

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

TESE DE DOUTORADO

**Efeito da interação genótipo x ambiente no Estado de São Paulo sobre
parâmetros de qualidade do trigo e nas características físico-químicas e
funcionais do amido**

**Maria Antonia Calori Domingues
Engenheira Agrônoma**

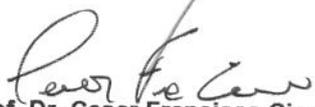
**Prof. Dr. César Francisco Ciacco
Orientador**

**Profa. Dra. Célia Maria Landi Franco
Co-orientadora**

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por **Maria Antonia Calori Domingues**, aprovada pela Comissão Julgadora em 05 de novembro de 2002.

Campinas, 05 de novembro de 2002.


Prof. Dr. Cesar Francisco Ciacco
Presidente da Banca

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade de Estadual de Campinas, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Tecnologia de Alimentos

**Campinas –SP
2002**

**UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE**

UNIDADE	BC
Nº CHAMADA	T/UNICAMP
	D713e
V	EX
TOMBO BC/	51861
PROC.	16-837-02
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	16/12/02
Nº CPD	

CM00177079-7

BIB ID 272482

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

D713e Domingues, Maria Antonia Calori
Efeito da interação genótipo x ambiente no Estado de São Paulo sobre parâmetros de qualidade do trigo e nas características físico-químicas e funcionais do amido / Maria Antonia Calori Domingues. – Campinas, SP: [s.n.], 2002.

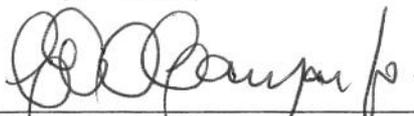
Orientador: César Francisco Ciacco
Co-orientador: Célia Maria Landi Franco
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.Trigo. 2.Amido. 3.Qualidade – Tecnologia. I.Ciacco, César Francisco. II.Franco, Célia Maria Landi. III.Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. IV.Título.

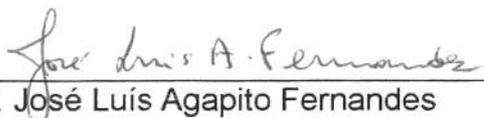
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. César Francisco Ciacco
Universidade Estadual de Campinas
(Orientador)



Dr. Carlos Eduardo de Oliveira Camargo
Instituto Agronômico de Campinas
(Membro)



Dr. José Luís Agapito Fernandes
Corn Products Brasil
(Membro)



Profa. Dra. Silene Bruder Silveira Sarmento
Universidade de São Paulo
(Membro)



Prof. Dr. Yoon Kil Chang
Universidade de Campinas
(membro)

Prof. Dr. Dr. Felix Guillermo R. Reyes
Universidade de Campinas
(membro)

Profa. Dra. Maria Victoria Eiras Grossmann
Universidade Estadual de Londrina
(Membro)

200253623

***Dedico este trabalho ao meu marido José Luiz,
aos meus filhos Luiza, Paula e Pedro e
a todas as pessoas que colaboraram e me
incentivaram na execução dessa pesquisa***

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos

Ao Professor César Francisco Ciacco, pela orientação segura, compreensão, confiança e incentivo na realização desse trabalho.

À Profa. Dra. Célia Maria Landi Franco, pela co-orientação, colaboração, e sugestões sempre valiosas.

Ao Dr. Carlos Eduardo de Oliveira Camargo, do Instituto Agronômico de Campinas, pelo apoio, incentivo e pela concessão das amostras para realização desse trabalho.

À Profa. Dra. Celina Raquel de Oliveira Camargo, que me orientou no início do curso de doutorado pela confiança e apoio.

Ao Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA-UNICAMP por me proporcionar a oportunidade e infraestrutura necessárias para realização do curso de doutorado bem como da parte experimental da tese.

Ao Departamento de Agroindústria Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP pela oportunidade concedida para realização do curso de doutorado.

Aos Professores do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP, especialmente os professores: Silene B. S. Sarmento, Jorge Horii, Marisa A. B. Regitano d'Arce, Cláudio Rosa Gallo, Marília Oetterer, que prontamente colaboraram, permitindo a utilização de seus laboratórios nas diversas etapas e análises desse estudo.

