deterioração é irreversível. Para conservar sementes em bom estado, é

indispensável planejar as instalações e equipamentos necessários e o tempo de armazenagem, considerando o período em que os lotes de sementes vão permanecer nos depósitos, as condições ambientais e as características genéticas da espécie estocada (AGRINOVA, 2000).

Segundo CARVALHO & NAKAGAWA (2000), ao serem colocadas em condições de armazenagem, as sementes apresentam diferentes níveis de qualidade, em função das condições a que foram submetidas nas fases anteriores. Assim, não se pode esperar que as sementes de um lote de média qualidade apresente, durante a armazenagem, a mesma qualidade das sementes de um lote de alta qualidade.

A secagem é outra operação que, se conduzida sem os devidos cuidados, pode concorrer para reduzir o potencial de armazenagem das sementes. Os efeitos de secagem a temperaturas muito altas não são imediatos; só após algum tempo de armazenamento é que esses efeitos se tornam mensuráveis. Danos resultantes de temperaturas excessivas durante a secagem afetam principalmente a radícula das sementes (MARTINS & CARVALHO, 1994; POPINIGIS, 1985).

Os grãos e a farinha de trigo armazenados passam por processos de transformações, de natureza biológica, bioquímica e química, que muitas vezes alteram sua qualidade tecnológica. A alteração decorrente da armazenagem pode ter relação com a respiração dos grãos após a colheita e é capaz de influenciar significativamente no teor de água e na germinação (POMERANZ, 1974).

Durante a armazenagem, o trigo pode apresentar alterações no teor de água, aumento da dureza, diminuição no rendimento da moagem, pouca alteração dos teores de cinza e proteína, alteração dos componentes das variedades mais fracas. Segundo PIROZI (1995), as alterações são mais expressivas com o armazenamento da farinha de trigo do que com o armazenamento do trigo em grãos.

A deterioração durante a armazenagem do trigo pode ser promovida, em grande parte, pela ocorrência de danos mecânicos durante a colheita, o transporte e a secagem, pois os fungos atacam principalmente os grãos danificados (SILVA et al., 1995b). Esta situação é agravada por fatores ambientais adversos durante o armazenamento. O trigo armazenado em baixa temperatura está menos sujeito à deterioração, pois a velocidade das reações químicas diminui com a redução da temperatura.

A contaminação com fungos na armazenagem é um fator que, interagindo com a temperatura e a umidade, pode acelerar consideravelmente a rapidez de deterioração de grãos e sementes armazenados.

Segundo WETZEL (1987), algumas espécies de fungos que se desenvolvem durante a armazenagem, como é o caso de *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp., requerem um mínimo de umidade necessária para o seu desenvolvimento. Em geral, as espécies do gênero *Penicillium* se desenvolvem melhor em sementes com teores de água maiores do que as do gênero *Aspergillus*.

Em termos de umidade (umidade relativa e teor de água), os fungos são classificados em fungos de campo e fungos de armazenagem. Os primeiros invadem produtos com teor de água de 22-23% e em umidade relativa de 90-100%, no campo. O danos causados por estes fungos ocorrem no campo, entretanto, eles podem sobreviver por anos em sementes ou grãos armazenados com baixos teores de água e baixas temperatura (WETZEL, 1987). Já os fungos de armazenagem são aqueles que invadem produtos com teor de água de 15%, em ambiente com umidade relativa de 70-90% (SCUSSEL, 2002a).

A água dos produtos nem sempre se encontra disponível para os fungos contaminantes. A presença de solutos e íons, colóides hidrófilos, etc., impedem que a água seja diretamente utilizada. Nestas condições, a água disponível é normalmente relacionada com a atividade de

água ( $a_w$ ). A atividade de água é definida como o quociente entre pressão externa de vapor de água do produto analisado e a pressão de vapor de água pura, na mesma temperatura (MOHSENIN, 1986; CARVALHO, 1997; SCUSSEL, 2002b).

Apesar da tecnologia disponível, grãos e sementes armazenados são perdidos pelo ataque de insetos, roedores e deterioração por fungos. A armazenagem adequada constitui uma etapa importante para a manutenção da qualidade inicial de grãos e sementes.

### 3-MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 – Experimento de campo

As sementes/grãos foram obtidas em experimento instalado em junho de 2001, no Instituto Agronômico de Campinas, fazenda Santa Elisa (solo latossolo roxo).

Foram utilizados dois genótipos de trigo comum (*Triticum aestivum* L), um com dormência na espiga (IAC-24), colhido com 30,0 (1ª colheita), com 21,4 (2ª colheita) e com 12,2% de água (3ª colheita) e um sem dormência na espiga (IAC-289), colhido com 35,0 (1ª colheita), com 23,4 (2ª colheita) e com 12,5% de água (3ª colheita); e um genótipo de trigo duro (*Triticum durum* L.) sem dormência (IAC-1003), colhido com 31,6 (1ª colheita), com 22,2 (2ª colheita) e com 11,7% de água (3ª colheita).

Adotou-se o esquema de parcelas sub-divididas, sendo as parcelas de 12x100 (1200m<sup>2</sup>), constituídas por três épocas de colheita e as subparcelas, de 12x30m (360m<sup>2</sup>), pelos três genótipos de trigo, para a obtenção de sementes com diferentes umidades. Cada sub-parcela constou de 80 linhas de 30m de comprimento, espaçadas de 0,16m uma da outra.

As adubações de P e K e micro-nutrientes foram baseadas na análise do solo dos experimentos e na tabela de recomendação de adubação para a cultura do trigo de sequeiro e irrigado, para o Estado de São Paulo (CAMARGO & FELÍCIO, 1985; CAMARGO et al., 1992; IAC, 1996). A adubação com fósforo, potássio, zinco e boro para todas as subparcelas, foram nas formas de superfosfato simples, cloreto de potássio, sulfato de zinco e bórax, respectivamente. O nitrogênio foi aplicado 1/3 no sulco de semeadura e 2/3 decorridos mais ou menos 40 dias após a emergência das plântulas (CAMARGO et al., 1992).

Foi realizada uma única pulverização preventiva com fungicida propiconazole para evitar o ataque de fungos na parte aérea das plantas.

Após a colheita foram retiradas amostras de trigo de acordo com a época de colheita, e enviadas ao Laboratório da Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP para os testes de secagem e qualidade das sementes, posteriormente ao Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos da Faculdade de Engenharia de Alimentos - UNICAMP, para testes de qualidade do grão, ao CETEA do ITAL para a atividade de água e ao Laboratório de Fitopatologia do Centro de Fitossanidade do IAC para os testes de sanidade.

### **3.2- Colheita de grãos e sementes**

Os grãos e sementes foram colhidos mecanicamente em três épocas, e divididos em amostras para serem submetidos aos testes de secagem (apenas para a 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> colheita) e testes de qualidade para sementes e grãos, antes e imediatamente após a secagem e durante a armazenamento. Após a colheita e antes da secagem, o trigo foi colocado em sacos de polietileno e armazenados a 5°C.

### **3.3- Procedimento experimental de secagem**

#### **3.3.1- Secagem artificial de sementes e grãos de trigo**

Os testes de secagem foram realizados no Laboratório de Secagem da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP. Para cada tratamento de secagem foram usados aproximadamente 30kg de produto.

#### *Secador*

Foi utilizado um secador de madeira de camada fixa em escala de laboratório (Figura 3), com sistema de secagem em coluna de base quadrada. O secador constituiu-se de 3 colunas

de secagem, cada uma com 5 bandejas teladas móveis contendo o produto, nas quais foram realizados os controles da temperatura e umidade durante o processo.

Junto ao secador, há um ventilador centrífugo, com pás voltadas para trás conjugado com um motor de 1HP de potência e rotação de 3400rpm. A conexão do ventilador com a câmara de secagem foi feita através de um duto de madeira de secção quadrada, contendo um jogo composto por três resistências elétricas de 1000w cada.

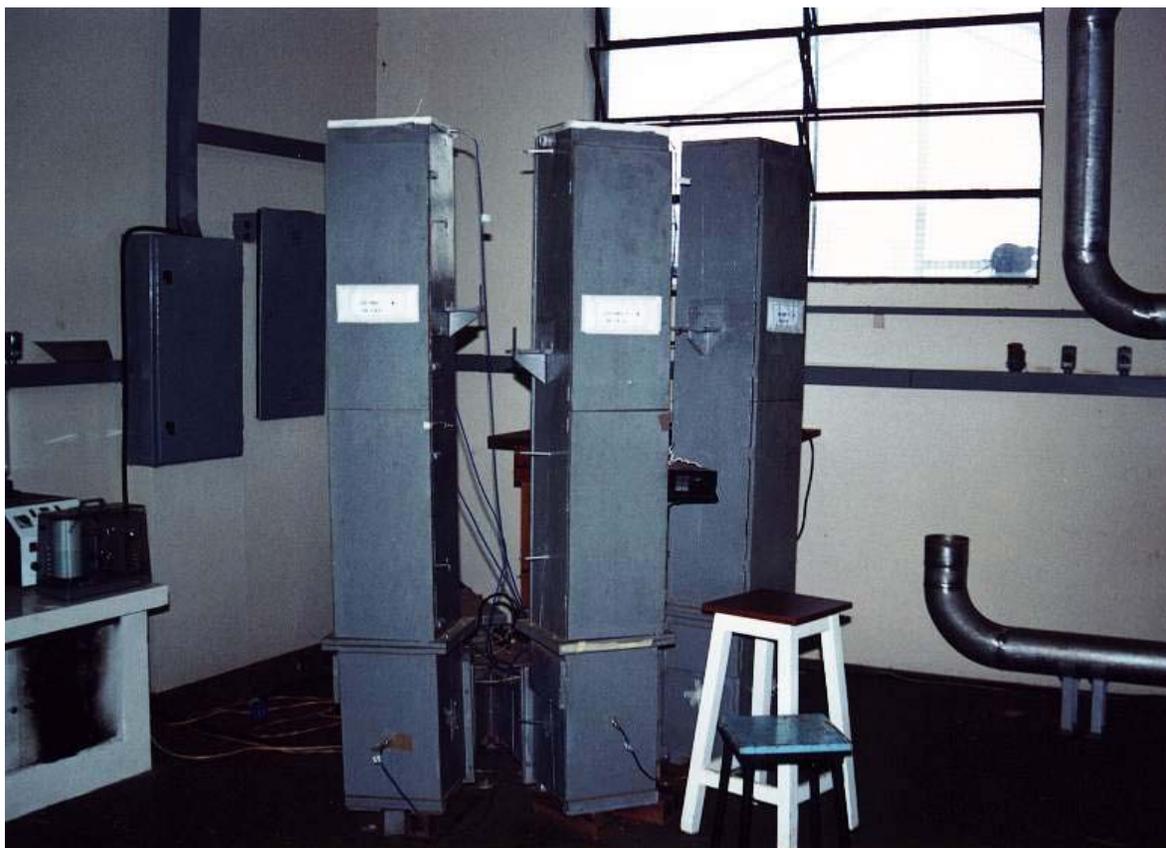


FIGURA 3: Secador de madeira com três colunas.

#### *Temperaturas e umidade do ar*

As temperaturas do ar de secagem foram de 40, 60 e 80°C, controladas no plenum do secador, utilizando-se um termômetro e termopares ligados a um termostato, que acionam as resistências para manter a temperatura de secagem estabelecida. A temperatura e umidade

relativa ambiente foram registradas por um termohigrógrafo instalado próximo a entrada de ar do ventilador.

#### *Fluxo do ar*

O fluxo de ar foi de aproximadamente  $21\text{m}^3/\text{min}^{-1}\text{m}^{-2}$ , controlado na entrada do ventilador por um dispositivo de madeira tipo comporta, e sua velocidade foi obtida através de um anemômetro com precisão de  $\pm 2\%$ , com leitura digital, na saída de ar do secador.

#### *Teor de água do produto*

As amostras foram coletadas aleatoriamente, 24 horas antes do início de cada teste de secagem e determinada a umidade inicial das mesmas. A determinação do teor de água foi feita pelo método da estufa a  $105^\circ\text{C}$  por 24 horas (BRASIL, 1992). O valor do teor de água inicial foi o ponto de referência para o controle do teor de água final na secagem do produto.

Antes de iniciar o processo de secagem, as bandejas mais o produto úmido foram pesados em balança semi-analítica com precisão de 0,01g e depois colocadas no secador. O teor de água do produto, durante o período de secagem, foi obtido pela diferença de peso do produto nas bandejas. A pesagem das bandejas foi feita em intervalos de 30 minutos, até que o produto atingisse uma umidade média de 13% nas bandejas; quando as resistências foram desligadas e iniciou-se o procedimento de resfriamento até que a temperatura da massa de grãos fosse semelhante à temperatura ambiente.

#### *Energia requerida*

A energia requerida para a secagem do trigo nas diferentes condições, foi determinada através do software PSIPROC, desenvolvido por BIAGI & SILVA (1990), que é um programa de cálculo de propriedades psicrométricas, também usado para simular os processos de aquecimento, resfriamento, umidificação e mistura de dois ares e com as especificações do ventilador utilizado. Para o cálculo da energia requerida, foi usado um valor de pressão barométrica de 706,5mmHg e o valor de kwat/h de R\$0,30175.

### **3.4-Armazenagem**

Após a secagem, o trigo foi armazenado no Laboratório de Tecnologia Pós-colheita da UNICAMP em sacos de polietileno de 0,10mm de espessura com capacidade de 10kg, por um período de três dias (para homogeneização da amostra) e depois separados em sacos duplos de polietileno com espessura de 0,10mm e capacidade de 2kg, e mantidos em câmara fria à  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , com umidade relativa média de aproximadamente  $90 \pm 5\%$ . Foram retiradas amostras aleatórias com 0, 2, 4, 6 e 8 meses, para avaliação da atividade de água, teste de sanidade, qualidade de grãos e sementes, e composição centesimal.

### **3.5- Atividade de água**

A atividade de água foi determinada logo após a secagem e em todos os períodos de armazenagem, no Centro de Tecnologia de Embalagem (CETEA), do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), com três subamostras, que foram moídas em moinhos de disco, sendo a determinação da atividade de água ( $a_w$ ) realizada em um higrômetro baseado em psicrometria de marca DECAGON – Aqualab, com resolução de 0,001. Este equipamento é acoplado a um

banho termostatzado, de marca Brookfield, modelo TC 500, com resolução de 0,1°C. As determinações foram feitas a 25±0,3°C.

### **3.6-Teste de Sanidade**

As análises de sanidade foram realizadas no Laboratório de Fitopatologia do Centro de Fitossanidade do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), logo após a secagem e em todos os períodos de armazenagem. A sanidade das sementes foi avaliada utilizando-se o método do papel de filtro ("blotter test") com congelamento, de acordo com a metodologia recomendada para sementes de trigo (LUZ, 1987; MACHADO, 1988; SAPASEM, 1988). Para cada tratamento foram analisadas 400 sementes (4 subamostras de 100 sementes). Até o momento de sua utilização, as sementes permaneceram em câmara fria a  $\pm 14^{\circ}\text{C}$ , e não sofreram qualquer tipo de tratamento. As sementes foram distribuídas, equidistantes entre si, sobre três folhas de papel de filtro umedecidas com água destilada esterilizada, contidas em placas de Petri de 9cm de diâmetro. Em cada placa foram colocadas 25 sementes. A seguir, foram incubadas, em sala com temperatura de  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , em regime intermitente de 12 horas de luz fluorescente branca, de 40w, e 12 horas de escuro, durante 24 horas. A luz foi fornecida por tubos de 120cm de comprimento em paralelo, distantes 20cm um do outro e 40cm acima das placas. Em seguida, as sementes foram submetidas ao congelamento, à temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ , durante 24 horas, retornando, após esse período, à sala de incubação, onde permaneceram mais cinco dias.

O congelamento a  $-20^{\circ}\text{C}$  por 24 horas teve por finalidade impedir a germinação das sementes, matando o embrião, sem interferir na população dos microrganismos presentes. Esse procedimento é necessário, pois durante a condução do teste, os coleótilos e plúmulas, ao se

desenvolverem, podem levantar as tampas das placas de Petri, comprometendo a vedação e a manutenção da umidade no interior das mesmas e interferindo nos resultados (REIS & CASA, 1998).

As avaliações foram realizadas pelo exame individual de cada semente em estereomicroscópio (lupa) e, quando necessário, a identificação dos fungos foi confirmada pela observação de lâminas em microscópio composto e consulta à literatura pertinente (NATH et al., 1970; BARNETT & HUNTER, 1972; CHIDAMBARAM et al., 1973; LUZ, 1987; WIESE, 1977; REIS & CASA, 1998).

### **3.7-Qualidade física e fisiológica das sementes**

Os testes de qualidade das sementes foram realizados antes e logo após a secagem e em todos os períodos de armazenagem, no Laboratório de Tecnologia Pós-colheita da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, com três repetições.

#### **3.7.1- Qualidade inicial**

Após a 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> colheita, antes do processo de secagem, foram realizados testes de germinação e vigor (crescimento de plântulas e envelhecimento acelerado), para avaliar a qualidade inicial das sementes logo após a colheita.

#### **3.7.2- Teor de água**

Determinou-se o teor de água pelo método da estufa a 105°C, durante 24 horas (BRASIL, 1992).

### **3.7.3- Massa de mil sementes**

Conduzido com 8 subamostras de 100 sementes, de acordo com as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

### **3.7.4- Teste de germinação**

Foi realizado com 200 sementes (4 subamostras de 50 sementes), em rolo de papel umedecido com água destilada, em uma quantidade de duas vezes e meia o peso do papel-substrato. O teste foi conduzido a uma temperatura de 20°C na presença de luz, com contagem única no oitavo dia (BRASIL, 1992). Após a contagem, foi realizado o teste de tetrazólio com as sementes remanescentes. Neste teste, as sementes foram imersas em sal de tetrazólio a 0,1% e mantidas em incubadoras por 4 horas a 25°C, e depois feita a leitura, determinando-se as sementes viáveis. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais e germinação total (considerando plântulas normais, anormais, desenvolvimento tardio e sementes viáveis).

### **3.7.5- Envelhecimento acelerado (vigor)**

Realizado com 200 sementes (4 subamostras de 50 sementes). As sementes foram colocadas em caixas gerbox com telas e mantidas em uma incubadora (BOD) à 42°C/48h e aproximadamente 100% de umidade relativa do ar, conforme descrito por MARCOS-FILHO et al. (1987). Posteriormente, as sementes foram submetidas ao teste de germinação segundo BRASIL (1992). Após o teste de germinação, foi realizado o teste de tetrazólio com as sementes remanescentes. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais

e germinação total (considerando plântulas normais, anormais, desenvolvimento tardio e sementes viáveis).

### **3.7.6- Crescimento de plântulas (Vigor)**

Foi conduzido com quatro subamostras de 10 sementes, em rolos de papel toalha Germitest, à temperatura constante de 20°C. As mensurações das plântulas foram realizadas no oitavo dia. O volume de água para a embebição foi o equivalente a duas vezes e meia o peso do papel-substrato.

## **3.8- Qualidade dos grãos**

As determinações das propriedades tecnológicas de grãos e farinha de trigo foram realizadas logo após a secagem e em todos os períodos de armazenagem, no Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos da Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, em triplicatas (menos o teste do item 3.8.5, devido a falta de quantidade suficiente de produto).

Para a obtenção da farinha, foi realizada a moagem de aproximadamente 1,5kg de grãos por amostra, em moinho de rolos Brabender, modelo Quadrumat Sênior.

### **3.8.1- Peso do hectolitro (PH)**

Relaciona a massa em kg equivalente a um volume de 100 litros de grãos. O PH foi determinado em Balança Dalle Molle (sistema Schoper), de acordo com as especificações do fabricante (Dalle Molle).

### **3.8.2- Teor de glúten úmido**

Determinado segundo método (38-12) da AACC (1995), utilizando aparelho GLUTOMATIC, modelo 2200, acompanhado de centrífuga e da chapa secadora Glutork (Perten Instruments, Suécia).

### **3.8.3- Número de queda (“Falling Number”)**

Realizado segundo método (56-81B) da AACC (1995), utilizando aparelho “Falling Number” (Perten Instruments, Suécia). O método baseia-se na capacidade das enzimas amilolíticas, presentes na farinha, em liquefazer uma suspensão de amido gelatinizado. Quanto maior a concentração de enzimas maior é o efeito desta sobre o amido e portanto, menor será sua viscosidade. Esta viscosidade é medida pelo tempo que uma haste consegue passar através desta suspensão, medida em segundos, lido diretamente no aparelho.

### **3.8.4- Viscosidade**

A viscosidade de suspensão da amostra foi determinada utilizando-se o Rapid Visco Analyser (NEWPORT SCIENTIFIC, 1995). Considerou-se a viscosidade máxima, que é o valor máximo alcançado pela curva amilográfica.

### **3.8.5- Propriedades de extensão da massa**

Segundo método (54-30A) da AACC (1995), utilizando alveógrafo CHOPIN (Trippete & Renauld, França), modelo 8120, acoplado a um RCV-4 da mesma marca. Esta análise

verifica as propriedades elástica e de extensibilidade da massa, considerando-se apenas os valores:

- Tenacidade (P) e extensibilidade (L), obtendo-se a relação P/L.
- Força do glúten, energia de deformação da massa ou trabalho de deformação (W) – é o trabalho mecânico total utilizado no processo e é expresso em  $10^{-4}$  Joules e calculado pela fórmula:

$$W = 6,54 \times S, \text{ onde:}$$

$$S = \text{área sob a curva média}$$

$$6,54 = \text{fator de conversão}$$

### **3.9 Composição Centesimal**

As análises de composição centesimal foram realizadas logo após a secagem e em todos os períodos de armazenagem, no Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos e da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA), UNICAMP. As análises foram realizadas em triplicatas, com os grãos moídos em moinhos de disco, e os resultados foram apresentados em porcentagem de matéria seca.

#### **3.9.1 Proteínas**

A determinação da fração protéica foi realizada pelo método micro-Kjedahl, empregando-se um fator de conversão de nitrogênio igual 6,25, conforme procedimento 930.01 da AOAC (1990).

### **3.9.2 Fibra Bruta**

A determinação do teor de fibra bruta foi realizada através do método 978.10 da AOAC (1990).

### **3.9.3 Lipídios**

A determinação do teor de extrato etéreo (EE) foi realizada utilizando-se o método Soxhlet, conforme procedimento 930.02 da AOAC (1990).

### **3.9.4 Cinzas**

A determinação do teor de cinzas (MM) foi realizada através do método 927.02 da AOAC (1990).

### **3.9.5 Carboidratos**

O teor de carboidratos foi calculado por diferença, ou seja:

$\% \text{carboidratos} = 100 - (\% \text{teor de água} + \% \text{proteínas} + \% \text{lipídios} + \% \text{cinzas} + \% \text{fibra})$ .

### **3.10-Análise Estatística**

A análise estatística dos resultados foi realizada utilizando-se o programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas), versão 8.0, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa.

Os resultados de qualidade de sementes expressos em porcentagem, como germinação e envelhecimento acelerado (vigor), foram transformados em arco seno da raiz quadrada da porcentagem dividida por cem, para normalização da distribuição.

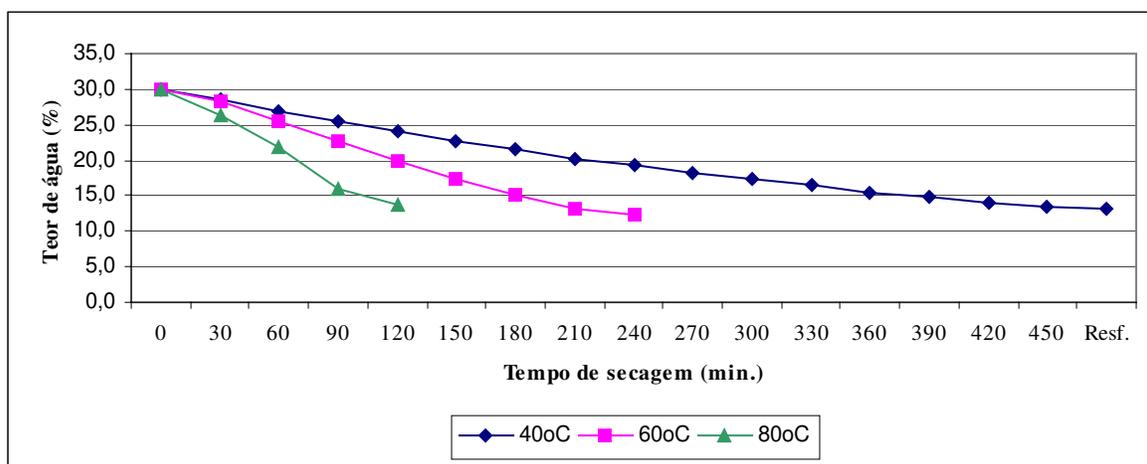
Para os resultados de atividade de água, qualidade física e fisiológica de sementes, qualidade de grãos, composição centesimal e sanidade, a análise da variância foi feita em um esquema fatorial 7x5 (7 tratamentos de colheita e secagem e 5 períodos de armazenagem). As médias dos resultados foram comparadas através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Cada genótipo foi analisado separadamente e os dados foram apresentados pelas médias originais, com aproximação decimal.

## 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

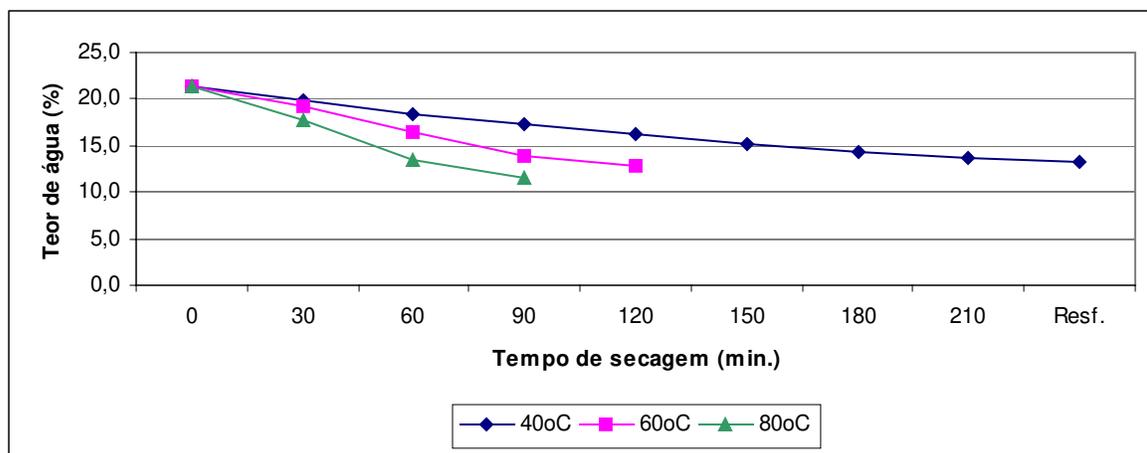
### 4.1 – Secagem

#### 4.1.1- Processo de Secagem

As curvas médias de secagem estacionária, representando a redução do teor de água do produto em função do tempo de secagem, para cada temperatura do ar de secagem das sementes e grãos de trigo comum (IAC-24 e IAC-289) e duro (IAC-1003) para a 1ª e 2ª colheita são apresentadas nas Figuras 4 a 6.

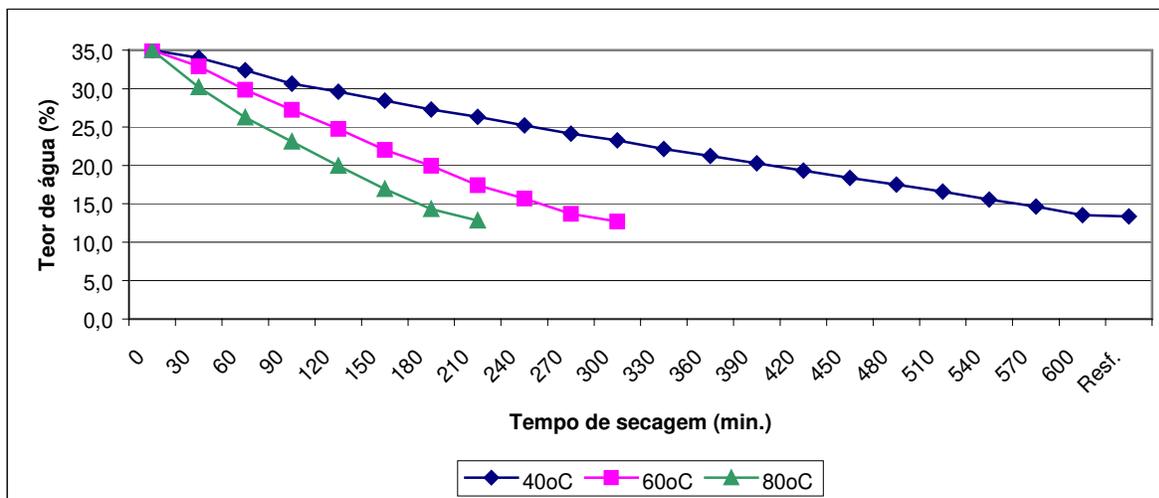


A

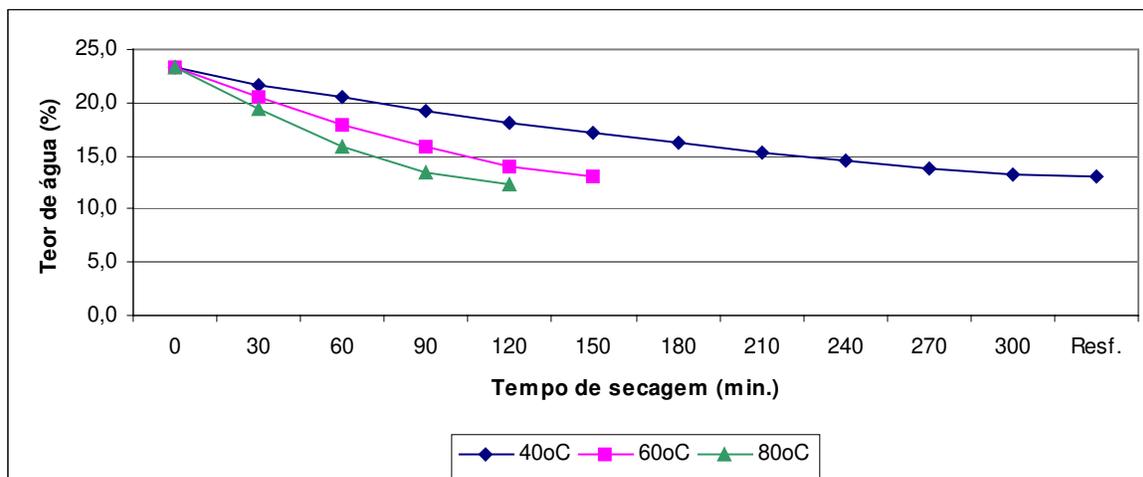


B

FIGURA 4: Curvas de secagem do IAC-24, colhido com 30,0 (A) e 21,4% (B) de teor de água.



**A**

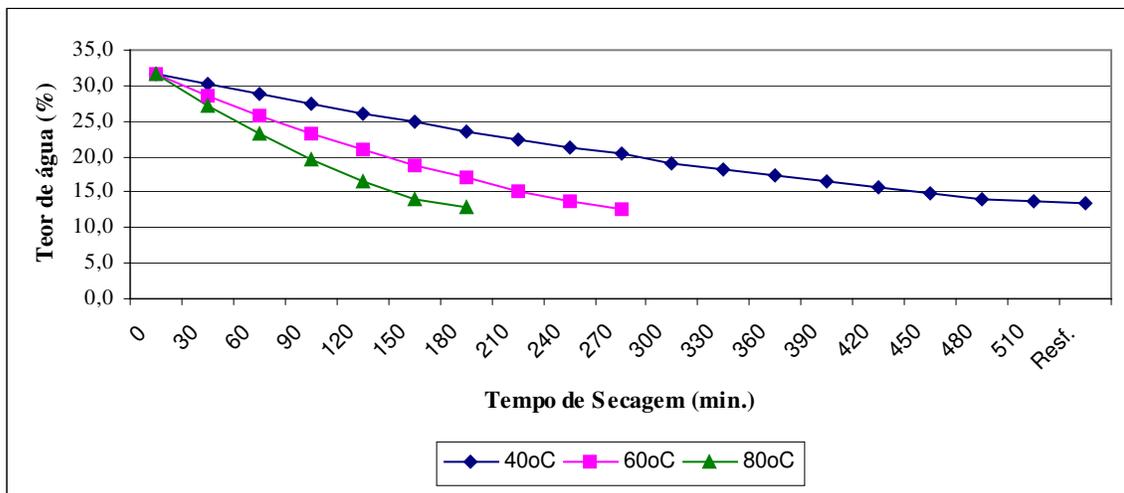


**B**

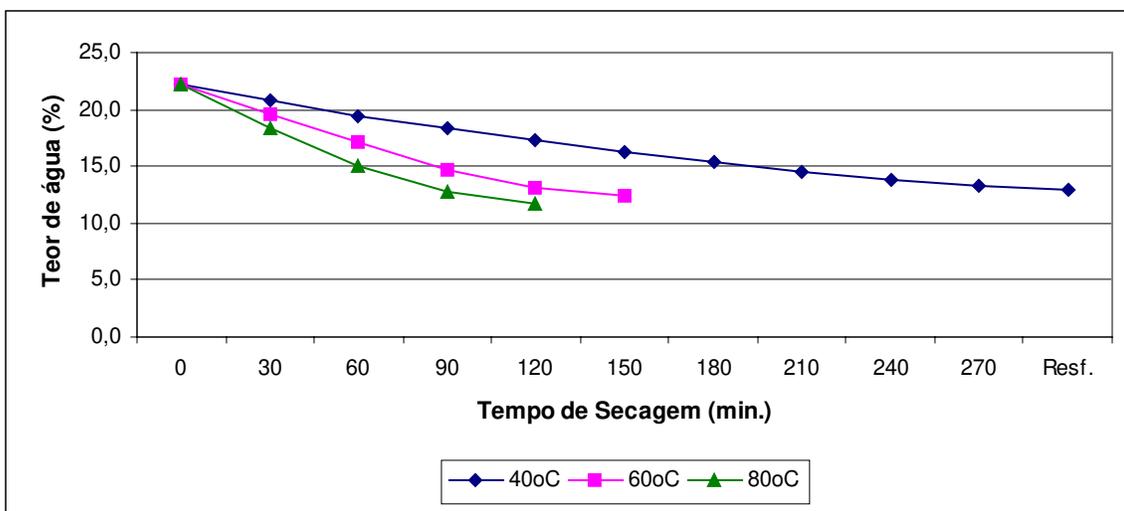
FIGURA 5: Curvas de secagem do IAC-289, colhido com 35,0 (A) e 23,4% (B) de teor de água.

Nas Figuras 4, 5 e 6 observa-se uma maior retirada de água durante as primeiras horas de secagem, que corresponde ao período de taxa constante, sendo evaporada apenas a água livre. Após as primeiras horas, a secagem apresentou velocidade decrescente, devido ao transporte interno da água ser menor do que a taxa de evaporação; desta forma, a transferência

de calor não é compensada pela transferência de massa e, conseqüentemente, há aumento da temperatura do produto (HALL, 1980).



**A**



**B**

FIGURA 6: Curvas de secagem do IAC-1003, colhido com 31,6 (A) e 22,2% (B) de teor de água.

Nas Tabelas 5, 6 e 7, são apresentados os valores médios dos parâmetros referentes ao processo de secagem estacionária, para cada temperatura do ar de secagem e cada teor de água inicial das sementes e grãos de trigo comum (IAC-24 e IAC-289) e duro (IAC-1003).

Observa-se que a velocidade de secagem aumentou com o aumento da temperatura, ou seja, menor tempo de exposição do produto ao ar aquecido para atingir o teor de água final. Além do teor de água inicial do produto, fluxo de ar e temperatura de secagem, a variação das condições ambientais (temperatura e umidade relativa) podem influenciar a eficiência do processo de secagem. Nas Tabelas 5, 6 e 7, observa-se uma variação da temperatura ambiente e umidade relativa nos ensaios de secagem para os três genótipos de trigo.

TABELA 5: Valores médios do processo de secagem para o trigo comum (IAC-24).

Parâmetros	Colheita					
	1 <sup>a</sup>			2 <sup>a</sup>		
	40°C	60°C	80°C	40°C	60°C	80°C
Temperatura de Secagem (°C)	39,8	58,3	76,6	39,9	58,4	77,1
Temperatura do produto (°C)	34,1	45,4	54,6	33,2	45,4	52,3
Temperatura Ambiente (°C)	27,3	23,4	27,0	25,8	30,5	24,7
Umidade Relativa (%)	54,6	81,4	59,5	73,1	61,3	76,3
Teor de água inicial (%)	30,0	30,0	30,0	21,4	21,4	21,4
Teor de água final (%)	13,1	12,4	13,6	13,3	12,7	11,6
Gradiente de umidade (%)	6,2	13,8	16,9	4,2	6,5	9,9
Tempo de Secagem (min)	450	210	90	210	90	60
Fluxo (m <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> )	21,5	21,7	20,6	20,8	21,6	21,1
Energia Requerida (kJ/min)	14,2	37,7	52,2	15,2	30,4	49,1
Custo (R\$/kg de produto seco)	0,06	0,07	0,04	0,03	0,02	0,02
Custo (R\$/ton de produto seco)	59,5	73,7	44,0	26,8	22,9	24,7

A temperatura média da massa de sementes durante os diferentes tratamentos de secagem variou de 33,3 a 54,6°C para o IAC-24 (Tabela 5), de 32,9 a 55,2°C para o IAC-289 (Tabela 6) e de 33,9 a 54,0°C para o IAC-1003 (Tabela 7). A temperatura média mais alta do produto foi de 55,2°C, para o IAC 289, e a temperatura mais alta do ar de secagem foi de 77,1°C, para o IAC 24.

Valores diferentes do teor de água inicial do produto e da temperatura de secagem, mostram uma variação no gradiente de umidade, que é a diferença entre os valores de umidade do trigo entre as bandejas inferior e superior da coluna de secagem. O comportamento deste

parâmetro evidencia o problema na secagem estática de grãos, ou seja, uma secagem acentuada nas camadas inferiores e menor nas camadas superiores. O aumento da temperatura do ar de secagem e do teor de água inicial do produto, tende a provocar um acréscimo do gradiente de umidade (Tabelas 5, 6 e 7).

TABELA 6: Valores médios do processo de secagem para o trigo comum (IAC-289).

Parâmetros	Colheita					
	1 <sup>a</sup>			2 <sup>a</sup>		
	40°C	60°C	80°C	40°C	60°C	80°C
Temperatura de Secagem (°C)	39,3	56,3	75,2	39,6	57,6	76,2
Temperatura do produto (°C)	32,9	43,9	53,7	33,8	46,2	55,2
Temperatura Ambiente (°C)	25,7	24,8	25,3	26,79	30,8	26,7
Umidade Relativa (%)	87,4	92,0	78,8	67,3	63,8	80,0
Teor de água inicial (%)	35,0	35,0	35,0	23,4	23,4	23,4
Teor de água final (%)	13,4	12,7	12,8	13,1	13,1	12,3
Gradiente de umidade (%)	7,9	21,6	21,8	3,9	7,4	10,7
Tempo de Secagem (min)	600	270	180	300	120	90
Fluxo (m <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> )	21,8	21,8	21,7	21,1	20,8	20,6
Energia Requerida (kJ/min)	16,0	34,9	52,3	14,9	28,8	50,3
Custo (R\$/kg de produto seco)	0,09	0,09	0,09	0,04	0,03	0,04
Custo (R\$/ton de produto seco)	89,4	87,8	87,7	37,5	28,9	37,9

TABELA 7: Valores médios do processo de secagem para o trigo duro (IAC-1003).

Parâmetros	Colheita					
	1 <sup>a</sup>			2 <sup>a</sup>		
	40°C	60°C	80°C	40°C	60°C	80°C
Temperatura de Secagem (°C)	39,7	57,9	75,5	40,1	57,7	76,5
Temperatura do produto (°C)	33,9	45,3	54,2	34,4	44,2	54,0
Temperatura Ambiente (°C)	24,9	27,3	26,4	30,2	31,1	29,5
Umidade Relativa (%)	86,9	65,4	66,0	61,7	56,4	63,5
Teor de água inicial (%)	31,6	31,6	31,6	22,2	22,2	22,2
Teor de água final (%)	13,4	12,6	12,9	12,9	13,4	12,7
Gradiente de umidade (%)	9,1	15,1	19,2	3,8	7,6	11,7
Tempo de Secagem (min)	510	240	150	270	120	90
Fluxo (m <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> )	21,8	20,2	20,9	21,4	21,4	20,7
Energia Requerida (kJ/min)	17,4	31,3	50,0	11,4	29,1	46,8
Custo (R\$/kg de produto seco)	0,08	0,07	0,07	0,02	0,03	0,04
Custo (R\$/ton de produto seco)	82,6	69,9	69,8	25,8	29,3	35,3

Com relação à energia requerida para aquecer o ar de secagem, observa-se que a secagem a 40°C, foi a que obteve o menor valor, porém nem sempre o menor custo, pois o tempo de secagem é bem maior, principalmente para a 1ª colheita (Tabelas 5, 6 e 7), onde o menor custo foi com a secagem a 80°C, para o IAC 24, e na 2ª colheita, foi a secagem a 60°C para o IAC 24 e IAC 289, e a 40°C para o IAC 1003. A energia requerida varia com as condições ambientais e do produto, ou seja, com umidade relativa alta, temperaturas ambiente mais baixas e alto teor de água inicial do produto, aumentam a energia requerida e o tempo de secagem, e conseqüentemente também o custo do processo.