Aos Professores Dr. Décio Barbin e Dra. Sônia M. de Stefano Piedade do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP pela auxílio no planejamento estatístico e análise dos dados.

Aos funcionários do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP, especialmente Carlota Boralli Prudente dos Anjos, Regina Helena Gonçalves, Maria Fernanda de Almeida Prado, Luiz Carlos Rodrigues e Maria de Lourdes Perin Storer e a Nivanda Maria de Moura do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP que colaboraram nas determinações analíticas e/ou etapas desse estudo.

À Química Maria Carolina Duarte, do Laboratório de Cereais da FEA-UNICAMP pela colaboração e apoio na utilização dos equipamentos utilizados nesse estudo.

À Profa. Dra. Lireny A. Guaraldo Gonçalves do DTA-FEA-UNICAMP, pela autorização do uso do Calorímetro Diferencial por Varredura (DSC), nos testes iniciais, e à doutoranda Maria Vitoria Gilabert Escrivá, pela colaboração na utilização do equipamento.

À Profa. Dra. Débora de Queiroz Tavares e a Yara Fagnani Honório do DEPAN-FEA-UNICAMP pela realização das microfotografias dos grãos de trigo e dos grânulos de amido de trigo em microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura.

Ao Dr. Dr. Rogério Germani da EMBRAPA-Agroindústria de Alimentos (CTAA) pela análise de dureza dos grãos de trigo.

Ao Prof. Dr. Luiz Gustavo Nussio do Departamento de Produção Animal da ESALQ/USP por disponibilizar reagentes, equipamentos e pessoal de apoio para realização da análise de amido nos grãos de trigo.

Ao sr. Dario Bonna da empresa Micronal S.A. que prontamente realizou a determinação do tamanho dos grânulos de amido nas amostras avaliadas nesse estudo.

Aos meus amigos e colegas de trabalho do Laboratório de Micotoxinas-LAN/ESALQ/USP, Eng^o Agr^o Eduardo Micotti da Gloria e Biomédica Ivani Valarini Zambello, pelas sugestões, colaboração e apoio.

À estagiária Renata Caroline de Oliveira, pelo valioso auxílio na etapa de extração de amido.

A todas as pessoas de alguma forma contribuíram para realização do curso de doutorado e que me auxiliaram na realização desse trabalho.

À minha família que sempre me apoiou e confiou no êxito do cumprimento desta etapa.

A Deus

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xvi
RESUMO	xvii
ABSTRACT	xix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Características gerais da cultura do trigo.....	4
2.2. Qualidade industrial do trigo.....	6
2.2.1. Peso do hectolitro (PH).....	7
2.2.2. Peso de mil grãos (PMG).....	8
2.2.3. Dureza	9
2.2.4. Número de queda	10
2.2.5. Qualidade da proteína.....	11
2.3. Aspectos gerais do amido de trigo.....	14
2.4. Composição do amido.....	15
2.5. Distribuição do tamanho dos grânulos de amido.....	16
2.6. Características funcionais do amido de trigo.....	21
2.7. Influência do ambiente nas características do amido.....	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Material.....	27
3.1.1. Reagentes.....	27
3.1.2. Equipamentos.....	27
3.1.3. Obtenção das amostras.....	28
3.2. Métodos.....	32
3.2.1. Avaliação da qualidade dos grãos de trigo.....	32
3.2.1.1. Teor de umidade.....	32