#### **4.2 – Atividade de água (aw)**

Na Tabela 1A, observa-se que a interação entre os tratamentos e a armazenagem foi significativa a 1%, mas a diferença entre os tratamentos só foi observada na terceira e quarta casas decimais, portanto não foi apresentado o teste de Tukey para o desdobramento, pois as diferenças encontradas não podem ser consideradas, visto que os resultados são apresentados com apenas duas casas decimais.

Os resultados da atividade de água para o trigo comum e duro durante os oito meses de armazenagem são apresentados na Tabela 8, onde observa-se que houve uma variação significativa entre os valores médios de aw dos tratamentos e da armazenagem. Nota-se, que os três genótipos de trigo apresentaram um valor maior de atividade de água em praticamente todos os tratamentos da 1ª colheita, com exceção do IAC 24, 1ªC/40°C. Isso demonstra que as sementes colhidas com teor de água mais alto foram armazenadas, após a secagem, com maior quantidade de água livre, estando mais susceptíveis a infestação de fungos e perda da qualidade. A 3ª colheita foi a que apresentou o menor valor de aw, ou seja, menor quantidade de água livre.

TABELA 8: Atividade de água de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	Atividade de água (Aw)					
		Armazenagem (meses)					
		0	2	4	6	8	Média
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	0,69	0,71	0,72	0,70	0,71	0,705 E
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	0,76	0,77	0,77	0,75	0,77	0,765 B
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	0,81	0,82	0,81	0,81	0,82	0,815 A
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	0,73	0,73	0,73	0,70	0,74	0,727 C
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	0,70	0,71	0,73	0,70	0,73	0,714 D
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	0,65	0,60	0,70	0,66	0,75	0,672 F
	3 <sup>a</sup> C	0,60	0,60	0,62	0,59	0,62	0,606 G
	<b>Média</b>	0,707 c	0,705cd	0,726 b	0,701 d	0,734 a	
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	0,79	0,81	0,81	0,80	0,82	0,806 A
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	0,69	0,71	0,70	0,69	0,71	0,701 C
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	0,77	0,79	0,78	0,77	0,79	0,780 B
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	0,68	0,69	0,71	0,66	0,69	0,688 D
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	0,71	0,69	0,70	0,68	0,67	0,689 D
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	0,67	0,66	0,66	0,65	0,65	0,658 E
	3 <sup>a</sup> C	0,62	0,65	0,68	0,64	0,64	0,647 F
	<b>Média</b>	0,706 c	0,714 b	0,719 a	0,698 d	0,711 b	
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	0,82	0,78	0,78	0,78	0,81	0,794 B
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	0,77	0,78	0,81	0,76	0,79	0,781 C
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	0,80	0,81	0,81	0,80	0,81	0,806 A
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	0,74	0,77	0,79	0,75	0,77	0,762 D
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	0,77	0,76	0,78	0,75	0,78	0,766 D
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	0,77	0,70	0,74	0,76	0,79	0,753 E
	3 <sup>a</sup> C	0,61	0,62	0,62	0,61	0,67	0,627 F
	<b>Média</b>	0,753 c	0,746 d	0,762 b	0,743 d	0,773 a	

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A atividade de água dos genótipos de trigo mostra que a maior variação durante o período de armazenagem foi de 0,1 para o IAC 24, 2<sup>a</sup>C/80°C e 0,09 para o IAC 1003, 2<sup>a</sup>C/80°C (Tabela 8). Esses resultados demonstram que as condições de armazenagem não permitiram que houvesse um estabelecimento de equilíbrio da umidade do produto com a umidade relativa média da câmara fria, que se manteve em 95% e a uma temperatura de aproximadamente 20°C durante o período de armazenagem.

### 4.3 – Sanidade

Na Tabela 1A, são apresentados os resultados das interações significativas, bem como o nível de significância de F e os coeficientes de variação para os testes de sanidade de trigo comum ( IAC 24 e IAC 289) e duro (IAC 1003).

As incidências de *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler, *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem, *Cladosporium herbarum* (Link) Fr., *Epicoccum purpurascens* Ehr. Ex Sch. e *Fusarium* spp., são apresentadas nas Tabelas 9, 10, 11, 12 e 13. Esses fungos invadem as sementes de trigo no campo e podem diminuir gradualmente sua viabilidade durante a armazenagem.

A maior incidência de fungos de campo foi obtida para *Alternaria alternata* (Tabela 9), mas com o decorrer da armazenagem, observa-se uma redução significativa nas incidências deste fungo, com exceção do IAC 24, 2<sup>a</sup>C/60 e 80°C e IAC 289, 2<sup>a</sup>/60°C. Para os tratamentos da 1<sup>a</sup> colheita, houve uma menor incidência desse fungo, principalmente após oito meses de armazenagem, onde observa-se diferença significativa entre as diferentes colheitas nos três genótipos de trigo avaliados. Segundo SCUSSEL (2002a), a *Alternaria* é um dos fungos de campo considerado mais comum, e encontra-se principalmente sob a casca (pericarpo) de grãos de trigo levando a sua descoloração. Contudo, quando seu desenvolvimento não for intenso, pode coexistir sem causar maiores danos.

No Brasil, o fungo *Alternaria alternata* geralmente está associado a descoloração (escurecimento) dos grãos (“black point”) ou das espigas. Geralmente nos grãos manchados este fungo ocorre juntamente com espécies de *Fusarium*, *Bipolaris*, *Curvularia*, *Cladosporium* e *Epicoccum*, e possivelmente a sua ação conjunta aumenta a severidade dos sintomas (WIESE, 1977; MATHUR & CUNFER, 1993).

TABELA 9: Incidências médias do fungo *Alternaria alternata* de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos		<i>Alternaria alternata</i> (%)				
		Armazenagem (meses)				
		0	2	4	6	8
<b>IAC 24</b>	1 <sup>a</sup> C / 40°C	64,5 Ca	62,4 Ba	40,0 Cb	31,0 Ec	23,5 Dd
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	63,5 Ca	52,5 Cb	32,5 Dc	32,0 Ec	27,5 Dc
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	49,5 Da	54,0 Ca	33,5 Db	30,5 Eb	22,5 Dc
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	81,5 Aa	58,0 BCd	61,5 Bcd	63,5 Cc	67,5 Bb
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	73,0 Bab	77,5 Aa	75,0 Aab	71,5 Bb	73,5 Aab
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	67,5 BCb	75,0 Aa	78,0 Aa	80,0 Aa	77,0 Aa
	3 <sup>a</sup> C	64,0 Ca	43,0 Db	44,0 Cb	40,5 Db	42,0 Cb
<b>IAC 289</b>	1 <sup>a</sup> C / 40°C	57,5 Ca	58,5 Ca	50,0 Cb	39,5 Cc	23,5 Dd
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	63,5 ABa	47,0 Db	29,0 Dc	17,0 Dd	11,5 Ed
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	44,5 Db	50,5 Da	31,0 Dc	18,0 Dd	10,5 Ee
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	67,5 Aa	69,0 Aa	70,0 Aa	72,0 Aa	56,5 Bb
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	59,5 BCb	60,0 BCb	57,5 Bb	71,5 Aa	70,0 Aa
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	58,5 BCa	34,5 Ecd	29,0 Dd	36,0 Cc	44,0 Cb
	3 <sup>a</sup> C	57,0 Cb	65,5 ABa	67,0 Aa	56,5 Bb	52,0 Bb
<b>IAC 1003</b>	1 <sup>a</sup> C / 40°C	45,0 Ba	43,5 Ba	25,0 Db	22,0 Dbc	19,5 Dc
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	44,5 BCa	46,5 Ba	34,5 Cb	33,0 Cb	26,5 Cc
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	39,0 Ca	34,5 Ca	26,5 Db	22,5 Dbc	19,0 Dc
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	59,0 Aa	61,5 Aa	58,0 Aa	47,5 Ab	31,5 BCc
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	55,5 Ab	62,0 Aa	50,0 Bb	39,0 Bc	35,5 Bc
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	54,0 Ab	60,0 Aa	55,5 ABb	35,5 BCc	32,5 Bc
	3 <sup>a</sup> C	58,5 Aa	63,0 Aa	60,5 Aa	52,0 Ab	50,5 Ab

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

As incidências iniciais do fungo *Bipolaris sorokiniana* para o trigo comum (IAC 24 e IAC 289) e duro (IAC 1003) não foram maiores que 18% (Tabela 10), e com o decorrer da armazenagem, houve pouca variação. Para o IAC 24, nota-se uma variação durante a armazenagem, mas em nenhum tratamento se observou uma redução significativa. Já para o IAC 289 e IAC 1003, houve uma redução significativa com a armazenagem para 1<sup>a</sup>C/40 e 80°C e 1<sup>a</sup>C/40, 60 e 80°C; 2<sup>a</sup>C/80°C, respectivamente. E novamente, ao final da armazenagem,

nota-se uma redução maior para os tratamentos da 1ª colheita, principalmente para i IAC 289 e IAC 1003.

Houve uma redução significativa da incidência de *Cladosporium herbarum* (Tabela 11) com a armazenagem do IAC 24, apenas para 1ªC/60 e 80°C e 2ªC/40°C. Já o IAC 289, apresentou uma menor incidência deste fungo com a armazenagem em todos os tratamentos, com exceção da 3ªC, que apresentou um aumento nos primeiros meses de armazenagem.

TABELA 10: Incidências médias do fungo *Bipolaris sorokiniana* de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	<i>Bipolaris sorokiniana</i> (%)				
		Armazenagem (meses)				
		0	2	4	6	8
IAC 24	1ª C / 40°C	5,5 BCb	6,0 BCDb	6,0 ABb	8,0 ABa	4,5 Bb
	1ª C / 60°C	6,5 Bab	10,0 Aa	5,0 Bb	5,0 Bb	6,0 ABab
	1ª C / 80°C	5,0 BCab	8,5 ABa	5,0 Bab	5,5 Bab	4,5 Bb
	2ª C / 40°C	7,5 ABa	4,5 Db	5,0 Bab	6,5 ABab	7,0 ABab
	2ª C / 60°C	5,0 BCab	4,5 Db	6,5 ABab	8,0 ABa	6,5 ABab
	2ª C / 80°C	9,5 Aa	5,0 CDb	8,0 ABa	9,5 Aa	9,0 Aa
	3ª C	3,0 Cb	8,0 ABCa	9,0 Aa	6,5 ABa	7,5 ABa
IAC 289	1ª C / 40°C	9,5 BCab	11,5 Aa	7,5 CDbc	5,0 Cc	6,5 BCc
	1ª C / 60°C	10,0 BCa	7,0 Ba	7,0 CDa	9,0 Ba	8,0 Ba
	1ª C / 80°C	12,5 Ba	11,5 Aa	5,0 Db	6,0 BCb	4,5 Cb
	2ª C / 40°C	11,0 BCa	10,5 Aa	12,0 ABa	14,0 Aa	12,0 Aa
	2ª C / 60°C	8,5 Cc	10,5 Abc	13,0 Aab	15,0 Aa	13,5 Aa
	2ª C / 80°C	17,5 Aa	13,0 Aa	13,0 Aa	15,0 Aa	13,0 Aa
	3ª C	8,5 Cb	12,0 Aa	9,5 BCb	7,5 BCb	8,0 Bb
IAC 1003	1ª C / 40°C	8,5 Cab	10,0 Ca	4,0 Cc	5,5 Bbc	4,0 Cc
	1ª C / 60°C	12,0 ABa	8,5 Cb	6,0 BCbc	5,5 Bbc	3,0 Cc
	1ª C / 80°C	9,5 ABCa	9,5 Ca	4,5 Cb	2,0 Cb	2,0 Cb
	2ª C / 40°C	9,0 BCa	11,0 Ca	9,0 Ba	12,0 Aa	11,5 Aa
	2ª C / 60°C	8,0 Cb	15,0 Ba	9,0 Bb	10,5 Ab	10,0 ABb
	2ª C / 80°C	12,5 Abc	21,5 Aa	15,5 Ab	10,5 Acd	8,0 Bd
	3ª C	12,0 ABa	11,5 Ca	12,5 Aa	11,0 Aa	11,0 ABa

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Comportamento semelhante foi observado para o IAC 1003, onde praticamente todos os tratamentos apresentaram uma redução significativa na incidência deste fungo no final da armazenagem. Apenas os tratamentos 2<sup>a</sup>C/80°C e 3<sup>a</sup>C, não apresentaram esta redução (Tabela 11).

TABELA 11: Incidências médias do fungo *Cladosporium herbarum* de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	<i>Cladosporium herbarum</i> (%)				
		Armazenagem (meses)				
		0	2	4	6	8
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	19,5 BCa	20,0 CDa	8,5 Bb	9,5 BCb	18,5 Aa
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	25,0 Aa	29,5 Aa	20,0 Ab	18,0 Ab	6,5 Bc
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	21,5 ABa	24,5 Ba	11,0 Bb	5,0 Dc	3,0 Bc
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	16,0 Cb	23,0 BCa	19,0 Aab	11,0 Bc	6,5 Bd
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	5,5 Dc	14,5 Ea	12,0 Bab	9,0 BCbc	5,5 Bc
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	6,5 Dc	16,5 DEa	10,5 Bb	4,5 Dc	4,0 Bc
	3 <sup>a</sup> C	7,0 Db	14,0 Ea	11,5 Ba	6,0 CDb	4,5 Bb
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	22,5 Ba	12,5 Bb	8,0 Bb	3,0 Bc	2,0 Bc
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	29,0 Aa	12,0 Bb	4,0 Cc	1,0 Bd	0,5 Bd
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	19,0 Ca	20,5 Aa	8,5 Bb	2,0 Bc	1,0 Bc
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	6,5 Da	7,0 Ca	4,0 Cab	1,5 Bb	1,0 Bb
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	5,0 Db	9,5 BCa	4,0 Cb	3,0 Bbc	1,0 Bc
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	4,0 Db	8,0 Ca	3,5 Cb	1,5 Bbc	0,5 Bc
	3 <sup>a</sup> C	4,0 Dd	11,5 Bab	14,0 Aa	9,5 Abc	6,5 Ad
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	3,5 Ea	2,0 Eb	2,0 Cb	1,5 Cb	1,5 Db
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	6,5 Da	3,5 DEb	2,0 Cbc	0,5 Cc	2,5 CDb
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	10,0 BCa	5,5 CDb	4,5 Cbc	2,0 Cc	3,5 CDbc
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	15,0 Ab	19,5 Aa	10,5 ABc	7,0 ABc	7,0 ABc
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	12,5 ABb	18,5 Aa	11,0 Abc	9,5 Abc	7,5 Ac
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	8,0 CDb	12,0 Ba	8,0 Bb	6,0 Bb	5,0 ABCb
	3 <sup>a</sup> C	5,5 DEc	7,5 Cb	10,5 ABa	6,0 Bbc	4,5 BCc

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A incidência do fungo *Epicoccum purpurascens* também diminuiu significativamente durante a armazenagem para os três genótipos de trigo e em todos os tratamentos, com

exceção do IAC 24, 2<sup>a</sup>C/60°C e do IAC 289, 3<sup>a</sup>C (Tabela 12). As menores incidências destes fungos foram observadas nos tratamentos da 1<sup>a</sup> colheita.

TABELA 12: Incidências médias do fungo *Epicoccum purpurascens* de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	<i>Epicoccum purpurascens</i> (%)				
		Armazenagem (meses)				
		0	2	4	6	8
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	45,5 Ba	36,0 Bb	15,0 Cc	13,5 Cc	6,5 Dd
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	35,5 Ca	26,5 Cb	9,5 Dc	11,0 Cc	12,0 Cc
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	27,5 Da	28,0 Ca	15,0 Cb	9,0 Cc	5,5 Dc
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	59,5 Aa	52,5 Ab	51,5 Ab	41,5 Ac	38,5 Ac
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	44,0 Bb	51,0 Aa	53,0 Aa	40,5 Ab	38,5 Ab
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	47,0 Ba	20,0 Dc	23,0 Bbc	26,5 Bb	28,5 Bb
	3 <sup>a</sup> C	42,5 Ba	24,0 CDc	22,0 Bc	24,0 Bc	29,5 Bb
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	16,0C a	12,5 Eab	9,0 Db	10,5 Cab	8,5 CDb
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	37,0 Aa	24,5 Db	8,0 Dc	3,5 Dcd	1,0 Ed
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	16,0 Ca	10,0 Eb	3,0 Ec	3,5 Dc	1,5 Ec
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	29,0 Bab	32,5 Ba	25,0 Bb	18,0 Bc	16,5 Bc
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	29,0 Ba	30,5 BCa	21,0 BCb	18,0 Bb	10,5 Cc
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	33,0 ABa	27,5 CDa	19,0 Cb	9,5 Cc	5,0 DEc
	3 <sup>a</sup> C	32,5 ABb	42,0 Aa	30,0 Ab	27,5 Ab	30,5 Ab
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	13,5 Da	9,5 Dab	7,0 Dbc	9,0 CDbc	5,0 Bc
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	13,0 Da	14,5 Ca	5,5 Db	5,5 Db	4,0 Bb
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	16,0 Da	10,0 CDb	6,0 Dc	7,5 CDbc	5,5 Bc
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	41,5 ABa	21,0 Bb	18,0 Cb	10,5 BCc	6,0 Bc
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	46,0 Aa	34,0 Aa	23,0 Bb	15,0 Bc	8,5 Bd
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	33,5 Ba	30,0 Aa	20,5 BCb	12,0 BCc	6,5 Bd
	3 <sup>a</sup> C	25,0 Cbc	31,5 Aa	28,0 Aab	20,0 Acd	18,5 Ad

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O *Fusarium* spp. podem estar associados ao escurecimento das sementes ou das espigas, como também à seca prematura das espigas. As sementes infectadas podem dar origem a “damping-off” de pré ou pós-emergência e plântulas fracas (WIESE, 1977; MATHUR & CUNFER, 1993). A Tabela 13 mostra os resultados de incidências deste fungo durante a armazenagem. Para o IAC 24 observa-se uma incidência inicial baixa em todos os

tratamentos e isto se mantêm durante os 8 meses de avaliação. O IAC 289 apresentou uma incidência inicial um pouco maior em alguns tratamentos (15,0; 17,0 e 18,0% para 1<sup>a</sup>C/40 e 60°C e 3<sup>a</sup>C, respectivamente), mas com a armazenagem, houve uma redução significativa, exceto para a 2<sup>a</sup>C/60°C. Para o IAC 1003, com exceção da 2<sup>a</sup>C/40°C, observou-se uma redução de *Fusarium* spp.

TABELA 13: Incidências médias do fungo *Fusarium* spp. de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	<i>Fusarium</i> spp. (%)				
		Armazenagem (meses)				
		0	2	4	6	8
IAC 24	1 <sup>a</sup> C/40°C	1,5 Ea	1,0 Ca	1,0 CDa	1,5 Ca	1,5 Ca
	1 <sup>a</sup> C/60°C	2,0 Ea	2,0 Ca	1,5 CDa	2,0 Ca	1,5 Ca
	1 <sup>a</sup> C/80°C	3,0 DEa	2,0 Cb	0,0 Dd	1,0 Cc	1,0 Cc
	2 <sup>a</sup> C/40°C	5,5 BCa	2,0 Cb	2,5 Cb	2,5 Cb	4,0 Cb
	2 <sup>a</sup> C/60°C	4,5 CDa	2,0 Cb	1,5 CDb	2,0 Cb	2,5 Cab
	2 <sup>a</sup> C/80°C	6,5 Ba	4,0 Bb	5,0 Bab	6,5 Bb	5,5 Bab
	3 <sup>a</sup> C	13,5 Aa	6,0 Ab	7,0 Ab	9,0 Ab	7,5 Ab
IAC 289	1 <sup>a</sup> C/40°C	15,0 Aa	9,0 BCb	5,0 Cb	6,5 Bb	5,5 BCb
	1 <sup>a</sup> C/60°C	17,0 Aa	14,5 Aab	9,5 ABbc	7,5 Bc	4,0 Cc
	1 <sup>a</sup> C/80°C	4,0 Cab	5,5 CDa	2,5 Cb	3,5 Bab	2,0 Cb
	2 <sup>a</sup> C/40°C	10,0 Ba	9,0 BCa	6,0 BCa	7,5 Ba	8,5 Ba
	2 <sup>a</sup> C/60°C	3,5 Ca	3,0 Da	4,0 Ca	6,0 Ba	5,5 BCa
	2 <sup>a</sup> C/80°C	9,5 Ba	7,0 BCDab	5,5 BCb	6,5 Bab	5,5 BCb
	3 <sup>a</sup> C	18,0 Aa	10,0 Bb	13,0 Ab	12,0 Ab	13,0 Ab
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C/40°C	18,5 Bab	17,5 ABab	20,5 Aa	15,5 ABab	15,0 ABb
	1 <sup>a</sup> C/60°C	12,5 CDab	13,5 BCa	9,5 Cbc	10,0 Bab	6,0 Dc
	1 <sup>a</sup> C/80°C	15,5 BCab	19,0 Aa	11,5 BCbc	12,0 Bbc	9,0 CDc
	2 <sup>a</sup> C/40°C	8,0 Da	10,0 Ca	9,0 Ca	12,0 Ba	11,0 BCa
	2 <sup>a</sup> C/60°C	16,5 BCa	11,5 Cab	13,5 BCab	13,0 Bab	9,5 CDb
	2 <sup>a</sup> C/80°C	19,0 Ba	10,5 Cb	11,5 BCb	11,0 Bb	8,5 CDb
	3 <sup>a</sup> C	33,0 Aa	14,0 BCb	16,0 ABb	19,0 Ab	18,5 Ab

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Há uma grande variedade de fungos de campo, sendo os mais freqüentes pertencentes aos gêneros *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium* e *Bipolaris*. São chamados fungos de campo

porque invadem as sementes antes da colheita (com teor de água maior), enquanto as plantas estão em crescimento no campo. Esses fungos desenvolvem-se em grãos e sementes com uma atividade de água acima de 0,9 que no cereal significa um teor de água de 22 a 23% (SCUSSEL, 2002a).

Os valores encontrados para atividade de água do IAC 24, IAC 289 e IAC 1003 (Tabela 8), não ultrapassaram 0,82 em nenhum dos tratamentos durante os 8 meses de armazenagem, bem como o teor de água, que apresentou valores inferiores a 16,0% (Tabela 16). Portanto durante a armazenagem os fungos de campo geralmente não encontram condições ideais para se desenvolver, tanto é que a tendência é a população deles decrescer com o passar do tempo. De modo geral, esses fungos vão perdendo a viabilidade, cedendo lugar aos fungos de armazenagem, que conseguem sobreviver em condições com menor teor de água, embora, segundo WETZEL (1987), fungos de campo podem sobreviver por anos em grãos ou sementes armazenadas com baixo teor de água.

Já os fungos de armazenamento, principalmente as espécies dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, invadem grãos e sementes durante e após a maturação, geralmente se desenvolvem e provocam danos ao produto armazenado, desde que encontrem condições ideais de temperatura e umidade.

Na Tabela 14 observa-se que grãos e sementes dos três genótipos de trigo (IAC 24, IAC 289 e IAC 1003) apresentaram uma incidência de *Penicillium* spp. elevada para os tratamentos da 1ª colheita, e este aumento é bastante expressivo a partir do quarto mês de armazenagem. Para o IAC 24 este fungo foi detectado apenas nos tratamentos da 1ª colheita, mas para o IAC 289 e IAC 1003, houve incidência também nos demais tratamentos, sendo que os maiores valores foram encontrados para IAC 1003, 1ªC/40, 60 e 80°C.

As incidências de *Aspergillus* spp., foram bem menores do que as *Penicillium* spp. e praticamente não houve desenvolvimento nas sementes de IAC 24 e IAC 289; apenas o tratamento 1<sup>a</sup>C/80°C dos dois genótipos apresentou uma baixa incidência (menor que 2,5 %), durante a armazenagem. No IAC 1003, este fungo ocorreu em praticamente todos os tratamentos ao final da armazenagem, mas a incidência também foi baixa, não ultrapassando o valor de 7,5% (Tabela 15), durante toda a armazenagem.

TABELA 14: Incidências médias do fungo *Penicillium* spp. de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	<i>Penicillium</i> spp. (%)				
		Armazenagem (meses)				
		0	2	4	6	8
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	0,0 Ac	0,0 Bc	0,0 Cc	6,0 Cb	22,5 Ca
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	0,0 Ad	0,0 Bd	4,0 Bc	12,0 Bb	29,5 Ba
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	0,5 Ad	23,0 Ac	79,0 Ab	82,5 Ab	94,5 Aa
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	0,0 A	0,0 B	0,0 C	0,0 D	0,0 D
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	0,0 A	0,0 B	0,0 C	0,0 D	0,0 D
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	0,0 Ab	0,0 Bb	0,0 Cb	0,0 Db	1,0 Da
	3 <sup>a</sup> C	0,0 A	0,0 B	0,0 C	0,0 D	0,0 D
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	0,0 Ad	2,5 Ad	41,0 Ac	52,5 Ab	83,5 Aa
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	1,0 Ad	1,0 ABd	11,5 Bc	23,0 Bb	42,5 Ca
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	0,0 Ad	0,5 Bd	43,0 Ac	52,5 Ab	79,5 Ba
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	0,0 Ab	0,0 Bb	0,0 Cb	1,0 Db	3,0 EFa
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	0,0 Ac	0,0 Bc	0,0 Cc	1,5 Db	4,5 Ea
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	0,0 Ab	0,0 Bb	0,0 Cb	0,5 Db	1,5 Fa
	3 <sup>a</sup> C	0,0 Ac	0,0 Bc	0,0 Cc	8,0 Cb	9,5 Da
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	0,0 Ad	0,5 Ad	22,0 Bc	28,0 Bb	43,5 BCa
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	1,0 Ac	0,0 Ac	22,5 Bb	23,5 Cb	40,5 Ca
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	0,0 Ad	0,0 Ad	27,0 Ac	38,0 Ab	60,5 Aa
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	0,0 Ac	0,0 Ac	0,5 Cc	3,5 Eb	13,5 Da
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	0,0 Ad	0,0 Ad	3,0 Cc	6,5 DEb	11,5 Da
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	0,0 Ac	0,0 Ac	0,0 Cc	9,0 Db	46,5 Ba
	3 <sup>a</sup> C	1,0 Aa	0,0 Ab	0,0 Cb	0,0 Fb	0,0 Eb

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Embora os fungos de armazenagem normalmente não invadem os grãos e sementes antes da colheita, em alguns tratamentos foram encontrados até 1% de *Aspergillus* e *Penicillium*, no produto recém-colhido e, segundo WETZEL (1987), eles podem ser encontrados em uma porcentagem de aproximadamente 1%, em testes realizados logo após a colheita.

TABELA 15: Incidências médias do fungo *Aspergillus* spp. de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	<i>Aspergillus</i> spp. (%)				
		Armazenagem (meses)				
		0	2	4	6	8
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	0,0 b	0,0 b	0,5 ab	1,0 a	1,0 a
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	0,5 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3 <sup>a</sup> C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,5 a	0,0 a
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,5 a
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	0,0 b	0,0 b	0,5 b	2,5 a	0,5 b
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3 <sup>a</sup> C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,5 a
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,5 a
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	0,0 b	0,0 b	1,5 b	7,0 a	7,5 a
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	1,5 a
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	0,0 b	0,0 b	0,0 b	1,0 a	1,0 a
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,5 a	0,5 a
	3 <sup>a</sup> C	1,0 a	0,5 ab	0,0 b	0,0 b	0,0 b

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

De acordo com SCUSSEL (2002a), os fungos de armazenagem invadem grãos e sementes armazenados com uma atividade de água em torno de 0,70 a 0,90, ou seja, produto em equilíbrio com uma umidade relativa de 70 a 90%.

O crescimento de fungos como *Aspergillus* e *Penicillium* pode causar danos a sementes e grãos armazenados. Segundo ATHIÉ et al. (1998), a invasão por fungos de armazenamento pode reduzir ou impedir a germinação (uma vez que atacam preferencialmente o embrião da semente), podem causar descolorações na semente inteira ou parte dela, podem provocar alterações nutricionais e os primeiros estágios de aquecimento.

Um problema ainda maior para grãos destinados à alimentação humana e animal são as micotoxinas, que são metabólitos produzidos por fungos de campo (principalmente *Fusarium*) e de armazenagem (*Aspergillus* e *Penicillium*), que assumem relevância, uma vez que podem ocasionar, além de problemas de saúde, perdas econômicas consideráveis, já que os lotes contaminados deverão ser descartados (ATHIÉ et al., 1998; SCUSSEL, 2002b). A aflatoxina é a mais importante toxina produzida por *Aspergillus*. O *Aspergillus flavus*, possui uma faixa ótima de 0,80 a 0,85 de atividade de água para produção de aflatoxina.

Os resultados apresentados nas Tabelas 14 e 15, demonstram que houve incidência de *Penicillium* em praticamente todos os tratamentos, embora alguns com baixa incidência, enquanto que o *Aspergillus* foi encontrado em alguns tratamentos, e com baixa incidência.

Os demais fungos encontrados em sementes e grãos de trigo, *Curvularia lunata* (Wkker) Bold., *Drechslera* spp., *Fusarium graminearum* Sch., *Nigrospora oryzae* (Berk. & Br.) Petch, *Phoma* spp. e *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc., apresentaram incidências iniciais muito baixas e decresceram durante a armazenagem.

#### **4.4 – Qualidade física e fisiológica de sementes**

Na Tabela 1A, são apresentados os resultados das interações significativas, bem como o nível de significância de F e os coeficientes de variação para os testes de qualidade física e fisiológica de sementes de trigo comum ( IAC 24 e IAC 289) e duro (IAC 1003).

##### **4.4.1 – Qualidade física**

Na Tabela 16 encontram-se os resultados de teor de água de sementes de trigo comum (IAC 24 e IAC 289) e duro (IAC 1003), logo após a secagem e no decorrer da armazenagem. Observa-se uma variação no teor de água das sementes dos três genótipos durante a armazenagem e entre os diferentes tratamentos de colheita e secagem. Logo após a secagem e durante o período de armazenagem, o método de determinação do teor de água foi o da estufa, e durante a secagem, o controle do teor de água foi feito por diferença de peso, portanto, nota-se uma diferença no teor de água apresentado no início da armazenagem (Tabela 16) e o do final do processo de secagem (Tabelas 5, 6 e 7).

Observa-se que no início da armazenagem houve uma variação nos teores de água das sementes colhidas com alto teor de água e secas artificialmente, sendo que o menor valor foi de 12,6% e o maior de 14,8%, portanto, valores maiores e menores que 13% (proposto inicialmente). Isso ocorreu, provavelmente, por causa do gradiente de umidade (Tabelas 5, 6 e 7), que foi crescente com a antecipação da colheita e aumento da temperatura de secagem, e com isso, após a secagem e homogeneização, as sementes apresentaram teor de água maior que 13%.

Essa diferença no início da armazenagem, propicia um comportamento diferente durante a armazenagem, pois sementes e grãos armazenados com teor de água acima de 13%,

estão mais sujeitos a deterioração por fungos, o que corrobora os resultados da sanidade. O produto seco no campo (3<sup>a</sup>C) foi armazenado com menor teor de água, o que lhe conferiu melhores condições de armazenagem.

TABELA 16: Teor de água de sementes de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	Teor de água (%)					
		Armazenagem (meses)					
		0	2	4	6	8	Média
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	13,9 ABa	13,1 Cb	13,4 Cdab	13,9 CDa	13,2Cb	13,5
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	14,4 Aa	14,5 Aa	14,4 Aba	15,0 Ba	14,5Ba	14,5
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	14,3 Ab	14,7 Ab	14,7 Ab	15,8 Aa	15,7Aa	15,0
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	14,1 ABa	13,9 ABa	13,8 Bca	14,1 CDa	14,3Ba	14,0
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	13,5 Bb	13,5 BCb	13,7 BCDab	14,3 BCa	14,1Bab	13,7
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	12,6 Cc	13,9 ABa	13,1 Dbc	13,4 Dab	14,0 Ba	13,4
	3 <sup>a</sup> C	12,2 Ca	11,5 Da	11,6 Ea	11,8 Ea	11,6 Da	11,7
	<b>Média</b>	13,5	13,6	13,5	14,0	13,9	
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	14,5	14,7	14,9	15,2	15,6	14,9 A
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	13,3	13,2	13,3	13,8	13,2	13,3 B
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	14,5	14,4	14,7	15,1	14,4	14,6 A
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	12,9	13,0	13,3	13,0	13,0	13,0 BC
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	13,1	12,9	13,1	13,3	12,5	12,9 BC
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	12,6	12,1	12,2	12,3	11,8	12,2 D
	3 <sup>a</sup> C	12,5	12,2	13,0	13,1	12,3	12,6 CD
	<b>Média</b>	13,3 ab	13,2 b	13,4 ab	13,6 a	13,2 b	
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	14,5 c	14,6 bc	15,0abc	15,5 a	15,2 ab	14,9
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	14,3 b	14,4 b	14,6 ab	15,2 a	14,6 ab	14,6
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	14,7 b	14,7 b	15,0 b	15,7 b	15,0 b	15,0
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	14,0 a	14,2 a	14,5 a	14,2 a	14,0 a	14,1
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	14,3 a	13,8 a	14,3 a	14,3 a	14,0 a	14,1
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	14,8 a	13,0 b	13,4 b	14,2 a	14,5 a	13,9
	3 <sup>a</sup> C	11,6 b	11,4 b	11,3 b	11,8 b	12,4 a	11,7
	<b>Média</b>	14,0	13,7	14,0	14,4	14,2	

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Com relação a massa de mil sementes, nota-se que entre os genótipos já existe uma diferença inicial, que pode ser relacionada com características genéticas, pois a maior diferença é observada entre as espécies, ou seja, o trigo duro (IAC 1003) apresentou uma massa bem maior que o trigo comum (IAC 24 e IAC 289). Segundo MANDARINO (1993), a massa de mil sementes é uma medida que apresenta forte controle genético, e está relacionada com a produtividade. Através da massa de mil sementes, é possível caracterizar um genótipo, e ainda, evidenciar os problemas ocorridos com a semente durante a sua formação.

Observa-se que o maior valor médio encontrado para o IAC 24, foi de 38,8g para a 1<sup>a</sup>C/80°C e 3<sup>a</sup> colheita, para o IAC 289 foi de 36,7g para a 1<sup>a</sup>C/80°C e para o IAC 1003 foi de 49,4g para a 2<sup>a</sup>C/60°C. Praticamente, em todos os tratamentos dos genótipos IAC 24 e IAC 289, houve uma redução significativa da massa de mil sementes com o decorrer da armazenagem (Tabela 17).

No início da armazenagem, o IAC 289 apresentou os valores mais baixos da massa de mil sementes para os tratamentos da 2<sup>a</sup> colheita, e na Tabela 18, observa-se que as sementes da 2<sup>a</sup> colheita apresentaram uma redução no vigor. O IAC 1003 apresentou uma redução no vigor e na germinação das sementes da 1<sup>a</sup> colheita, mas o mesmo não se observa na massa de mil sementes no início da armazenagem, em relação a 3<sup>a</sup> colheita (Tabela 17), ou seja, as sementes do IAC 1003 na 1<sup>a</sup> colheita, não foram colhidas com menor massa, portanto, provavelmente não houve problemas com a deposição de matéria seca, que justificasse essa redução na qualidade das sementes. Na análise de composição centesimal, não houve diferença significativa no teor de proteínas e carboidratos (principais componentes usados como reservas para a germinação das sementes) em nenhum tratamento do IAC 289 e IAC 1003 (Tabela 27).

TABELA 17: Massa de mil sementes de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	Massa de mil sementes (g)					
		Armazenagem (meses)					
		0	2	4	6	8	Média
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	38,3	37,7	37,8	37,1	37,7	37,7 C
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	38,4	38,1	37,8	38,4	37,5	38,0 BC
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	39,4	38,5	38,6	38,8	38,9	38,8 A
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	38,7	38,9	37,6	38,2	37,6	38,2 B
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	38,7	38,8	37,6	38,0	37,7	38,1 BC
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	37,6	37,7	37,7	37,6	37,7	37,7 C
	3 <sup>a</sup> C	39,4	38,9	38,7	38,3	38,5	38,8 A
	<b>Média</b>	38,6 a	38,4 ab	38,0 b	38,1 b	38,0 b	-
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	38,1 ABCa	36,3 ABb	35,6 ABb	35,9 Ab	35,8 Ab	36,3
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	38,5 Aa	35,8 ABb	34,6 Bb	35,3 Ab	35,4 ABb	35,9
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	38,3 ABa	37,2 Aab	36,9 Aab	36,1 Abc	35,1 ABc	36,7
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	36,8 BCDA	35,7 ABab	36,8 Aa	35,7 Aab	34,9 ABb	36,0
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	36,5 CDA	35,3 Bab	36,0 ABa	35,2 Aab	34,4 ABb	35,5
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	36,4 Dab	37,0 Aa	36,1 ABab	35,3 Abc	34,0 Bc	35,8
	3 <sup>a</sup> C	37,0 ABCDA	36,9 Aa	35,2 ABb	36,0 Aab	35,6 ABab	36,2
	<b>Média</b>	37,4	36,3	35,9	35,6	35,0	-
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	47,1 BCa	46,3 Cab	47,2 BCa	46,3 Bcab	45,3 Db	46,4
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	46,6 Ca	45,6 Ca	46,7 Ca	46,6 ABCa	45,5 CDA	46,2
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	48,9 Aa	47,1 BCb	47,6 ABCab	45,5 Cc	47,0 BCb	47,2
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	48,6 ABa	48,0 ABa	49,1 Aa	48,6 ABCa	49,3 Aa	48,3
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	48,7 ABa	49,2 Aa	48,5 ABa	48,1 Aa	49,8 Aa	49,4
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	48,6 ABab	49,2 Aa	47,9 ABCab	47,6 Abb	48,9 Aab	48,4
	3 <sup>a</sup> C	47,6 ABCab	46,4 BCb	47,2 BCab	46,9 ABCab	48,3 ABa	47,0
	<b>Média</b>	48,0	47,4	47,7	46,5	48,3	-

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

#### 4.4.2 – Qualidade fisiológica

Na Tabela 18 são apresentados os resultados dos testes de germinação, envelhecimento acelerado e crescimento de plântulas das sementes de trigo comum (IAC 24 e IAC 289) e duro (IAC 1003), das sementes vindas do campo, sendo que as da 1ª e 2ª colheitas foram testadas para avaliar a sua qualidade logo após a colheita e antes do processo de secagem. Os resultados de germinação e envelhecimento acelerado são apresentados considerando-se as porcentagens de germinação total (plântulas normais e anormais, germinação tardia e embrião vivo).

Para o IAC 24, nota-se que não houve diferença significativa na porcentagem de germinação e vigor das sementes colhidas em diferentes épocas. Já no IAC 289, houve uma redução significativa na 2ª colheita para o teste de envelhecimento acelerado e crescimento de plântulas. O IAC 1003 teve a sua qualidade reduzida em função da antecipação da colheita, pois a 1ª colheita, diferiu da 2ª e 3ª colheita, tanto para o teste de germinação como para o de envelhecimento acelerado. Já o crescimento de plântulas, apesar da 1ª colheita ter o menor valor médio (7,1cm), não diferiu da 2ª colheita (10,3cm).

TABELA 18: Médias de germinação (G), envelhecimento acelerado (EA) e crescimento de plântulas (CP) de sementes de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), logo após a 1, 2 (sem secagem) e 3ª colheita.

Colheita	IAC - 24			IAC - 289			IAC -1003		
	G (%)	EA(%)	CP(cm)	G (%)	EA(%)	CP(cm)	G (%)	EA(%)	CP(cm)
1ª	90 A	90 A	16,3 A	92 A	88 A	18,0 A	60 B	61 B	7,1 B
2ª	92 A	93 A	16,8 A	90 A	76 B	13,3 C	90 A	84 A	10,3AB
3ª	96 A	92 A	17,6 A	95 A	91 A	15,7 B	94 A	89 A	13,9 A

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Nas Tabelas 19, 20 e 21 são apresentados os resultados para germinação e vigor (envelhecimento acelerado e crescimento de plântulas) logo após a secagem (para 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> colheita) e durante os oito meses de armazenagem.

Para o IAC 24, observa-se que na 1<sup>a</sup> colheita, a porcentagem de plântulas normais apresenta uma redução no início da armazenagem de acordo com o aumento da temperatura de secagem. Na 2<sup>a</sup> colheita, houve um comportamento semelhante, mas a porcentagem de plântulas normais foi maior que na 1<sup>a</sup> colheita (Tabela 19). O aumento significativo da porcentagem de plântulas normais na 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> colheita com o decorrer da armazenagem, demonstra que a antecipação da colheita do IAC 24, não diminuiu a germinação das sementes, mas quando colhidas com alto teor de água, apresentaram dormência, que com o decorrer da armazenagem foi superada. A avaliação da germinação total (plântulas normais, anormais, germinação tardia e embrião vivo), comprova a existência de dormência nas sementes de IAC 24, colhidas com maior teor de água, pois não houve variação durante a armazenagem. No final da armazenagem (mês 8), apenas as sementes secas a 80°C (Tabela 19) apresentaram redução significativa na porcentagem de plântulas normais e germinação total, quando comparadas com a 3<sup>a</sup> colheita, e essa redução foi ainda maior para as sementes da 1<sup>a</sup> colheita (55% de plântulas normais e 64% de germinação total). O tratamento da 1<sup>a</sup> colheita foi o que apresentou maior incidência de *Penicillium* spp. (Tabela 14), e também em função do maior teor de água inicial, permaneceu maior tempo na câmara de secagem com alta temperatura.