3.2.1.2. Avaliação do peso do hectolitro (PH).....	33
3.2.1.3. Peso de mil grãos (PMG).....	33
3.2.1.4. Dureza.....	33
3.2.1.5. Teor de proteína.....	34
3.2.1.6. Teor de cinza.....	34
3.2.1.7. Número de queda.....	34
3.2.1.8. Teor de amido.....	35
3.2.1.9. Estrutura dos grãos de trigo.....	35
3.3 Obtenção do amido.....	36
3.4. Análises físico-químicas do amido isolado.....	37
3.4.1. Teor de umidade.....	37
3.4.2. Teor de nitrogênio.....	37
3.4.3. Teor de fósforo e lisofosfolipídeos.....	38
3.4.4. Teor de amilose total, amilose aparente e amilose complexada com lipídeos.....	38
3.4.5. Distribuição do tamanho dos grânulos de amido.....	39
3.4.6. Microscopia eletrônica de varredura do amido.....	39
3.5. Propriedades do amido.....	40
3.5.1. Poder de Inchamento.....	40
3.5.2. Propriedades térmicas do amido.....	41
3.5.3. Propriedades de pasta do amido.....	41
3.6. Obtenção e caracterização das farinhas.....	44
3.6.1. Moagem do trigo.....	44
3.6.1.1. Condicionamento.....	44
3.6.1.2. Moagem dos grãos.....	44
3.6.2. Teor de umidade.....	45
3.6.3. Teor de proteína.....	45
3.6.4. Teor de cinza.....	45
3.6.5. Número de queda.....	45
3.7. Análise reológica da massa por farinografia.....	45
3.8. Análise estatística.....	46

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1. Avaliação da qualidade dos grãos de trigo.....	47
4.1.1. Produtividade.....	47
4.1.2. Teor de umidade dos grãos.....	50
4.1.3. Peso do hectolitro (PH)	51
4.1.4. Peso de mil grãos (PMG)	54
4.1.5. Dureza.....	56
4.1.6. Teor de proteína no grão.....	58
4.1.7. Teor de cinza no grão.....	61
4.1.8. Número de queda.....	63
4.1.9. Estrutura dos grãos de trigo.....	64
4.1.10. Teor de amido no grão.....	66
4.1.11. Rendimento da extração de amido	68
4.2. Características físico-químicas do amido	69
4.2.1. Teor de umidade.....	70
4.2.2. Teor de nitrogênio.....	70
4.2.3. Teor de fósforo e de lisofosfolídeos.....	70
4.2.4. Teores de amilose total e amilose aparente e amilose complexada com lipídeos.....	72
4.2.5. Distribuição do tamanho dos grânulos de amido.....	78
4.2.6. Microscopia eletrônica de varredura do amido isolado.....	88
4.3. Propriedades do amido.....	90
4.3.1. Poder de inchamento	90
4.3.2. Propriedades térmicas do amido.....	93
4.3.2.1. Gelatinização.....	94
4.3.2.2. Retrogradação.....	99
4.3.3. Propriedades de pasta	103
4.3.3.1. Temperatura de pasta (TP)	103
4.3.3.2. Viscosidade máxima.....	105
4.3.3.3. Tempo para atingir a viscosidade máxima.....	108

4.3.3.4. Viscosidade mínima ou viscosidade da pasta quente....	108
4.3.3.5. Quebra na viscosidade.....	110
4.3.3.6. Viscosidade final.....	112
4.3.3.7. Retrogradação	112
4.4. Caracterização da farinha.....	115
4.4.1. Rendimento de extração de farinha (moagem).....	115
4.4.2. Análises físico-químicas da farinha.....	117
4.4.2.1. Teor de umidade.....	117
4.4.2.2. Teor de proteína.....	117
4.4.2.3. Teor de cinza.....	118
4.4.2.4. Número de queda	121
4.4.3. Análise reológica da massa por farinografia.....	122
5. CONCLUSÕES.....	127
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Características agronômicas dos genótipos de trigo originais, não mutantes, avaliados	29
Tabela 2.	Características tecnológicas dos genótipos de trigo originais, não mutantes, avaliados.....	29
Tabela 3.	Estações Experimentais e condições de suplementação de água e acidez no solo.....	31
Tabela 4.	Média mensal das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluvial mensal no ano de 1999 nas Estações experimentais de Capão Bonito, Tietê e Tatui.....	32
Tabela 5.	Escala de dureza dos grãos, segundo Kosmolak	34
Tabela 6.	Parâmetros utilizados na determinação das propriedades de pasta do amido pelo aparelho RVA (Rapid Visco Analyser).....	42
Tabela 7.	Análise de variância dos parâmetros medidos nos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	47
Tabela 8.	Produtividade média de grãos dos 8 genótipos de trigo cultivadas nas Estações Experimentais de Tatui, Tietê e Capão Bonito e resultados da análise estatística.....	48
Tabela 9.	Valores de peso do hectolitro e classificação quanto ao tipo das amostras de grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	51
Tabela 10.	Valores de peso de mil grãos das amostras de grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	55
Tabela 11.	Valores de dureza das amostras de grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	57

Tabela 12.	Teores de proteína, corrigidos para 14% de umidade, nos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	58
Tabela 13.	Teores de cinza nos grãos, corrigidos para 14% de umidade, dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	62
Tabela 14.	Valores do número de queda, em segundos, dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	64
Tabela 15.	Teor de amido nos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	66
Tabela 16.	Rendimento de extração de amido dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	69
Tabela 17.	Análise de variância de características avaliadas no amido dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	70
Tabela 18.	Teores de fósforo e de lisofosfolípídeos do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	71
Tabela 19.	Teor de amilose total no amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	74
Tabela 20.	Teor calculado de amilose complexada com lipídeos (ΔAM_L) no amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	76
Tabela 21.	Teor de amilose aparente no amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	78

Tabela 23.	Porcentagem dos grânulos de amido menores que 2 μm das amostras de amido isoladas dos 8 genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	84
Tabela 24.	Porcentagem dos grânulos de amido menores que 5 μm das amostras de amido isoladas dos 8 genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	85
Tabela 25.	Porcentagem dos grânulos de amido menores que 10 μm das amostras de amido isoladas dos 8 genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	85
Tabela 26.	Porcentagem dos grânulos de amido maiores que 16 μm das amostras de amido isoladas dos 8 genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	86
Tabela 27.	Análise de variância do poder de inchamento do amido dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	90
Tabela 28.	Poder de Inchamento a 75°C do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	90
Tabela 29.	Análise de variância das características avaliadas no DSC do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo.....	93
Tabela 30.	Valores de T_0 na gelatinização do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	95
Tabela 31.	Valores de T_p na gelatinização do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	96
Tabela 32.	Valores de T_c na gelatinização do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	96

Tabela 33.	Valores de ΔH na gelatinização do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	97
Tabela 34.	Valores de T_0 na retrogradação do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	100
Tabela 35.	Valores de T_p na retrogradação do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	100
Tabela 36.	Valores de T_c na retrogradação do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	101
Tabela 37.	Valores de ΔH na retrogradação do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	101
Tabela 38.	Análise de variância das características avaliadas no RVA do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo.....	103
Tabela 39.	Valores de temperatura de pasta (em °C), do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo, obtidas através do RVA.....	104
Tabela 40.	Valores de viscosidade máxima do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo, obtidas através do RVA.....	106
Tabela 41.	Tempo para atingir a viscosidade máxima do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo, obtidos através do RVA.....	109
Tabela 42.	Valores de viscosidade mínima do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo, obtidas através do RVA.....	110

Tabela 43.	Valores de quebra na viscosidade (<i>Breakdown</i>) do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo, obtidos através do RVA.....	111
Tabela 44.	Valores de viscosidade final do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo, obtidos através do RVA.....	113
Tabela 45.	Valores de retrogradação do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo, obtidos através do RVA.....	114
Tabela 46.	Rendimento de extração de farinha dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	115
Tabela 47.	Análise de variância das características avaliadas na farinha de trigo obtida dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	117
Tabela 48.	Teores de proteína nas farinha obtidas dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	118
Tabela 49.	Teores de cinza nas farinha obtidas dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	120
Tabela 50	Valores de número de queda, em segundos, das farinhas obtidas dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.....	122
Tabela 51	Resultados de Absorção (%), Estabilidade (min.), Tempo de Desenvolvimento (min) e Índice de Tolerância (UF) obtidos na farinografia das amostras de farinha de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo.....	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Distribuição pluviométrica (médias mensais) referentes ao período de abril a setembro/99 nas estações Experimentais do IAC de Capão Bonito, Tietê e Tatuí...	31
Figura 2.	Curva viscoamilográfica, obtida pelo RVA, de uma amostra de amido de trigo, com identificação dos parâmetros avaliados.....	43
Figura 3.	Fotomicrografia do corte transversal do grão de trigo IAC 17 observado em microscópio óptico com luz polarizada (aumento de 680 vezes).....	65
Figura 4.	Fotomicrografia da secção por fratura transversal do grão de trigo IAC 17 observado em microscópio eletrônico de varredura (aumento de 400 vezes).....	65
Figura 5.	Distribuição, em volume, do tamanho dos grânulos do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzido em Capão Bonito (CB), Tietê (TTE) e Tatuí (TUI).....	81
Figura 6.	Fotomicrografias (aumento de 1500 X) do amido isolado dos genótipos de trigo IAC 17 (A), IAC 24 (B), BH1146 (C) e ANAHUAC (D).....	89