TABELA 19: Médias de plântulas normais (PN) e germinação total (GT), para o teste de germinação de sementes de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	Germinação (%)									
		Armazenagem (meses)									
		0		2		4		6		8	
	PN	GT	PN	GT	PN	GT	PN	GT	PN	GT	
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	55 Cc	92 ABa	74 Bb	91 ABa	89 ABa	96 Aa	91Aa	94 Aa	93 Aa	95 ABa
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	49 Cb	92 ABa	59 CDb	90 ABa	83 BCa	92 Aba	84 ABa	94 Aa	87 Aa	91 ABa
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	31 Dc	84 Ba	41Ebc	72 Cb	47 Eab	70 Cb	46 Dab	60 Bb	55 Ca	64 Cb
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	78 Bbc	93 ABa	69 BCc	89 Ba	84 BCb	95 Aba	79 BCbc	93 Aa	93 Aa	96 Aa
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	80 Bb	91 ABa	66 BCDc	93 Aa	79 Cb	91 Aba	81 Bb	96 Aa	90 Aa	97 Aa
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	71 Bab	85 Bab	56 Dc	82 BCb	64 Dbc	86 Bab	69 Cab	91 Aa	76 Ba	86 Bab
	3 <sup>a</sup> C	96 Aa	96 Aa	91 Ab	98 Aa	94 Aab	96 Aa	91 Ab	98 Aa	89 Ab	97 Aa
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	81 Bab	92 ABa	85 ABa	96 Aa	85 Aa	89 ABab	76 ABbc	82 BCbc	68 Bc	73 BCc
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	91 Aa	97 Aa	70 CDEc	89 ABCb	67 Bc	90 ABab	77 ABbc	91 ABab	85 Aab	91 Aab
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	70 CDa	83 BCa	59 Eabc	82 CDa	65 Bab	78 Bab	57 Cbc	66 Dbc	50 Cc	56 Dc
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	80 BCab	91 ABab	79 BCab	91 ABab	83 Aab	93 Aa	84 Aa	89 ABab	74 Bb	82 ABb
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	80 BCa	91 ABa	74 CDa	85BCDab	81 Aa	88 ABab	72 Ba	79 BCDb	77 ABa	83 ABab
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	60 Da	78 Ca	63 DEa	77 Da	63 Ba	78 Ba	59 Ca	78 CDa	53 Ca	62 CDb
	3 <sup>a</sup> C	85 ABab	95 Aab	91 Aa	96 Aa	85 Aab	92 Aab	84 Aab	93 Aab	78 ABb	87 Ab
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	53 Ca	64 Ba	43 Bab	62 BCa	40 Cbc	47 Cb	29 Cc	37 Cb	34 Cbc	38 Cb
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	47 Ca	61 Ba	39 BCab	51 CDab	32 Cb	45 Cbc	31 Cb	45 Cbc	28 Cb	35 Cc
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	28 Da	42 Ca	28 Ca	38 Da	20 Da	37 Ca	9 Db	18 Db	9 Db	12 Db
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	83 ABa	93 Aa	83 Aa	93 Aa	78 Aab	90 Aa	77 ABab	87 ABa	69 Bb	76 Bb
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	83 ABa	92 Aa	75 Aa	86 Aab	77 Aa	85 ABab	75 ABa	82 Bb	57 Bb	64 Bc
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	72 Ba	85 Aa	50 Bbc	73 Bb	61 Bab	79 Bab	66 Ba	79 Bab	40 Cc	47 Cc
	3 <sup>a</sup> C	85 Aa	94 Aa	83 Aa	93 Aa	83 Aa	91 Aa	86 Aa	94 Aa	83 Aa	92 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula para coluna e minúscula para linha, dentro da mesma variável (PN e GT), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No IAC 289, houve uma redução significativa de plântulas normais com a armazenagem, para as sementes da 1<sup>a</sup> colheita, secas a 40 e 80°C e da 2<sup>a</sup> colheita, secas a 80°C (Tabela 19). Já entre os tratamentos, no início da armazenagem a secagem a 80°C diminuiu a porcentagem de plântulas normais e germinação total das sementes da 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> colheita quando comparadas com a 3<sup>a</sup> colheita.

Já o IAC 1003, apresentou uma redução na sua qualidade inicial (Tabela 18), quando colhido com 31,6% de teor de água (1<sup>a</sup> colheita), e essa redução foi ainda maior com a secagem a 80°C e a armazenagem. Quando comparam-se os diferentes tratamentos, independente da temperatura de secagem, as sementes da 1<sup>a</sup> colheita apresentaram uma menor porcentagem de plântulas normais e germinação total, em relação às sementes da 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> colheitas. As maiores porcentagens de PN e GT foram observadas nas sementes colhidas com 11,6% de teor de água (3<sup>a</sup> colheita), e foi o único tratamento que não diminuiu a germinação com a armazenagem, provavelmente por ter sido armazenado com menor teor de água, e com isso apresentou uma menor incidência de fungos. Apesar da redução da qualidade fisiológica nas sementes da 1<sup>a</sup> colheita, não se observou redução na massa de mil sementes (Tabela 17) e no teor de proteínas (Tabela 27), que explicasse esse efeito deletério.

Os resultados de envelhecimento acelerado (vigor) para o IAC 24 (Tabela 20), mostram novamente um aumento significativo de plântulas normais com a armazenagem, provavelmente devido a superação da dormência, mas no final da armazenagem (mês 8), a porcentagem de plântulas normais e germinação total foram significativamente menores para os tratamentos da 1<sup>a</sup> colheita, quando comparados com a 2<sup>a</sup> colheita secas a 40 e 60°C e 3<sup>a</sup> colheita. Na Tabela 14, evidencia-se que houve um aumento da incidência de

*Penicillium* spp, no final da armazenagem para as sementes da 1<sup>a</sup> colheita, principalmente para as secas à 80°C, o que demonstra que houve um início de deterioração das sementes, diminuindo o seu vigor.

No teste de vigor, crescimento de plântulas, o IAC 24 apresentou um aumento do tamanho das plântulas com a armazenagem, principalmente para as sementes da 1<sup>a</sup> colheita (Tabela 21). No final dos oito meses de armazenagem, apenas os tratamentos da 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> colheitas, secos à 80°C, tiveram redução significativa, quando comparados com a 3<sup>a</sup> colheita, ou seja, a secagem a 80°C diminuiu o vigor das sementes.

Para o teste de envelhecimento acelerado do IAC 289, as sementes da 2<sup>a</sup> colheita apresentaram porcentagens de plântulas normais e germinação total inferiores às sementes da 1<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> colheitas, e esta redução pode ser notada antes do processo de secagem (Tabela 18), ou seja, esse lote de sementes foi colhido com menor vigor, e com a secagem a 80°C, essa redução foi ainda maior (Tabela 20). Com a armazenagem, houve uma redução significativa na porcentagem de plântulas normais e germinação total apenas para as sementes da 1<sup>a</sup> colheita, e uma maior incidência de *Penicillium* spp. para essas sementes (Tabela 14). A secagem a 80°C diminuiu o vigor das sementes tanto para a 1<sup>a</sup> como para a 2<sup>a</sup> colheita, pois esses tratamentos apresentaram o menor vigor em praticamente todo o período de armazenagem, dentro da mesma colheita.

No teste de crescimento de plântulas (Tabela 21), do IAC 289, os maiores resultados foram apresentados pelos tratamentos 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup>C/40°C e 3<sup>a</sup>C, e com o aumento da temperatura de secagem houve uma redução, embora não significativa, para as sementes da 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup>C. Com a armazenagem, apenas os tratamentos 1<sup>a</sup>C/40 e 80°C tiveram uma redução significativa.

Para o IAC 1003, com relação à avaliação do vigor, observa-se um comportamento semelhante ao do resultado de germinação, ou seja, uma redução na qualidade fisiológica das sementes com a antecipação da colheita com um teor de água de 31,6%, e essa redução é ainda maior com a armazenagem. Portanto, nas Tabelas 20 e 21 nota-se uma redução significativa na porcentagem de plântulas normais, germinação total e crescimento de plântulas com a antecipação da colheita, e essa redução é ainda maior com o aumento da temperatura de secagem para 80°C.

Com a armazenagem, apenas os tratamentos 1<sup>a</sup>C/40°C e 3<sup>a</sup>C, para envelhecimento acelerado (Tabela 20), e 1<sup>a</sup>C/60°C e 3<sup>a</sup>C, para crescimento de plântulas (Tabela 21) não apresentaram redução significativa no vigor. Para o IAC 1003, a colheita com teor de água a 31,6%, causou uma maior redução na qualidade da semente, do que a secagem à 80°C da semente colhida com 22,2% de teor de água.

Diversos autores (DELOUCHE, 1971; HARRINGTON, 1972; POPINIGIS, 1985; TOLEDO & MARCOS FILHO, 1977; CARVALHO & NAKAGAWA, 2000), afirmam que a maturidade fisiológica das sementes, que no trigo é atingida com um teor de água de aproximadamente 40% (Carvalho & Yanai (1976), citado por CARVALHO & NAKAGAWA, 2000), coincide com o máximo em germinação e vigor. No entanto, neste trabalho, a colheita antecipada com teor de água de 31,6% do IAC 1003 reduziu significativamente a germinação e o vigor.

A secagem a 80°C reduziu a qualidade fisiológica das sementes e essa redução foi ainda maior com a armazenagem. Segundo DELOUCHE et al. (1973), a manifestação do dano causado pela secagem sobre a qualidade das sementes pode resultar em efeitos imediatos e/ou latentes. Os efeitos imediatos caracterizam-se pela redução da germinação e do vigor logo após a semente ter sido injuriada e podem ser verificados mais claramente no

teste de envelhecimento acelerado. Os efeitos latentes não afetam, de imediato, a viabilidade das sementes, porém, após certo período de armazenagem, as sementes injuriadas poderão sofrer reduções no poder germinativo e também no vigor, com reflexos negativos na sua potencialidade e no comportamento das sementes e das plantas no campo.

Além dos danos causados pela temperatura de secagem, sementes armazenadas com teor de água entre 14 e 18%, segundo HARRINGTON (1972), podem sofrer aquecimento, causado pela sua própria respiração, pela incidência de fungos e bactérias, que podem aumentar rapidamente com o ambiente úmido, causando a morte de sementes.

A incidência de fungos de armazenagem, como *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp. (Tabelas 14 e 15) em alguns tratamentos, é indicativo de deterioração das sementes. Com o processo de deterioração, as primeiras alterações que ocorrem nas sementes são a degeneração das membranas celulares e subsequente perda do controle da permeabilidade; danificação dos mecanismos de produção energética e de biossíntese; e redução das atividades respiratórias, resultando em um desenvolvimento mais lento, maior porcentual de plântulas anormais e no decréscimo da germinação e do vigor das sementes (DELOUCHE, 1973; LIN, 1990).

TABELA 20: Médias de plântulas normais (PN) e germinação total (GT), para o teste de envelhecimento acelerado (vigor) de sementes de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	Envelhecimento acelerado (%)									
		Armazenagem (meses)									
		0		2		4		6		8	
		PN	GT	PN	GT	PN	GT	PN	GT	PN	GT
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	67 Bb	92 ABa	65 Cb	90 BCa	57 Bb	90 BCa	88 ABa	93 ABCa	82 Ba	87 Ba
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	69 Babc	90 ABa	74 BCab	88 BCa	62 Bbc	89 Bca	78 BCa	91 BCa	61 Cc	69 CDb
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	51 Cab	83 Ba	40 Dbc	80 Ca	34 Cc	70 Db	55 Da	67 Db	47 Cabc	56 Db
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	70 ABc	94 Aa	82 ABb	94 ABa	84 Ab	96 Aba	96 Aa	98 Aa	94 Aa	94 Aa
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	83 Abc	93 Ab	78 BCc	92 ABb	89 Ab	94 Abab	90 Aab	95 ABab	96 Aa	98 Aa
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	68 Bab	89 ABa	66 Cab	87 BCa	63 Bb	83 Ca	75 Cab	87 Ca	79 Ba	82 BCa
	3 <sup>a</sup> C	80 ABa	92 ABa	90 Aa	97 Aa	91 Aa	96 Aba	92 Aa	95 ABCa	93 Aa	96 Aa
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	88 Aa	95 Aa	80 ABa	90 ABa	65 Bb	74 ABb	60 BCb	70 Bb	20 Dc	25 Dc
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	90 Aa	97 Aa	70 Bb	81 BCb	48 Cc	68 CDc	60 BCbc	73 Bc	14 Dd	20 Dd
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	70 BCa	80 BCa	52 Cb	69 CDb	44 Cb	54 Dc	42 Db	51 Cc	20 Dc	25 Dd
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	69 BCab	77 Ca	70 Bab	77 CDa	59 BCb	76 ABa	73 ABa	78 ABa	66 Bab	72 Ba
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	65 CDab	77 Cab	76 ABa	82 BCa	59 BCb	70 BCb	70 ABab	77 ABab	69 Bab	73 Bab
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	53 Da	62 Da	50 Ca	66 Da	47 Ca	65 BCDA	47 CDa	53 Ca	48 Ca	53 Ca
	3 <sup>a</sup> C	82 ABa	91 ABab	85 Aa	94 Aa	81Aa	85 Ab	82 Aa	84 Ab	83 Aa	88 Aab
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	52 Ba	66 Ba	46 Ba	55 Cab	33 Cb	44 Cb	20 Cc	27 Dc	18 Cc	26 Cc
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	54 Ba	67 Ba	33 Cb	43 CDb	26 CDbc	35 Cbc	22 Cc	31 Dc	3 Dd	6 Dd
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	39 Ca	48 Ca	22 Cb	35 Db	18 Db	33 Cb	14 Cb	20 Dc	3 Dc	7 Dd
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	76 Aab	85 Aab	71 Ab	89 Aa	74 ABab	79 Bb	76 Aab	81 Bab	81 Aa	85 Aab
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	79 Aa	87 Aab	79 Aa	91 Aa	72 ABa	81 Abbc	74 Aa	78 BCc	45 Bb	50 Bd
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	73 Aa	85 Aa	47 Bc	74 Bbc	65 Bab	80 Abab	60 Bb	69 Cc	38 Bc	42 Bd
	3 <sup>a</sup> C	80 Aa	89 Aa	82 Aa	92 Aa	82 Aa	89 Aa	83 Aa	92 Aa	82 Aa	88 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula para coluna e minúscula para linha, dentro da mesma variável (PN e GT), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

TABELA 21: Crescimento de plântulas (vigor) de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	Crescimento de plântulas (cm)				
		Armazenagem (meses)				
		0	2	4	6	8
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	9,3 BCb	17,8 Aa	19,1 Aa	17,9 ABa	20,2 Aa
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	6,6 Cb	10,1 Bb	16,3 ABa	16,1 ABa	16,6 ABa
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	6,3 Ca	6,9 Ba	7,8 Da	8,1 Ca	9,8 Ca
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	15,5 Aab	11,8 Bbc	10,6 CDc	13,6 Bbc	19,1 Aa
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	17,4 Aab	9,3 Bc	13,6 BCbc	13,9 Bbc	19,0 Aa
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	13,9 ABa	8,8 Bb	10,3 CDab	13,8 Ba	13,4 BCa
	3 <sup>a</sup> C	17,6 Aa	17,4 Aa	18,3 Aa	19,2 Aa	19,3 Aa
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	17,1 Aa	18,4 Aa	17,2 ABa	16,1 ABab	12,4 BCb
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	11,7 BCa	10,3 CDa	14,1 Bab	14,5 ABCab	16,4 ABa
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	10,8 Ca	10,4 BCDA	7,6 Cab	10,6 Ca	5,1 Db
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	12,5 ABCb	14,9 ABab	14,7 Bab	13,7 BCab	17,2 Aa
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	8,1 Cc	11,9 BCbc	13,1 Bab	16,9 ABa	15,9 ABab
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	11,2 BCab	7,1 Db	13,5 Ba	14,1 BCa	11,2 Cab
	3 <sup>a</sup> C	15,7 ABa	17,7 Aa	19,5 Aa	18,9 Aa	19,6 Aa
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	10,4 CDa	6,4 Cab	4,5 Cb	5,9 CDb	5,3 Db
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	9,5 CDa	6,7 BCa	6,3 Ca	6,3 CDa	5,5 CDa
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	7,8 Da	5,9 Cab	3,0 Cb	2,5 Db	2,2 Db
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	20,0 Aa	13,9 Ac	15,5 ABbc	18,7 Aab	13,9 ABc
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	18,0 ABa	11,1 ABbc	12,4 Bbc	14,5 ABab	10,0 BCc
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	16,5 ABa	8,8 BCbc	11,5 Bb	10,4 BCbc	6,7 CDc
	3 <sup>a</sup> C	13,9 BCa	13,9 Aa	17,8 Aa	16,8 Aa	17,5 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os resultados das Tabelas 19 e 20 mostram uma redução no vigor dessas sementes com a armazenagem, mas a redução na germinação não ocorreu com a mesma velocidade. Segundo DELOUCHE (2002), a perda na capacidade de germinação é a último fenômeno que acontece no processo de deterioração da semente, por isso a aplicação de testes de vigor é de grande utilidade no acompanhamento da perda de qualidade das sementes a partir da maturidade, durante a colheita, secagem, beneficiamento e armazenagem, uma vez que a perda de vigor precede a perda de viabilidade.

## **4.5 – Qualidade de grãos**

Na Tabela 1A, são apresentados os resultados das interações significativas, bem como o nível de significância de F e os coeficientes de variação para os testes de qualidade de grãos de trigo comum ( IAC 24 e IAC 289) e duro (IAC 1003).

### **4.5.1 – Peso Hectolitro (PH)**

Na Tabela 22 são apresentados os resultados do peso hectolitro de trigo comum (IAC 24 e IAC 289) e trigo duro (IAC 1003), obtidos durante os oito meses de armazenagem. Pode-se observar que entre os genótipos existe uma diferença no peso, e os maiores valores de PH foram apresentados pelo IAC 1003, o mesmo foi observado em massa de mil sementes (Tabela 17). Os grãos de trigo duro são tipicamente maiores, mais pesados e mais duros que os de trigo comum, porém a massa produzida por esta espécie de trigo é menos elástica que a produzida pelo trigo comum, portanto, inferior para produção de pães, sendo específico para à produção de massas alimentícias (IAC, 2002).

Para o IAC 24 e IAC 289, houve pouca variação entre os tratamentos de colheita e secagem e durante a armazenagem, apesar desta variação ter sido significativa (Tabela 22). No IAC 24, os grãos podem ser classificados como médios, ou seja, valores de PH entre 72-75kg/Hl (Tabela 2), com exceção da 1ªC/80°C, que são classificados como grãos leves. Já, o IAC 289 apresentou valores de PH classificados como leve e médios, sendo que os menores valores foram apresentados pelos grãos da 3ª colheita.

O IAC 1003 foi o que apresentou a maior diferença entre os tratamentos de colheita e uma redução significativa com a armazenagem (Tabela 22). Os tratamentos da 1ª colheita apresentaram valores de PH inferiores aos da 2ª e 3ª colheita. Na 1ª colheita, os valores de PH

são classificados como médios (entre 72-75kg/Hl) e os da 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> colheita como pesados (entre 76-79kg/Hl) (Tabela 2).