TESE DE DOUTORADO

Autora: Maria Antonia Calori Domingues

Título: Efeito da interação genótipo x ambiente no Estado de São Paulo sobre parâmetros de qualidade do trigo e nas características físico-químicas e funcionais do amido.

Orientador: Prof. Dr. César Francisco Ciacco

Departamento de Tecnologia de Alimentos – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas

RESUMO

O conhecimento das características tecnológicas dos genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) normalmente cultivados ou que fazem parte de programas de melhoramento, e também o conhecimento do efeito da interação genótipo e condições de produção (ambiente) são importantes para os diversos segmentos relacionados à industrialização desse cereal. A qualidade dos produtos de panificação e de pastas alimentícias está diretamente relacionada com a qualidade dos grãos empregados na produção da farinha utilizada para elaboração dos mesmos.

Neste trabalho estudou-se o efeito da interação genótipo x ambiente, no Estado de São Paulo, sobre alguns parâmetros de qualidade do trigo e nas características físico-químicas e funcionais do amido isolado de grãos de trigo dos genótipos avaliados.

Quatro genótipos de trigo, apresentando características tecnológicas e agronômicas distintas, pertencentes ao programa de melhoramento do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC 17, IAC 24, Anahuac, BH 1146) e mutantes desses genótipos, obtidos através de irradiação gama, apresentando melhores características agronômicas (IAC 17 M, IAC 24 M, Anahuac M, BH 1146 M), foram produzidos em 3 estações experimentais do IAC, no Estado de São Paulo, sob condições edafoclimáticas distintas (temperatura, índice pluviométrico/ disponibilidade de água e toxicidade de alumínio no solo).

Os genótipos foram avaliados quanto às características de qualidade dos grãos (rendimento, peso do hectolitro, peso de mil grãos, número de queda, dureza, teores de proteína, cinza, amido), características físico-químicas do amido isolado (teores de nitrogênio, fósforo, fosfolipídeos, amilose total, amilose aparente e amilose complexada com lipídeos, distribuição do tamanho dos grânulos, características funcionais do amido isolado (poder de Inchamento, propriedades térmicas e de pasta do amido) e características físico-químicas e farinográficas da farinha obtida dos grãos.

Pelos resultados obtidos, nas condições ambientais em que foram cultivados os genótipos, pode-se concluir que: a) a interação genótipo ambiente afetou as características de qualidade dos grãos quanto aos parâmetros avaliados sendo que para cada genótipo as condições ambientais afetaram tais características de maneiras distintas; b) existiu interação genótipo x ambiente para as características físico-químicas e características funcionais do amido, no entanto esta variou dependendo do genótipo e da característica avaliada; c) de uma maneira geral os genótipos originais diferiram de seus respectivos mutantes, quanto às características físico-químicas e funcionais do amido, embora as variações observadas tenham sido dependentes do genótipo e da característica avaliada; d) a existência da interação genótipo x ambiente nas características físico-químicas e características funcionais avaliadas no amido indica que os programas de melhoramento e seleção do trigo para tais características devem ser realizados em diferentes ambientes de produção; e) os ambientes de produção de trigo influenciaram o rendimento e a qualidade das farinhas obtidas, em relação às características físico-químicas e às propriedades de massa medidas no farinógrafo sendo que a magnitude das variações observadas foram dependentes do genótipo.

Palavras-chave: trigo, qualidade tecnológica, amido, condições ambientais, mutantes

DOCTORATE THESIS

Author: Maria Antonia Calori Domingues

Title: Effect of the genotype x environment interaction in the State of São Paulo on parameters of quality of the wheat and on the physicochemical and functional characteristics of the starch

Supervisor: Prof. Dr. César Francisco Ciacco

Department of Food Technology – Faculty of Food Engineering – State University of Campinas

ABSTRACT

The understanding of the technological characteristics of the wheat genotypes usually grown or included in breeding programmes and the understanding of the effect of the genotype and environment interactions are important to the diverse segments of the industrialization of this cereal. The quality of baking and pasta products is directly related with the grain quality used in the production of the flour that will be used to elaborate them.

In this research it was studied the effects of environment and genotype interaction on the parameters of quality of the wheat grain and flour and on the physicochemical and functional properties of the starch isolated from the grains.

Four wheat genotypes, showing different technological characteristics, included in the Instituto Agrônomo de Campinas breeding program (IAC 17, IAC 24, Anahuac, BH 1146) and the respective mutants obtained by gamma radiation showing better agronomic performance (IAC 17 **M**, IAC 24 **M**, Anahuac **M**, BH 1146 **M**) were grown under three distinct environmental conditions (temperature, rainfall / soil water availability, soil aluminum toxicity) in the State of São Paulo, Brazil.

The genotype evaluation was made by a) grain quality analyses (test weight, thousand kernel weight, falling number, grain protein, ash and starch contents); b) physicochemical starch characteristics (nitrogen, phosphorus, total, apparent

and lipid-complexed amylose contents, particle size distribution); c) functional starch characteristics (swelling power, thermal and pasta properties); d) physicochemical (protein and ash contents, falling number) and farinographic characteristics (water absorption, stability, development time, mixing tolerance index) of the flour.

The results shown that: a) the interaction of genotypes and environments affected the grain quality parameters analyzed and the variation observed were dependent on the genotype; b) the physicochemical and functional starch characteristics were affected by the genotype and environment interaction however they varied according to the genotype and characteristic evaluated; c) the original genotypes, generally, differed of their respective mutant with regard to the physicochemical and functional starch characteristics although the observed variations were dependent on the genotype and characteristic evaluated; d) the occurrence of wheat genotype and environment interaction in the physicochemical and functional wheat starch characteristics indicated that in breeding programmes the selection for starch properties should be carry out in different production environments and e) the differences among the production environment conditions affected the yield and the quality of the wheat flour concerning to the physicochemical and farinographic characteristics of the flour. The occurrence and the magnitude of these studied variables were dependent on the genotypes evaluated.

Key words: wheat, technological quality, starch, environmental conditions, and mutants.

1. INTRODUÇÃO

O trigo (*T. aestivum* L.) é o cereal mais plantado no mundo e apresenta grande importância na alimentação humana sendo considerado uma das suas principais fontes de nutrientes.

O principal produto obtido através dos processos de moagem dos grãos de trigo é sua farinha que é utilizada principalmente na fabricação de pães, massas alimentícias, bolos e biscoitos. O consumo de produtos derivados de trigo no Brasil tem apresentado um crescimento ao longo dos anos sendo que o consumo atual de pão é de 27 kg/pessoa/ano e o de macarrão é de 5,7 kg/pessoa/ano.

O atual consumo de grãos de trigo, no Brasil é da ordem de 10 milhões de toneladas e o trigo nacional, nos últimos anos, representou apenas 20 a 25% do que se é consumido no mercado interno, em função de aspectos agronômicos, tecnológicos e político-econômicos.

Os programas de melhoramento genético desenvolvidos por institutos de pesquisa nas regiões produtoras ou com potencial de produção de trigo no Brasil, tem como objetivos a melhoria das características agronômicas dos genótipos estudados, como aumento da produtividade, resistência a doenças, tolerância ao alumínio presente nos solos, entre outros, e também a avaliação das características tecnológicas da farinha obtida.