TABELA 22: Valores médios de peso hectolitro para trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	Peso Hectolitro (kg/Hl)				
		Armazenagem (meses)				
		0	2	4	6	8
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	75,4 Ad	75,2 Ad	75,7 Ac	76,8 Aa	76,5 Ab
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	73,8 Db	73,0 Dc	72,9 Dc	74,2 CDa	74,3 BCa
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	71,4 Ec	72,8 Da	70,9 Ed	72,4 Eb	72,1 Fb
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	73,9 CDbc	73,8 Bbc	73,7 Bc	74,3 Ca	74,1 Cab
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	73,9 CDa	73,4 Cb	73,4 Cb	74,0 CDa	73,8 Da
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	74,1 Ca	73,0 Dc	73,4 Cb	73,9 Da	73,4 Eb
	3 <sup>a</sup> C	74,8 Ba	73,9 Bc	72,9 Dd	74,7 Bab	74,5 Bb
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	70,5 DEe	70,8 CDd	72,6 Ab	73,0 Ba	72,1 Bc
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	70,7 CDe	71,1 BCd	72,0 Cc	73,8 Aa	72,8 Ab
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	72,8 Aa	71,4 ABc	72,4 ABb	72,7 Bab	71,7 Cc
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	72,8 Aa	71,7 Ac	72,6 Aab	72,9 Ba	72,3 Bb
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	72,2 Bb	71,1 BCc	72,1 BCb	72,6 Ba	72,4 Bab
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	70,9 Cc	70,7 Dc	71,8 Ca	71,9 Ca	71,4 Cb
	3 <sup>a</sup> C	70,2 Ea	69,4 Eb	69,6 Db	70,4 Da	70,3 Da
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	73,6 Fb	74,3 Da	73,9 Db	73,2 Ec	68,9 Fd
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	74,0 Ea	74,0 Da	74,0 Da	74,1 Da	69,5 Eb
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	74,7 Da	73,2 Eb	73,4 Eb	73,1 Eb	70,8 Dc
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	78,6 Ba	76,4 Cd	76,9 Cc	78,2 Bb	77,9 Bb
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	78,0 Cab	76,6 Cc	78,1 Ba	78,0 Bab	77,7 Bb
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	78,1 Ca	77,6 Bb	76,7 Cd	76,7 Cd	77,2 Cc
	3 <sup>a</sup> C	79,1 Aab	78,4 Ad	78,6 Acd	79,2 Aa	78,8 Abc

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O peso hectolitro é um índice que reflete o rendimento dos grãos em farinha ou sêmola. Esse rendimento será mais elevado quanto maior for o peso do hectolitro da amostra. Existem valores mínimos desse índice estabelecidos para os trigos moles e trigos duros, sendo que os valores, para o segundo tipo, são mais elevados (MANDARINO, 1993).

O fato de um trigo apresentar maior valor de PH não indica que apresente melhor qualidade; esta relação somente será significativa quando se compara a mesma variedade com valores de PH 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; GERMANI et al., 1998).

Segundo GERMANI et al. (1998) o teste de PH é amplamente empregado na indústria como teste rápido e indicativo da qualidade do grão recebido para moagem. No entanto, segundo esses autores, é difícil fazer qualquer afirmação sobre a qualidade de um determinado trigo para o uso em panificação a partir apenas desse resultado.

#### **4.5.2 – Número de Queda (“Falling Number”)**

Na Tabela 23 encontram-se os resultados do número de queda (“Falling Number”) do IAC 24, IAC-289 e IAC-1003, durante os oito meses de armazenagem.

Para o IAC-24, praticamente todos os grãos colhidos com maior teor de água (1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> colheita), independente da temperatura de secagem, apresentaram baixa atividade da enzima alfa-amilase (número de queda  $\geq 350$ s), ou seja, valores significativamente mais altos do número de queda que os obtidos na 3<sup>a</sup> colheita (Tabela 23). Com o decorrer da armazenagem, houve um aumento significativo do número de queda. Já para a 3<sup>a</sup> colheita, a farinha apresentou uma atividade enzimática ideal, segundo Perten (1964) citado por GUARIENTI (1996), pois durante todo o período de armazenagem, os valores encontrados para o número de queda foram entre 201 a 305 (Tabela 3).

Segundo GUARIENTI (1996), a baixa atividade enzimática não constitui um problema de difícil solução. Em geral, os reforçadores ou melhoradores utilizados em panificação apresentam, em sua formulação, enzimas alfa-amilásicas fúngicas, que tem por finalidade a correção dessa deficiência na farinha.

TABELA 23: Valores médios de número de queda para trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	Número de queda (segundos)					
		Armazenagem (meses)					
		0	2	4	6	8	Média
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	377	373	379	403	465	399 B
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	376	415	425	424	471	422 AB
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	406	438	451	466	429	438 A
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	349	344	363	370	419	369 C
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	326	352	362	383	425	369 C
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	322	356	386	359	419	368 C
	3 <sup>a</sup> C	269	271	295	294	315	288 D
	<b>Média</b>	346 c	363 bc	379 b	385 b	420 a	-
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	318 Bc	371 Ab	379 Ab	330 Bc	432 Aa	366
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	304 Bb	330 Bab	347 Ba	349 Ba	346 Ba	335
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	439 Aa	365 Ab	391 Ab	381 Ab	434 Aa	402
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	175 Cb	172 Cb	189 Cab	200 Cab	215 Ca	190
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	169 Cb	184Cab	197 Cab	206 Ca	192 Cab	189
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	185 Cab	183 Cb	182 Cb	197 Cab	212 Ca	192
	3 <sup>a</sup> C	122 Da	119 Da	127 Da	118 Da	119 Da	120
	<b>Média</b>	244	246	258	254	278	-
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	340 Abc	315 BCc	329 Abc	357 ABab	380ABa	344
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	279 Bb	319 Ba	344 Aa	341 ABa	350 Ba	326
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	297 Bc	364 Aab	354 b	359 Ab	395 Aa	353
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	292 Bb	308 BCb	328 Aab	310 Cab	345BCa	316
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	279 Bd	306 BCcd	350 Ab	319 BCbc	391Aa	329
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	302 ABcd	278 CDd	318 ABbc	340 ABab	365ABa	320
	3 <sup>a</sup> C	304 Aa	259 Db	287 Bab	266 Db	309 Ca	285
	<b>Média</b>	299	307	330	327	362	-

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No IAC-289, os grãos da 1<sup>a</sup> colheita, independentemente da temperatura de secagem, apresentaram número de queda significativamente maior que os demais (Tabela 23), variando

entre 300 e 440, ou seja, valores de atividade enzimática ideal e baixa (Tabela 3). Já para as sementes da 2ª colheita, independente da temperatura de secagem, praticamente todos apresentaram alta atividade enzimática, ou seja, valores de número de queda abaixo de 200, durante os oito meses de armazenagem, e na 3ª colheita a redução do número de queda foi ainda maior. Com a armazenagem, os tratamentos 1ªC/60 e 80°C e 2ªC/40°C, aumentaram o número de queda.

A alta atividade enzimática como observado para os tratamentos da 2 e 3ª colheitas do IAC 289, indica o início do processo de germinação e, segundo POPINIGIS (1985) este processo diminui o teor de amido do grão, devido a sua transformação em glicídios, porém estes não acumulam, são utilizados em grande parte na respiração, para produção de energia, bem como na síntese de outras moléculas complexas. A alta atividade enzimática só pode ser corrigida pela mescla de trigo ou de farinha complementares, visando a “diluição” do excesso de alfa-amilase.

O IAC-1003 apresentou, em praticamente todos os tratamentos, uma atividade enzimática ideal, ou seja, valores entre 201 e 350 (Tabela 23), com exceção de 1ªC/80°C, onde observa-se um aumento com o decorrer da armazenagem, e também para 1ªC/40°C e 2ªC/60 e 80°C, onde houve um aumento no final da armazenagem. Com a armazenagem, apenas a 3ª colheita não apresentou um aumento significativo do número de queda. Os menores valores do número de queda foram observados na farinha da 3ª colheita.

Pelo número de queda, pode-se estimar a capacidade de fermentação que a massa de determinada farinha apresenta, pois trigos germinados ou em vias de germinar apresentam atividade amilásica elevada e liquefazem a massa, dificultando o processo industrial (MANDARINO, 1993).

### 4.5.3 – Viscosidade

Os resultados de viscosidade máxima para trigo comum (IAC 24 e IAC 289) e trigo duro (IAC 1003) estão apresentados na Tabela 24. Para o IAC 24, apenas a 1<sup>a</sup>C/80°C e a 2<sup>a</sup>C/40°C não apresentaram um aumento significativo na viscosidade máxima com a armazenagem. A 3<sup>a</sup> colheita apresentou valores significativamente mais baixos que a 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> colheita, independentemente da temperatura de secagem (Tabela 24).

TABELA 24: Valores médios de viscosidade máxima para trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	Viscosidade máxima (RVU)				
		Armazenagem (meses)				
		0	2	4	6	8
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	227,5 Cc	237,3 Cb	238,4 BCb	256,7 Ca	252,7 Ca
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	233,0 Cb	270,3 Ba	271,2 Aa	268,1 Ba	274,5 Ba
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	282,1 Ac	305,9 Aa	276,3 Ac	283,3 Ac	294,0 Ab
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	244,5 Ba	188,2 Ec	234,8 Cb	248,5 CDa	230,8 Db
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	226,5 Cc	219,2 Dc	225,4 Dc	247,3 Db	255,9 Ca
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	198,7 Dd	233,3 Cc	246,2 Bb	225,3 Ec	259,1 Ca
	3 <sup>a</sup> C	119,9 Ec	130,9 Fb	138,0 Eab	141,0 Fa	145,7 Ea
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	183,9 Acd	188,7 Bc	199,6 Bb	180,4 Cd	323,0 Aa
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	147,8 Be	162,3 Cd	177,9 Cb	188,4 Ba	168,4 Cc
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	181,6 Ac	208,4 Ab	213,4 Ab	236,3 Aa	208,3 Bb
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	40,1 Ea	60,0 Ec	75,9 Db	85,4 Da	76,1 Db
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	48,2 Dc	71,1 Db	74,7 Db	81,6 Da	72,1 Db
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	57,5 Cc	66,5 Db	67,6 Eb	74,6 Ea	70,5 Dab
	3 <sup>a</sup> C	32,1 Fb	36,9 Fab	39,0 Fa	36,8 Fab	35,3 Eab
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	104,2 Cd	113,2 Cc	111,4 Cc	122,8 Bb	182,4 Ba
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	91,1 Ed	123,2 Bb	120,5 Bb	112,2 Cc	183,3 Ba
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	124,9 Ad	138,7 Ac	151,0 Ab	141,5 Ac	212,8 Aa
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	96,8 De	108,7 CDd	122,4 Bb	115,1 Cc	130,4 Ea
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	101,7 CDc	105,0 Dc	125,5 Bb	127,8 Bb	142,7 Da
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	118,9 Bc	110,0 CDd	110,5 Cd	127,8 Bb	150,4 Ca
	3 <sup>a</sup> C	73,4 Fbc	70,9 Ec	75,8 Db	73,5 Dbc	107,3 Fa

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No IAC 289, apenas a 1<sup>a</sup>C/40<sup>o</sup>C apresentou um aumento significativo da viscosidade máxima com a armazenagem (Tabela 24). Já entre os tratamentos de colheita e secagem, houve uma redução significativa da viscosidade máxima da farinha com o atraso da colheita, ou seja, os maiores valores foram observados para os tratamentos da 1<sup>a</sup> colheita, e os menores para a 3<sup>a</sup> colheita. Como no número de queda (Tabela 23), os valores de viscosidade máxima são bem menores nas 2 e 3<sup>a</sup> colheita, ou seja, com o atraso da colheita, há um aumento da atividade da alfa-amilase e, segundo GERMANI et al. (1998), a ação da enzima quebrando as longas cadeias do amido tende a diminuir a viscosidade da farinha.

No IAC 1003, houve um aumento significativo da viscosidade máxima com a armazenagem (Tabela 24) em todos os tratamentos de colheita e secagem e, assim como no IAC 24 e IAC 289, os menores valores foram encontrados nas farinhas da 3<sup>a</sup> colheita, ou seja, a última colheita apresentou maior atividade da alfa-amilase. Observando o número de queda (Tabela 23), novamente os menores valores (maior atividade enzimática) foram apresentados na 3<sup>a</sup> colheita para os três genótipos avaliados, embora apenas o IAC 289 apresentou número de queda abaixo da faixa ideal (201 a 350).

As enzimas amilases desempenham algumas funções importantes na fabricação do pão, particularmente durante a etapa de fermentação. A função das enzimas amilases é de prover a massa com uma adição suplementar de açúcares, quando os açúcares originais da farinha são esgotados, pois a carência de açúcar poderá resultar em uma menor produção de gás pelo fermento, acarretando um volume reduzido de pão (FERRARI, 1997). Alta concentração de alfa-amilase em farinhas exerce efeito deletério, pois pães elaborados com a mesma, apresentarão baixa qualidade de panificação, resultando em pães com crosta escura, miolo pegajoso e, às vezes, ocos internamente.

#### 4.5.4 – Propriedades de extensão da massa

Na Tabela 25, são apresentados os valores de W e a relação P/L de trigo comum (IAC 24 e IAC 289) e duro (IAC 1003), durante os oito meses de armazenagem. Com relação à força de glúten (W) e a relação P/L, pode-se classificar o trigo de uso industrial. Segundo PENA et al. (1998), o trigo forte e extensível apresenta um endosperma duro a semi-duro e pode ser usado na panificação mecanizada e como melhorador de trigos com menor força de glúten; o médio e extensível também possui um endosperma duro a semi-duro, e pode ser usado na panificação manual e semi-mecanizada; o fraco e extensível possui um endosperma suave e pode ser usado na fabricação de biscoitos, pizzas e pães artesanais; o médio e tenaz (pouco extensível) possui endosperma duro a semi-duro e pode ser usado em pizzas e biscoitos; e o forte e tenaz possui endosperma duro e cristalino e pode ser usado em massas alimentícias.

A farinha que apresenta valores de P/L abaixo de 0,60 pode ser considerada de glúten extensível, de 0,61 a 1,20, de glúten balanceado, e os valores de P/L acima de 1,21, de glúten tenaz (GUARIENTI, 1996).

Para o IAC 24, nota-se que no início da armazenagem, apenas a farinha da 3ª colheita é classificada como média, ou seja, com um valor de W menor que  $200 \times 10^{-4} \text{J}$ , os demais tratamentos são classificados como média-forte (W entre  $201-300 \times 10^{-4} \text{J}$ ) e forte ( $301 - 400 \times 10^{-4} \text{J}$ ), segundo Williams et al. (1988) citados por GUARIENTI (1996) (Tabela 4). Com a armazenagem, observa-se um aumento na força geral de glúten em todos os tratamentos, sendo que os maiores valores foram apresentados para os grãos secos a  $80^\circ \text{C}$ , após oito meses de armazenagem (Tabela 25). O mesmo aumento com a armazenagem foi observado para P/L,

com exceção da 2<sup>a</sup>C/40°C, e os maiores valores de P/L foram observados nos grãos secos a 80°C, ou seja, a secagem diminui a elasticidade da farinha.

Kosmin (1935), citado por PIROZI (1995), observou que farinhas fracas armazenadas a 30 e 45°C, apresentaram glúten mais forte com o armazenamento. Após três meses, as farinhas fracas apresentaram glúten de qualidade similar aos das farinhas fortes recém-moídas e, com a remoção dos ácidos graxos livres da farinha, as amostras apresentaram novamente suas características originais, concluindo que os produtos da hidrólise natural dos lipídios são a causa direta da maior força do glúten com a armazenagem.

No IAC 289, observa-se que apenas a 3<sup>a</sup> colheita apresentou valor de W menor que  $200 \times 10^{-4} \text{J}$ , ou seja, uma farinha de força de glúten média durante os oito meses de armazenagem, os demais tratamentos apresentaram farinhas de força média-forte, com W entre 201 a  $300 \times 10^{-4} \text{J}$  (Tabela 25), com exceção da 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup>C/60°C, onde a força geral de glúten foi de 182,2 e  $179,2 \times 10^{-4} \text{J}$ , no início da armazenagem, aumentando a partir de dois meses. Com relação aos valores P/L, o tratamento 1<sup>a</sup>C/80°C apresentou os maiores valores (1,18-1,61), enquanto a 3<sup>a</sup> colheita, os menores valores, não ultrapassando 0,57.

Já no IAC 1003, não foi possível determinar o W e o P/L dos tratamentos 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup>C/80°C, em nenhum mês de análise, e a partir de seis meses de armazenagem, não houve determinação em nenhum dos tratamentos (Tabela 25), pois a resistência da massa era superior a capacidade de leitura do equipamento. O W encontrado nos tratamentos, com exceção da 3<sup>a</sup> colheita, classifica a farinha como média-forte e, com a armazenagem, houve um aumento na força de glúten. Os valores de P/L foram sempre superiores a 2,00, o que é uma característica da espécie, pois apresenta farinha com muita resistência e pouca elasticidade, sendo ideal para massas alimentícias. Já o P/L encontrado para o IAC 24 e IAC 289, com exceção do

tratamento 1<sup>a</sup>C/80°C, mostram uma maior elasticidade da farinha, sendo ideal para panificação.

TABELA 25: Valores alveográficos para W (x10<sup>-4</sup>J) e P/L de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	Valores alveográficos									
		Armazenagem (meses)									
		0		2		4		6		8	
		W	P/L	W	P/L	W	P/L	W	P/L	W	P/L
<b>IAC 24</b>	1 <sup>a</sup> C/40°C	248,9	0,86	265,6	0,91	261,6	0,82	284,6	0,83	294,3	0,64
	1 <sup>a</sup> C/60°C	289,4	0,71	253,7	1,12	327,0	0,89	302,6	0,82	323,1	1,18
	1 <sup>a</sup> C/80°C	372,1	1,82	315,9	1,92	371,6	1,78	370,2	2,2	412,8	2,6
	2 <sup>a</sup> C/40°C	302,8	0,78	267,8	0,69	338,8	1,13	352,4	0,78	342,0	0,66
	2 <sup>a</sup> C/60°C	317,8	0,84	308,0	0,83	317,2	0,88	328,9	0,91	356,3	1,19
	2 <sup>a</sup> C/80°C	292,3	0,91	299,1	0,95	352,5	1,19	347,0	1,17	427,1	1,26
	3 <sup>a</sup> C	194,9	0,65	191,2	0,62	193,6	0,68	218,4	0,85	236,5	1,21
<b>IAC 289</b>	1 <sup>a</sup> C/40°C	247,9	0,90	238,7	0,88	251,8	0,90	230,2	1,19	266,2	1,08
	1 <sup>a</sup> C/60°C	182,2	1,83	180,5	0,65	244,2	0,93	247,0	0,95	247,2	0,88
	1 <sup>a</sup> C/80°C	296,3	1,40	283,8	1,61	296,9	1,51	295,6	1,18	328,3	1,37
	2 <sup>a</sup> C/40°C	213,2	0,60	228,2	0,51	232,2	0,62	260,4	0,67	258,3	0,67
	2 <sup>a</sup> C/60°C	179,2	0,83	231,4	0,61	228,2	0,63	265,6	0,58	243,3	0,67
	2 <sup>a</sup> C/80°C	228,9	0,54	229,2	0,70	265,5	0,91	241,5	0,77	238,1	0,85
	3 <sup>a</sup> C	139,9	0,49	162,2	0,36	240,3	0,38	195,3	0,34	187,0	0,57
<b>IAC 1003</b>	1 <sup>a</sup> C/40°C	232,2	2,99	225,6	2,48	229,6	2,24	-	-	-	-
	1 <sup>a</sup> C/60°C	218,8	2,89	250,5	2,96	-	-	-	-	-	-
	1 <sup>a</sup> C/80°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2 <sup>a</sup> C/40°C	247,9	2,80	223,0	2,96	-	-	-	-	-	-
	2 <sup>a</sup> C/60°C	249,8	3,26	226,6	2,79	-	-	-	-	-	-
	2 <sup>a</sup> C/80°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3 <sup>a</sup> C	159,6	2,18	190,3	2,42	243,9	3,40	-	-	-	-

Observando os resultados de número de queda (Tabela 23), viscosidade (Tabela 24) e força geral de glúten (Tabela 25), para os genótipos IAC 24, IAC 289 e IAC 1003, nota-se que houve uma melhora no comportamento da farinha em quase todos os tratamentos, com a armazenagem. Segundo GERMANI et al. (1998), uma série de modificações de natureza bioquímica ocorre no trigo e na farinha durante seu armazenamento. Algumas dessas modificações proporcionam uma melhora na qualidade tecnológica dos mesmos, enquanto que

outras diminuem. O tempo decorrido que altera a qualidade é denominado de tempo de maturação. Esse tempo de maturação do trigo pode variar de algumas semanas a vários meses, e os principais fatores são ligados às condições de armazenagem e às características genéticas.

#### **4.5.5 – Teor de Glúten Úmido**

Na Tabela 26, são apresentados os valores de glúten úmido para trigo comum (IAC 24 e IAC 289) e duro (IAC 1003), durante os oito meses de armazenagem. Para o IAC 24 as maiores médias foram apresentadas pelos tratamentos 1<sup>a</sup>C/40°C e 3<sup>a</sup>C, e houve uma redução significativa para os secos a 80°C, principalmente na 1<sup>a</sup>C (Tabela 26).

Já no IAC 289, não observou-se uma redução significativa com o aumento da temperatura de secagem (Tabela 26), mas sim, com o decorrer da armazenagem. Na Figura 16A e B, nota-se que o IAC 24 apresentou uma maior quantidade de teor de glúten que o IAC 289.