O conhecimento das características tecnológicas dos genótipos cultivados ou que fazem parte de programas de melhoramento do trigo é de grande importância para que os mesmos possam ser empregados nos diversos segmentos da indústria alimentícia que utiliza a farinha de trigo uma vez que a qualidade da matéria prima é fundamental para obtenção produtos de panificação e de pastas alimentícias de boa qualidade.

As condições de cultivo, colheita e armazenamento além da constituição genética de cada genótipo ditam a qualidade dos grãos que é refletida na qualidade dos produtos elaborados com a farinha obtida dos mesmos.

As proteínas e o amido são os principais constituintes dos grãos de trigo e assim seus teores e propriedades são determinantes na qualidade dos produtos alimentícios derivados de trigo.

Várias pesquisas já foram e ainda são realizadas por todo mundo e também aqui no Brasil, mostrando que o teor e a qualidade da proteína do trigo é dependente dos fatores agrônômicos e ambientais durante o ciclo da cultura, condições de umidade na colheita e na pós-colheita e das técnicas empregadas para secagem.

Também o amido vem sendo estudado e suas propriedades correlacionadas com aspectos de qualidade dos grãos uma vez que é o componente em maior quantidade no grão e na farinha de trigo empregada para produção de pães e massas alimentícias, portanto apresentando, portanto, um papel importante no que diz respeito à qualidade dos produtos alimentícios elaborados com a mesma (Zeng et al., 1997).

O amido da farinha de trigo afeta a qualidade dos produtos alimentícios com ela elaborados devido às interações do amido e água, que são dependentes da temperatura, durante os processos de gelatinização, de formação da pasta e de retrogradação (Zeng et al., 1997).

Revisando a literatura verifica-se que há vários trabalhos realizados em outros países sobre a influência do genótipo, do ambiente e da interação genótipo x ambiente na qualidade e na composição do amido de trigo. No Brasil, até o momento não há informações sobre a qualidade do amido de genótipos de trigo utilizados para semeadura nem sobre o efeito do ambiente ou interação genótipo x ambiente na qualidade do amido de trigo.

Gerar essas informações para alguns dos genótipos já cultivados ou para aqueles que estão incluídos num programa de melhoramento genético poderá certamente auxiliar no direcionamento desses programas para que se tenha um melhor emprego tecnológico das farinhas obtidas em função de suas características bem como do produto final desejado.

Assim considerando-se os resultados obtidos pelos vários trabalhos de pesquisa já realizados no Brasil e em outros países no que se refere ao efeito do ambiente na qualidade industrial do trigo e apenas no exterior sobre o efeito do ambiente nas características do amido foram formuladas algumas hipóteses sobre possíveis variações de algumas dessas características nos genótipos de trigo plantados em ambientes que representam as condições de produção de trigo no Estado de São Paulo.

Esta pesquisa teve por objetivos:

- verificar o efeito da interação genótipo X ambiente na qualidade tecnológica (grãos e farinhas) de 4 genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L) e seus respectivos mutantes obtidos no programa de melhoramento genético de trigo do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), e selecionados por critérios agrônômicos em ensaios anteriores.
- extrair o amido dos grãos dos genótipos avaliados e verificar o efeito da interação genótipo x ambiente nas características físico químicas e funcionais do amido isolado;
- comparar os genótipos originais e seus respectivos mutantes quanto às características tecnológicas avaliadas da farinha obtida dos grãos e às características físico-químicas e funcionais do amido isolado dos grãos.

2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

2.1. Características gerais da cultura do trigo

O trigo é uma planta de grande dispersão geográfica cuja cultura se espalhou e se pratica em todos os continentes e em quase todos os países do mundo sob as mais diversas condições ambientais (Bayma, 1960). Todas as áreas da cultura de trigo tem muito em comum pois são regiões onde há grande variação anual de temperatura e onde são relativamente escassas as precipitações pluviométricas (Kalckmann et al., 1965).