Para o IAC 1003, no início da armazenagem, não foi possível extrair o teor de glúten dos tratamentos 1<sup>a</sup>C/80°C e 2<sup>a</sup>C/60 e 80°C, pois este apresentava aspecto desagregado, desuniforme, e com grande quantidade de amido, que não foi retirado com a operação padrão de lavagem, e isso aconteceu provavelmente por um problema na metodologia. Nos demais tratamentos, houve uma redução do teor de glúten com a armazenagem. Os menores teores de glúten foram apresentados pelo IAC 1003 (Tabela 26).

As proteínas que constituem o glúten têm comprovada contribuição para a qualidade tecnológica do trigo e suas farinhas. Se o glúten é removido da farinha, a propriedade de formação de massa viscoelástica, capacidade de retenção de gás durante a fermentação e cozimento são completamente perdida (FERRARI, 1997).

TABELA 26: Valores médios de teor de glúten úmido para trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	Teor de glúten úmido (%)					
		Armazenagem (meses)					Média
		0	2	4	6	8	
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	45,3	48,3	42,0	40,2	42,3	43,6 A
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	42,1	41,5	39,5	40,2	39,8	40,6 BC
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	37,4	36,5	34,7	35,5	35,5	35,9 E
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	41,2	40,5	43,2	38,1	39,8	40,5 BC
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	40,5	39,7	40,8	39,1	38,4	39,7 CD
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	38,8	38,5	38,9	38,3	38,1	38,5 D
	3 <sup>a</sup> C	43,7	43,2	41,3	40,2	44,1	42,5 AB
	<b>Média</b>	41,3 a	41,1 ab	40,0 abc	38,8 c	39,7 bc	
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	35,5	34,9	35,5	35,7	32,3	34,7 ABC
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	36,8	36,3	34,6	35,4	35,5	35,7 A
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	35,9	35,2	33,1	33,3	33,3	34,1 BC
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	36,4	35,5	37,1	33,5	33,5	35,2 AB
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	34,9	35,1	34,2	34,2	34,3	34,5 ABC
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	34,6	34,0	33,4	31,5	34,1	33,5 C
	3 <sup>a</sup> C	36,0	35,2	32,3	33,5	35,4	34,4 ABC
	<b>Média</b>	35,7 a	35,1 ab	34,3 bc	33,8 c	34,0 bc	
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	31,7	31,6	33,0	34,5	35,3	
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	30,0	30,8	32,2	33,0	32,6	
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	-	-	-	29,0	29,6	
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	32,1	31,8	32,3	33,5	30,9	
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	-	-	32,4	32,9	30,6	
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	-	-	32,1	31,3	28,2	
	3 <sup>a</sup> C	31,0	30,3	32,2	32,9	29,5	

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

#### 4.6 – Composição Centesimal

Na Tabela 1A, são apresentados os resultados das interações significativas, bem como o nível de significância de F e os coeficientes de variação para teor de proteínas, teor de cinzas, teor de lipídios, teor de fibra bruta e teor de carboidratos de trigo comum ( IAC 24 e IAC 289) e duro (IAC 1003). O teor de proteínas não apresentou diferença significativa

(Tabela 1A), mas na Tabela 27, nota-se uma variação entre os tratamentos para os três genótipos de trigo avaliado. Para o IAC 24, os valores variaram entre 12,8 a 15,3%, no IAC 289 de 13,0 a 15,2% e no IAC 1003 de 12,0 a 14,8%.

TABELA 27: Teor de proteínas de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	Proteínas (%)				
		Armazenagem (meses)				
		0	2	4	6	8
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	15,3	15,1	14,0	15,0	14,7
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	14,6	15,0	13,9	14,7	14,7
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	14,6	15,1	14,0	14,2	13,7
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	14,7	14,4	14,6	13,6	15,0
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	13,5	14,9	15,1	14,1	14,8
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	12,8	14,6	13,9	14,4	14,6
	3 <sup>a</sup> C	14,4	15,0	13,1	14,8	14,9
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	14,3	13,4	14,4	13,8	14,6
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	14,4	15,0	14,8	13,6	14,6
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	14,0	13,0	14,7	13,9	14,9
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	14,7	14,4	15,2	14,5	13,4
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	13,9	14,5	13,7	14,7	14,7
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	13,5	14,1	14,6	14,8	13,2
	3 <sup>a</sup> C	14,3	14,7	13,4	15,0	14,1
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	13,0	14,6	13,8	13,5	12,3
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	13,1	14,1	13,6	13,2	12,6
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	13,6	13,9	13,6	12,6	12,0
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	14,8	13,2	14,6	14,6	12,4
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	14,0	13,6	13,2	14,8	13,1
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	14,6	13,9	13,0	14,4	12,5
	3 <sup>a</sup> C	13,8	14,2	13,4	14,4	14,3

O IAC 1003 apresentou os menores valores, e em praticamente todos os tratamentos, houve uma pequena redução com a armazenagem e, isto também foi observado na análise pelo Glutomatic. Segundo MANDARINO (1994), o teor de proteína pode variar de acordo com o genótipo do trigo, o grau de desenvolvimento, o solo onde foi cultivado, as condições

climáticas durante o desenvolvimento, dentre outros fatores. A faixa de variação pode ser de 9 a 18% (FEILLET, 1988; GUARIENTI, 1996).

Com relação ao uso tecnológico de trigo na fabricação de diversos produtos, deve-se avaliar a qualidade e a quantidade de proteína presente no trigo. Muitas vezes, grãos de trigo apresentam alta quantidade de proteína, mas esta é de baixa qualidade (baixa força), o que pode expressar baixo potencial de panificação. O contrário também pode ser verificado, ou seja, baixa quantidade de proteína mas de alta qualidade, e neste caso, o potencial de panificação pode ser reduzido em função de menor teor de proteínas (GUARIENTI, 1996).

Na Tabela 28, observam-se os resultados para o teor de cinzas. A cinza é constituída pelos sais minerais presentes no grão. É o resíduo inorgânico obtido após a incineração do material. Os minerais concentram-se nas camadas mais externas do grão de trigo e seu teor pode variar de 1,4 a 2,2% (GUARIENTI, 1996; GERMANI et al., 1998).

O IAC 24, apresentou valores de 1,8 a 2,3%, e não houve diferença significativa entre os tratamentos, o IAC 289 de 1,5 a 2,5%, e observou-se diferença significativa entre os tratamentos. O IAC 1003 apresentou valores de 1,7 a 2,4%, e os valores médios mais altos foram dos tratamentos 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup>C/80°C. PIROZI (1997) também observou que o teor de cinzas e proteínas permaneceram praticamente inalterados com a armazenagem de grãos de trigo por 6 meses. De um modo geral, o teor de proteínas e cinzas dos grãos não alteraram durante a armazenagem e, segundo ATHIÉ et al. (1998), poucas alterações são observadas em minerais de grãos armazenados.

TABELA 28: Teor de cinzas de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	Cinzas (%)					
		Armazenagem (meses)					
		0	2	4	6	8	Média
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	2,2	2,0	2,1	2,1	2,0	2,1 A
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	2,2	2,3	1,9	1,9	2,1	2,1 A
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	2,1	2,1	1,9	1,9	1,9	2,0 A
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	2,2	2,0	1,8	2,2	2,2	2,1 A
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	2,1	1,9	2,0	2,2	1,9	2,0 A
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	2,1	2,1	1,9	1,9	2,2	2,0 A
	3 <sup>a</sup> C	1,9	2,0	2,3	1,8	1,8	2,0 A
	<b>Média</b>	2,1 a	2,1 a	2,0 a	2,0 a	2,0 a	
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	1,8 Bab	2,2 ABa	1,7 Ab	1,9 ABab	2,1 Aab	1,9
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	2,5 Aa	1,9 ABCb	2,0 Ab	1,8 Bb	2,1 Aab	2,0
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	1,8 Ba	1,9 ABCa	1,8 Aa	2,0 ABa	2,0 Aa	1,9
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	1,9 Ba	1,5 Cb	1,8 Aab	1,8 Bab	2,1 Aa	1,8
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	1,9 Ba	1,7 BCa	1,8 Aa	2,1 ABa	2,0 Aa	1,9
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	2,0 ABa	2,0 ABa	1,9 Aa	2,4 Aa	2,1 Aa	2,1
	3 <sup>a</sup> C	1,8 Ba	2,2 Aa	1,9 Aa	1,9 ABa	1,8 Aa	1,9
	<b>Média</b>	2,0	1,9	1,9	2,0	2,0	
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	1,9	1,7	1,9	1,8	2,0	1,9 B
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	1,9	2,3	1,9	1,8	2,1	2,0 AB
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	2,1	2,4	2,0	2,0	2,3	2,2 A
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	1,9	2,1	1,9	2,2	2,0	2,0 AB
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	2,2	2,2	1,9	1,9	2,1	2,1 AB
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	2,2	2,4	2,3	1,7	2,0	2,2 A
	3 <sup>a</sup> C	1,7	2,4	2,1	1,9	1,8	2,0 AB
	<b>Média</b>	2,0 b	2,2 a	2,0 b	1,9 b	2,0 b	

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O teor de lipídios para trigo comum (IAC 24 e IAC 289) e duro (IAC 1003) são apresentados na Tabela 29. Os lipídios são compostos basicamente por ácidos graxos que, ligando-se a diferentes estruturas, vem a constituir os glicídios, fosfolipídios e as ceras. Nos cereais, o teor de lipídios é aproximadamente de 3,0 a 5,0% (GERMANI et al., 1998; CECCHI, 1999).

TABELA 29: Teor de lipídios de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	Lipídios (%)					
		Armazenagem (meses)					Média
		0	2	4	6	8	
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	4,6	4,8	4,9	5,0	4,5	4,8 A
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	4,8	4,2	5,1	5,0	4,4	4,7 A
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	4,2	4,2	4,4	4,8	4,9	4,5 A
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	4,5	4,7	4,8	3,8	4,8	4,5 A
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	4,8	4,5	4,5	4,2	4,4	4,5 A
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	5,0	4,7	4,4	4,6	4,8	4,7 A
	3 <sup>a</sup> C	4,6	4,4	4,6	4,3	4,3	4,4 A
	<b>Média</b>	4,6 a	4,5 a	4,7 a	4,5 a	4,6 a	
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	4,3	4,3	4,7	4,9	4,6	4,5 AB
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	4,7	4,7	4,7	4,5	4,5	4,6 AB
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	4,6	4,3	4,6	4,7	4,4	4,5 AB
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	4,8	4,7	4,8	4,8	4,6	4,7 A
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	4,8	4,3	4,0	4,3	4,4	4,4 AB
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	4,8	4,4	4,0	4,1	4,8	4,4 AB
	3 <sup>a</sup> C	3,9	4,3	4,5	4,3	4,4	4,3 B
	<b>Média</b>	4,6 a	4,4 a	4,5 a	4,5 a	4,5 a	
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	4,4	4,8	4,2	4,1	4,5	4,4 A
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	4,7	4,8	3,7	4,8	4,2	4,4 A
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	4,6	4,2	4,1	3,6	4,3	4,2 A
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	4,5	4,5	4,9	4,3	4,5	4,5 A
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	4,4	4,4	4,4	4,5	4,6	4,5 A
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	4,7	4,4	4,7	4,4	4,4	4,5 A
	3 <sup>a</sup> C	4,2	4,1	4,4	3,6	4,3	4,1 A
	<b>Média</b>	4,6 a	4,8 a	4,9 a	5,0 a	4,5 a	

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Para o IAC 24, o menor valor médio foi observado para a 3<sup>a</sup>C, e o maior foi 1<sup>a</sup>C/40°C (Tabela 29), mas não houve variação significativa para o teor de lipídios em nenhum tratamento de colheita e secagem e durante o período de armazenagem. No IAC 289, a variação no decorrer da armazenagem, não foi significativa, mas entre os tratamentos, a 3<sup>a</sup>C apresentou o menor valor médio (4,3%), diferindo do maior valor, que foi de 4,7%, para a

2<sup>a</sup>C/40°C . No IAC 1003, o menor valor foi novamente, o da 3<sup>a</sup>C, e durante a armazenagem, houve uma variação de 4,5 a 5,0% no teor de lipídios, mas não significativa.

Os valores de teor de fibra estão apresentados na Tabela 30 e na Tabela 1A. Observa-se que houve interação significativa para os três genótipos avaliados. Na composição das fibras estão presentes compostos que fazem parte da parede celular dos vegetais. Entre esses compostos estão a celulose, a lignina, hemicelulose e pectinas (MANDARINO, 1994; CECCHI, 1999).

TABELA 30: Teor de fibra bruta de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	Fibra bruta (%)				
		Armazenagem (meses)				
		0	2	4	6	8
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	3,1 BCa	3,2 Aa	3,0 Ba	2,9 Ba	3,1 Aa
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	2,9 Cb	3,2 Ab	3,9 Aa	3,1 ABb	2,9 Ab
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	3,9 Aa	3,2 Abc	2,8 Bc	3,5 Aab	3,1 Abc
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	3,2 BCa	2,4 Bb	3,2 Ba	3,3 ABa	3,1 Aa
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	2,3 Db	2,8ABab	3,1Ba	3,1 ABa	3,1 Aa
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	2,6 CDc	2,6 Bc	3,9 Aa	3,2 ABb	3,1 Abc
	3 <sup>a</sup> C	3,6 ABa	3,0 ABb	3,3 Bab	3,2 ABab	2,9 Ab
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	2,8 Ca	3,2 Aa	3,1 Aa	2,9 Ba	3,2 Aa
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	3,2 ABCab	2,9 Ab	3,2 Aab	3,4 Aa	3,1Aab
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	3,0 BCa	3,2 Aa	2,5 Bb	3,4 Aa	3,2 Aa
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	3,3 ABa	2,3 Bc	2,8 ABb	3,2 ABa	3,1 Aab
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	2,9 BCa	2,2 Bb	2,4 Bb	3,0 ABa	3,0 Aa
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	3,1 ABCa	2,2 Bb	3,2 Aa	3,1 ABa	3,1 Aa
	3 <sup>a</sup> C	3,5 Aa	3,0 Ab	3,2 Aab	3,1 ABab	3,1 Aab
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	3,0 ABa	2,2 Ab	3,3 ABa	3,2 Aa	3,2 Aa
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	3,1 Aa	2,7 Aa	3,0 BCa	3,1 Aa	3,0 Aa
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	3,3 Aa	2,4 Ac	2,8 Cbc	3,6 Aa	3,1Aab
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	2,4 Bb	2,2 Ab	3,5 Aa	3,2 Aa	3,1 Aa
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	2,5 Bbc	2,2 Ac	3,1 ABCa	3,2 Aa	3,0 Aab
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	3,0 ABab	2,6 Ab	3,3 ABa	3,3 Aa	3,1 Aab
	3 <sup>a</sup> C	3,5 Aa	2,2 Ab	3,3 ABa	3,0 Aa	3,1 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Para o teor de fibra bruta, houve uma variação no IAC 24, de 2,3 a 3,9%, no IAC 289 de 2,2 a 3,5% e no IAC 1003 de 2,2 a 3,6, ou seja, os maiores valores foram para o IAC 24. A variação entre os tratamentos de colheita e secagem e período de armazenagem foi significativa em praticamente todos os tratamentos, porém esta variação ocorreu de forma alternada, não demonstrando efeito dos tratamentos e da armazenagem.

O teor de carboidratos está apresentado na Tabela 31, e nota-se que praticamente não houve alteração significativa durante a armazenagem. Já entre os tratamentos dos três genótipos avaliados, observa-se diferença significativa, decorrente da variação dos resultados obtidos nos demais componentes (teor de proteína, cinzas, lipídios, fibra bruta e água).

Os carboidratos podem ser classificados em solúveis (amido e açúcares) e insolúveis (celulose, hemicelulose, pentosanas, etc.) e representam cerca de 64% da composição dos cereais, com especial destaque para os solúveis, principalmente o amido. O amido é um polissacarídeo de reserva, e é importante tanto pela sua quantidade, como por suas funções tecnológicas (MANDARINO, 1994; GERMANI et al., 1998).

De uma maneira geral, não observou-se uma tendência de influência da antecipação da colheita e a secagem em diferentes temperaturas, bem como o período de armazenagem, nas variações significativas encontradas na composição do trigo, de tal forma que é mais provável que esses resultados sejam decorrentes de variações das amostras e sensibilidade da metodologia.

TABELA 31: Teor de carboidratos de trigo comum (IAC24 e IAC289) e trigo duro (IAC1003), durante 8 meses de armazenagem.

Genótipos	Tratamentos	Carboidratos (%)					
		Armazenagem (meses)					
		0	2	4	6	8	Média
IAC 24	1 <sup>a</sup> C / 40°C	61,0	61,9	61,6	61,1	62,5	61,6 BC
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	61,1	60,8	60,7	60,2	61,4	60,8 C
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	60,9	60,8	62,3	59,7	60,3	60,8 C
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	61,4	62,5	61,8	62,9	60,7	61,8 BC
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	62,8	62,4	61,6	62,1	61,8	62,1 BC
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	63,2	62,0	62,5	62,5	61,4	62,3 B
	3 <sup>a</sup> C	63,2	64,0	64,2	64,0	64,4	64,0 A
	<b>Média</b>	61,9 a	62,1 a	62,1 a	61,8 a	61,8 a	
IAC 289	1 <sup>a</sup> C / 40°C	62,3	61,3	61,3	61,3	59,8	61,2 C
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	61,8	63,2	62,2	61,9	62,5	62,3 BC
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	62,0	62,3	61,7	60,8	61,0	61,6 C
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	62,3	63,7	63,0	62,6	63,9	63,1 AB
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	63,4	64,5	64,9	62,7	63,3	63,8 A
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	63,0	65,1	64,1	63,3	64,0	63,9 A
	3 <sup>a</sup> C	64,0	63,7	64,1	62,5	64,3	63,7 A
	<b>Média</b>	62,7ab	63,4 a	63,0 ab	62,2 b	62,7 ab	
IAC 1003	1 <sup>a</sup> C / 40°C	62,3	62,1	61,7	61,8	60,5	61,7 B
	1 <sup>a</sup> C / 60°C	62,1	61,7	63,2	61,9	62,5	62,3 B
	1 <sup>a</sup> C / 80°C	61,8	62,3	62,6	61,5	60,7	61,8 B
	2 <sup>a</sup> C / 40°C	62,4	62,9	60,0	61,5	62,0	61,8 B
	2 <sup>a</sup> C / 60°C	62,6	63,8	63,0	61,4	62,2	62,6 B
	2 <sup>a</sup> C / 80°C	60,8	63,5	63,2	62,0	61,6	62,2 B
	3 <sup>a</sup> C	64,6	65,6	65,4	65,3	64,0	64,9 A
	<b>Média</b>	62,4ab	63,1 a	62,7 ab	62,2 ab	61,9 b	

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

## 5 – CONCLUSÕES

### IAC 24

- ✓ A colheita, com teor de água de 30,0 (1<sup>a</sup> colheita) e 21,4% (2<sup>a</sup> colheita), não diminuiu a qualidade física e fisiológica das sementes, porém a secagem a 80°C diminuiu a germinação e o vigor das sementes;
- ✓ Com a armazenagem, houve um aumento na incidência de *Penicillium* spp. para os tratamentos da 1<sup>a</sup> colheita, principalmente na secagem à 80°C;
- ✓ Com a antecipação da colheita houve uma redução da incidência de alguns fungos de campo, como *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniane* e *Fusarium* spp.;
- ✓ A qualidade de grãos (peso hectolitro, número de queda, viscosidade, força geral de glúten e teor de glúten úmido) e a composição centesimal, não diminuíram com a antecipação da colheita e secagem;
- ✓ Com a armazenagem, houve um aumento da força geral de glúten e redução na atividade da alfa-amilase, verificada pelo aumento do número de queda e da viscosidade;
- ✓ A secagem a 80°C para a 1<sup>a</sup> colheita (30,0% de água) e a 60°C para a 2<sup>a</sup> colheita (21,4% de água), apresentaram o menor custo.

### IAC 289

- ✓ A antecipação da colheita, não diminuiu a qualidade física e fisiológica das sementes, com exceção da 2<sup>a</sup> colheita (23,4% de teor de água), que apresentou menor vigor (envelhecimento acelerado). A secagem a 80°C, diminuiu a germinação e o vigor das sementes, principalmente com a armazenagem;

- ✓ Houve um aumento na incidência de *Penicillium* spp. com a armazenagem em todos tratamentos de colheita e secagem, porém a maior incidência foi para os tratamentos da 1ª colheita (35,0% de teor de água);
- ✓ Como para o IAC 24, a antecipação da colheita reduziu a incidência de alguns fungos de campo, como *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniane* e *Fusarium* spp.;
- ✓ A antecipação da colheita diminuiu a atividade da alfa-amilase, verificada pelo aumento do número de queda e da viscosidade;
- ✓ A secagem não alterou a qualidade de grãos (peso hectolitro, número de queda, viscosidade, força geral de glúten e teor de glúten úmido);
- ✓ A antecipação da colheita e secagem não alteraram a composição centesimal;
- ✓ Com a armazenagem, houve um aumento no número de queda, viscosidade e força geral de glúten da farinha extraída do grão;
- ✓ A secagem a 60 e 80°C para a 1ª colheita (35,0% de água) e a 60°C para a 2ª colheita (23,4% de água), apresentaram o menor custo.

### **IAC 1003**

- ✓ A antecipação da colheita, com 31,6% de teor de água (1ª colheita) diminuiu a qualidade fisiológica das sementes, independente da temperatura de secagem;
- ✓ A secagem a 80°C diminuiu a porcentagem de plântulas normais, principalmente com a armazenagem;
- ✓ Com a armazenagem, houve um aumento na incidência de *Penicillium* spp, para todos tratamentos da 1ª e 2ª colheita. O *Aspergillus* spp. foi detectado com maior incidência para o tratamento 1ªC/80°C;

- ✓ De modo geral, os fungos de campo tiveram sua incidência reduzida com a antecipação da colheita;
- ✓ A qualidade de grãos (peso hectolitro, número de queda, viscosidade, força geral de glúten e teor de glúten úmido) e a composição centesimal não diminuíram com a antecipação da colheita e secagem, com exceção da secagem a 80°C que impossibilitou a determinação da força geral de glúten;
- ✓ Não foi possível determinar a força geral do glúten em nenhum dos tratamentos, após seis meses de armazenagem;
- ✓ Com a armazenagem, houve uma redução na atividade da alfa-amilase, verificada pelo aumento do número de queda e da viscosidade;
- ✓ A secagem a 60°C e 80°C para a 1ª colheita (31,6% de água) e a 40°C para a 2ª colheita (22,2% de água) apresentaram o menor custo.

Com relação as sementes, a antecipação da colheita para o IAC 24 e IAC 289, não diminuiu a qualidade física e fisiológica das mesmas, mas para o IAC 1003, a colheita com 31,6% de teor de água, diminuiu a germinação e o vigor das sementes. A secagem à 80°C, diminuiu a qualidade independentemente da colheita;

A antecipação da colheita e secagem artificial não alteraram a qualidade tecnológica dos grãos dos genótipos IAC 24, IAC 1003 e IAC 289.

## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. AMERICAM ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTRs. **Approved methods of AACC.** 9 ed. St. Paul, v.1-2. 1995.
- AGRINOVA. Grãos e Fibras: Recorde a caminho. **Revista AGRINOVA.** n.1, p.42-51. 2000.
- AHRENS, D. C.; BARROS, A. S. R.; VILLELA, F. A. & LIMA, D. Qualidade de sementes de milho (*Zea mays* L.) sob condições de secagem intermitente. **Scientia Agricola**, v.55, n.2, Piracicaba, p.1-11. 1998.
- ALVES, I. T. G. **Aspectos da evolução da produção e da pesquisa de trigo no Brasil.** Campinas, Faculdade de Economia da Unicamp. 1991. 174p. (Tese de Doutorado).
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC.** 15 ed. Washington, 1990. 684p.
- AOSA. ASSOCIATION OS OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed Vigour Testing Handbook.** 1983. 93p. (Contribution, 32).
- ATHIÉ, I.; CASTRO, M. F. P. M.; GOMES, R. A. R.; VALENTINI, S. R. T. **Conservação de grãos.** Campinas, Fundação Cargill, 1998. 236p.
- BAKKER-ARKEMA, F. W.; BROOK, R. C.; BROOKER, D. B. **Energy and capacity performance evaluation of grain dryers.** St. Joseph, MI:ASAE,. Paper n.78-3532. 1978. 14p.
- BARNETT, H.L. & HUNTER, B.B. **Illustrated genera of imperfect fungi.** 3ed. Minneapolis, Burgess Publishing Company, 1972. 241p.
- BARRET, F. F. Enzyme uses in the milling and baking industries. In: REED, G. (ed). **Enzymes in food processing.** Academic Press, New York, p.301-330. 1975.
- BARROS, A. S. R. Maturação e colheita de sementes. In: **Atualização em Produção de Sementes.** Campinas, Fundação Cargill. p.107-134, 1986.

- BIAGI, J. D.; SILVA, I. J. O. Software para determinar as propriedades psicrométricas do ar. In: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 19., 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP. v.2, p. 1161-1175. 1990.
- BIAGI, J. D.; VALENTINI, S. R. de T. Secagem de produtos agrícolas. In: CORTEZ, L. A. B. & MAGALHÃES, P. S. G.(coordenadores) **Introdução a Engenharia Agrícola**. 2ed. Campinas, UNICAMP. p.245-246. 1992.
- BORBA, C. S.; ANDREOLI, C.; ANDRADE, R. V. de; AZEVEDO, J. T. de & OLIVEIRA, A. C. de. Efeito do retardamento da secagem na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.33, n.1, p.105-108. 1998.
- BOSSINI, A. Origin, distribution and production of Durum Wheat in the World. In: FABRIANI, G.; LINTAS, C. (eds). **Durum Wheat: Chemistry and Technology**. St Paul: AACC, p.1-16. 1988.
- BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Brasília, 1992. 365p.
- BRASIL. **Norma de Identidade e Qualidade do Trigo**. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 27 de janeiro 1999. 9p.
- BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W. & HALL, C. W. **Drying and Storage of Grains and Oilseeds**. New York, 1992. 450p.
- BROWN, R. O.; HARREL, C. G. The use of amilograph in the cereal laboratory. **Cereal Chem.**, St.Paul, v.21, n.5, p.360-369. 1994.
- BRUM, P. A. R. de. O trigo na alimentação de aves. **Avicultura Industrial**. p.14-16. 2000.

- CAMARGO, C.E.O. & FELÍCIO, J.C. Recomendação de adubação para o trigo. In: RAIJ, B.; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE,R.; CANTARELLA, H.; BELINAZZI JÚNIOR, R.; TRANI, P. E. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, IAC, p.26-27. 1985. (Boletim Técnico, 100).
- CAMARGO, C.E.O.; FELÍCIO, J.C.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; FREITAS, J.G.; PETTINELLI JUNIOR, A.; e Adubação N, P, K para a cultura do trigo em condição de irrigação por aspersão. Campinas, **Instituto Agrônômico**, 1992. 12p. (Boletim Técnico, 145).
- CARVALHO, A.R. **Determinação da atividade de água (aw) de produtos alimentícios no aparelho Novasina**. Campinas: CETEA/ITAL, 1997. 32p.
- CARVALHO, N. M. & NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e Produção**. 4ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.
- CARVALHO, N. M. de. **A secagem das sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 165p.
- CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas, Editora Unicamp, 1999. 212p.
- CHIDAMBARAM, P., MATHUR, S.B., NEERGAARD, P. Identification of seed-borne *Drechslera* species. **Friesa**, n.10, p.165-207. 1973.
- DALBELLO, O. **Eficiência do processo de secagem do amendoim (*Arachis hypogea* L.) e milho-pipoca (*Zea mays* L.)**. Campinas, 1995. 112p. (Dissertação – Faculdade de Engenharia Agrícola).
- DAUDIN, J. D. Calcul des cinétiques de séchage par l'air chaud des produits biologiques solides. **Sciences des Aliments**, [s.n.], v.3, p.1-36. 1983.
- DELOUCHE, J. C. **Seed maturation**. In: HANDBOOK OF SEED TECHNOLOGY. State College, Mississippi State University, p.17-21. 1971.

- DELOUCHE, J. C.; MATTHES, R.K.; DOUGHERTY, G. M.; BOYD, A. Storage of seed in sub-tropical and tropical regions. **Seed Science and Technology**, Zurich, 1. p.671-700. 1973.
- DELOUCHE, J. C. Germinação, deterioração e vigor de sementes. **Revista Seed News**, v.6, n.6. 2002.
- DIAS, D. C. F. Maturação de sementes. **Revista Seed News**, v.5, n.6. 2001.
- EL-DASH, A. A.; CAMARGO, C. O.; DIAZ, N. M. **Fundamentos da Tecnologia da Panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 349p. (Série Tecnologia Agroindustrial).
- ELIAS, M. C. **Aquecimento do ar na secagem de grãos**. Pelotas. UFPel-FAEM-DCTA, 1999. 5p.
- FEILLET, P. Protein and enzyme composition of durum wheat. In: FABRIANI, G.; LINTAS, C. (eds). **Durum Wheat: Chemistry and Technology**. St Paul: AACC, p.93-119. 1988.
- FERRARI, M. C. **Estudos de viabilidade sobre avaliações de qualidade de farinhas de trigo através de medidas das propriedades do glúten**. Campinas, 1997. 109p. (Dissertação-Faculdade de Engenharia de Alimentos).
- FNP – CONSULTORIA E COMÉRCIO. Disponível em: <http://www.fnp.com.br>. Acesso em: 14/07/2003.
- GERMANI, R.; WATANABE, E.; CARVALHO, J. L. V de; BENASSI, V. de T. **Curso de controle de qualidade tecnológica do grão e da farinha de trigo**. Rio de Janeiro: CTAA/EMBRAPA, 1998. 66p. (Apostila de curso).
- GROFF, R. Secagem de grãos. **Revista Seed News**, v.6, n.2. 2002.
- GUARIENTI, E. **Qualidade industrial de trigo**. 2ed. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. 36p.

- GUARIENTI, E. & DEL DUCA, L. de J. A. **Defeitos em grãos de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. 32p.
- HALL, C. W. **Drying and storage of agricultural crops**. Westport, The AVI Publishing, 1980. 383p.
- HALVERSON, J.; ZELENY, L. Criteria of wheat quality. In: POMERANZ, Y. (ed). **Wheat: Chemistry and Technology**. 3ed. St. Paul: AACC, v.1, p.15-46. 1988.
- HANSON, H.; BORLAUG, N. E. & ANDERSON, R. G. **Trigo en el tercer mundo**. México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo, 1982. 166p.
- HARRINGTON, J. F. Seed storage and longevity. In: KOSLOWSKI, T. T. **Seed Biology**. New York, Academic Press, v.3, p.145-245. 1972.
- HOSENEY, R. C. Principles of Cereal Science and Technology. St. Paul: **American Association of Cereal Chemists, AACC**, p.76-87. 1990.
- IAC. **Recomendações da Comissão Técnica de Trigo para 1996**. 1ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996, 74 p. (Boletim Técnico, 167).
- IAC. **Recomendações da Comissão Técnica de Trigo para 2002**. 3ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002, 92p. (Boletim técnico, 167).
- LACERDA, A. F.; QUEIROZ, D. M. ROA, G. Avaliação experimental de secador comercial intermitente de arroz. **Revista Brasileira de Armazenamento**. Viçosa, MG, v. 7, n.1, p.24-34. 1982.
- LASSERAN, J. C. Princípios gerais de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 3, n.3, p. 17-46. 1978.
- LIN, S. S. Alterações na lixiviação eletrolítica, germinação e vigor da semente de feijão envelhecida sob alta umidade relativa do ar e alta temperatura. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.2, n.2, p.1-6, 1990.

- LOEWER, O. J.; BRIDGES, T. C.; BUCKLIN, R. A. **On-farm drying and storage systems**. 9ed. ASEA, 1994. 560p.
- LUZ, W.C. **Identificação dos principais fungos das sementes de trigo**. Passo Fundo, EMBRAPA - CNPT, 1987. 28p. (Circular Técnica, 1).
- MACHADO, J.C. **Patologia de sementes - Fundamentos e aplicações**. Lavras, MEC/ESAL/FAEPE, 1988, 107p.
- MANDARINO, J. M. G. **Aspectos importantes para a qualidade do trigo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1993. 31p.
- MANDARINO, J. M. G. **Componentes do trigo: características físico-químicas, funcionais e tecnológicas**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1994. 36p.
- MARCOS FILHO, J. Qualidade fisiológica e maturação de sementes de soja cultivares Bragg e UFV-1 e comportamento das plantas no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 16(3), p.405-415, 1981.
- MARCOS FILHO, J.; CICERO, S. M. & SILVA, W. R. da. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba, FEALQ, 1987. 230p.
- MARTINS, C. C.; CARVALHO, N. M. Fontes de deterioração na produção de sementes de soja e respectivas anormalidades nas plântulas. **Revista Brasileira de Sementes**. 16(2): 168- 182. 1994.
- MARTINS, R. R.; FRANCO, J. B. da R.; OLIVEIRA, P. A. V. de. **Tecnologia de secagem de grãos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo/EMATER/RS, 1999. 90p. (Embrapa Trigo. Documentos, 8).
- MATHUR, S. B.; CUNFER, B. M. **Seed diseases and seed health testing of wheat**. Copenhagen: ABC Grafik, 1993, 168p.

- MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. 2ed. New York, 1986. 841p.
- NATH, R., NEERGAARD, P., MATHUR, S.B. Identification of *Fusarium* species on seeds as they occur on blotter test. **Proc. Int. Seed Test. Ass.**, n.35, p.121-144, 1970.
- NELLIST, M. E. Developments in continuous flow grain driers. **Agricultural Engineer**, 1982. P.74-80.
- NELLIST, M. E.; HUGUES, M. Physical and biological processes in the drying of seed. **Seed Science and Technology**, Zurich, 1(3):613-643, 1973.
- NEWPORT SCIENTIFIC. **Operation manual for the series 3**. Rapid Visco Analyser. Austrália. 1995. 92p.
- PARK, K. J. **Fundamentos de Secagem**. 1988, 26p. Não publicado.
- PENA, R. J.; ORTIZ-MONASTERIO, J. I.; SAYRE, K. D. Estrategias para mejorar (o mantener) la calidad panadera em trigo de alto potencial de rendimento. In: KOHLI, M. M.; MARTINO, D. **Explorando altos rendimientos de trigo**. Uruguai, CIMMYT-INIA, p.289-306. 1998.
- PIROZI, M. R. **Avaliação da qualidade tecnológica de variedades de trigo (*Triticum aestivum*) durante o armazenamento**. Lavras: UFLA, 1995, 149p. (Dissertação de Mestrado).
- PIZZINATTO, A.; CAMPAGNOLLI, D. M. F. **Avaliação e controle da qualidade da farinha de trigo**. Campinas, ITAL, 1992. 48p. Não publicado.
- POMERANZ, Y. Biochemical, functional and nutritive changes during storage. In: CRISTIENSEN, C. M. (ed.). **Storage of cereal grains and their products**. 2ed. St. Paul: AACC, p.56-114. 1974.

- POMERANZ, Y. Chemical composition of kernel structures. In: **Chemistry and Technology**, II. Y. Pomeranz (Ed.). Am. Assoc. Cereal Chem., St Paul. 3ed, p. 97-158. 1988.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2ed. Brasília. 1985. 289p.
- POPINIGIS, F. Necessidades de pesquisas relacionadas a qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.10, n.1, p.95-103. 1988.
- PREVIERO, C. A.; BIAGI, J. D. & FREITAS, J. G. de. Efeito da temperatura de secagem na qualidade fisiológica de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.). **Ingenieria Rural y Mecanización Agraria en al ámbito Latinoamericano**. p.412-416. 1998.
- PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola: Campinas, 1986. 603p.
- REIS, E.M. & CASA, R.T. **Patologia de sementes de cereais de inverno**. Passo Fundo, Aldeia Norte Editora, 1998. 88p.
- ROSA, O. de S. Temperaturas recomendadas para secagem de sementes de trigo e arroz utilizando o método intermitente. **V Seminário Panamericano de Sementes**. Venezuela, p.5-27. 1966.
- SAPASEM (**Semana de Atualização em Patologia de Sementes**), 1. Piracicaba, ESALQ/FEALQ, 1988. 76p.
- SCUSSEL, V. M. Fungos em grãos armazenados. In: LORINI, I.; MIIKE, L.H.; SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de grãos**. 1ed. Campinas:IBG. p.675-691. 2002a.
- SCUSSEL, V. M. Fatores que favorecem o desenvolvimento de fungos e produção de toxinas. In: LORINI, I.; MIIKE, L.H.; SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de grãos**. 1ed. Campinas:IBG. p.739-756. 2002b.

- SILVA, J. de S.; AFONSO, A. D. L.; GUIMARÃES, A. C. Estudos dos métodos de secagem. In: SILVA, J. de S. (ed). **Pré-processamento de Produtos Agrícolas**. 1ed. Juiz de Fora. p.105 –143. 1995a.
- SILVA, J. de S.; AFONSO, A. D. L.; LACERDA FILHO, A. F. de. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. In: SILVA, J. de S. (ed). **Pré-processamento de Produtos Agrícolas**. 1ed. Juiz de Fora. p.395-462. 1995b.
- SILVA, J. de S.; DONZELES, S. M. L.; AFONSO, A. D. L. Qualidade dos grãos. In: SILVA, J. de S. (ed). **Pré-processamento de Produtos Agrícolas**. 1ed. Juiz de Fora. p.55 –104. 1995c.
- SPINA, I. A. T.; CARVALHO, N. M. Testes de vigor para selecionar lotes de amendoim antes do beneficiamento. **Ciência Agrônômica**. Jaboticabal, 1(1):,1986.
- TEKRONY, D. M. & EGLI, D. B. Relationship of seed vigor to crop field: a review. **Crop Science**, 31, p.816-822, 1991.
- TOLEDO, F. F. & MARCOS FILHO, J. **Manual das sementes**. Tecnologia da produção. São Paulo. Editora Agrônômica Ceres, 1977. 224p.
- UNESP RURAL. Teste de vigor: o fim das surpresas no campo. **Revista Unesp Rural**, n.16, p24-25. 1999.
- VILLELA, F. A. **Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade de sementes de milho**. Piracicaba, ESALQ-USP. 1991. 104p. (tese de Doutorado).
- WEBER, E. A. **Armazenagem Agrícola**. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1995. 395p.
- WETZEL, M. M. V. S. Fungos de armazenamento. In: **Patologia de Sementes**. Fundação CARGILL, Campinas, p.260-275. 1987.
- WIESE, M. V. **Compendium of wheat diseases**. St. Paul, APS Press., 1977, 106 p.

WOODSTOCK, L. W. Physiological and biochemical tests for seed vigor. **Seed Science & Technology**, 1(1):127-157, 1973.

## **ANEXO**

TABELA 1A: Níveis de significância dos valores de F obtidos nas análises de variância dos dados referentes as avaliações realizadas em grãos e sementes de trigo comum e duro, nos tratamentos de colheita e secagem (CS) e armazenagem (A).

Características avaliadas	Causas de variação											
	Colheita e secagem (CS)			Armazenagem (A)			Interação (CS x A)			C. V. (%)		
	IAC 24	IAC289	IAC1003	IAC 24	IAC289	IAC1003	IAC 24	IAC289	IAC1003	IAC 24	IAC289	IAC1003
Atividade de água	**	**	**	**	**	**	**	**	**	0,6	0,7	0,6
Teor de água	**	**	**	**	*	**	**	ns	**	2,2	3,5	1,9
Peso de mil sementes	**	**	**	**	**	**	ns	**	**	1,5	2,1	1,6
Germinação	**	**	**	**	**	**	**	**	**	5,5	5,7	7,5
Germinação total	**	**	**	*	**	**	**	**	**	5,8	6,1	7,1
Envelhecimento acelerado	**	**	**	**	**	**	**	**	**	6,7	7,9	7,4
Envelhecimento acelerado total	**	**	**	**	**	**	**	**	**	5,8	7,3	6,9
Crescimento de plântulas	**	**	**	**	**	**	**	**	**	17,1	16,1	20,5
Peso hectolítrico	**	**	**	**	**	**	**	**	**	0,2	0,2	0,2
Teor de glúten	*	*	-	*	*	-	ns	ns	-	1,4	2,2	-
Número de queda	**	**	**	**	**	**	ns	**	**	5,2	3,8	3,9
Viscosidade	**	**	**	**	**	**	**	**	**	1,2	1,6	1,3
Proteínas	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	6,3	5,9	5,3
Fibra Bruta	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	6,1	4,8	6,3
Lipídios	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	9,1	6,4	8,3
Cinzas	ns	*	*	ns	*	*	ns	**	ns	10,2	8,5	8,0
Carboidratos	*	*	*	ns	*	*	ns	ns	ns	1,6	1,5	1,5

Continua

Características avaliadas	Causas de variação											
	Colheita e secagem (CS)			Armazenagem (A)			Interação (CS x A)			C. V. (%)		
	IAC 24	IAC289	IAC1003	IAC 24	IAC289	IAC1003	IAC 24	IAC289	IAC1003	IAC 24	IAC289	IAC1003
<i>Alternaria alternata</i>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	4,9	5,4	6,1
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	22,4	15,1	17,4
<i>Cladosporium herbarum</i>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	14,7	22,1	19,3
<i>Epicoccum purpuracens</i>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	8,4	12,2	13,7
<i>Fusarium spp.</i>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	27,0	24,8	16,0
<i>Penicillium spp.</i>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	9,2	8,0	12,4

ns = não significativo

\* = significativo a 5% de probabilidade

\*\* = significativo a 1% de probabilidade