Existem basicamente dois modelos de triticultura que permitem produzir trigo a custos internacionalmente competitivos: o modelo de baixo investimento, empregado em regiões com baixa disponibilidade de água e reduzido uso de insumos e o modelo de alta produtividade empregado em regiões nas quais a deficiência hídrica não é fator limitante e há utilização de variedades de alto rendimento, adubação, fungicidas e inseticidas (Rosa e Rosa Filho, 1998)

No Brasil, o trigo é cultivado em três grandes regiões: região tritícola sul que abrange os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, e sul do Paraná; região tritícola centro-sul que abrange o norte e oeste do Paraná, sul de Mato Grosso do Sul e São Paulo e a região tritícola central compreendendo o Planalto Central do país - Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal (Guarienti, 2001). O Estado do Paraná é o maior produtor de trigo no Brasil (FNP, 2001).

A triticultura brasileira, em sua grande parte, está instalada em solos ácidos, com elevados teores de alumínio trocável ou solúvel que inibem o crescimento das raízes da maioria das variedades de trigo, resultando em menor número de perfilhos por planta e baixa produtividade (Camargo et al., 1987; Camargo, 1998). De acordo com Camargo (1993) o alumínio é um constituinte das partículas de argila do solo e sua toxicidade é teoricamente possível na maioria dos solos onde

o pH apresenta-se suficientemente baixo, o que provoca a decomposição nas estruturas minerais da argila (geralmente pH inferior a 5,5, particularmente menor que 5,0). Quando o pH do solo encontra-se nesses níveis, parte do alumínio constituinte das partículas de argila migra para a solução do solo podendo restringir o crescimento das raízes dos genótipos de trigo sensíveis. Esse alumínio, nas camadas superficiais do solo (cerca de 30 cm), pode ser precipitado pela realização da calagem, porém no subsolo, permanece solúvel e tóxico às plantas.

Segundo Camargo (1993) e Camargo et al. (2001) os trabalhos de obtenção de novos cultivares de trigo para o Estado de São Paulo devem considerar os seguintes aspectos: maior produtividade, porte semi-anão, palha forte, resistência ao acamamento, maior fertilidade de espiga, maior perfilhamento, precocidade (ciclo de 100 a 120 dias), resistência à degrana, resposta à adubação, adaptação ampla, resistência a doenças, tolerância a níveis tóxicos de alumínio e melhor qualidade nutricional e tecnológica. Este é um dos objetivos do programa de melhoramento genético do trigo no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

Dados apresentados por Pedrollo (1999) evidenciam que os principais mercados consumidores de farinha de trigo comum no Brasil são os setores de: panificação (46%), uso doméstico (20%), indústrias de massas (14%) e indústria de biscoito (11%). A aptidão dos trigos para diferentes usos industriais pode ser determinada por várias características do grão e da farinha, que dependem tanto do genótipo como das condições ambientais de produção (Bequete, 1989). As variações edafoclimáticas referentes tanto ao local como ao ano de produção, segundo diversos autores (Halverson & Zeleny, 1988; Mandarino, 1993; Lopez-Bellido et al., 1998), podem afetar consideravelmente a qualidade tecnológica do trigo além dos parâmetros agrícolas relativos à produção (produtividade, resistência às doenças e acamamento).

Neste sentido, a capacidade de transformar o trigo em um grande número de produtos depende muito das condições de produção, considerando a maturidade do grão e se o este está infestado por doenças ou tenha sofrido danos devido às condições climáticas.

2.1. Qualidade industrial do trigo

O grão de trigo é composto de três partes principais: endosperma, casca (farelo) e gérmen, que corresponde a aproximadamente 83%, 14,5% e 2,5% do grão, respectivamente (Ciacco e Chang, 1986). Os métodos modernos de moagem removem o gérmen e o farelo produzindo uma farinha que contém essencialmente o endosperma sendo, portanto, rico em amido (Lineback & Raper, 1988).

O conceito de qualidade em relação aos grãos de trigo está intimamente relacionado com o destino industrial dos produtos obtidos e esta qualidade não pode ser avaliada a partir de um único parâmetro ou propriedade. Ela não depende somente das características físicas e químicas do grão, mas também do sistema de moagem utilizado para a produção da farinha ou semolina, das características físicas da massa e do processamento empregado para a obtenção do produto final (Mandarino, 1993).

Assim trigo adequado para um determinado uso pode possuir certas qualidades que o faz totalmente insatisfatório para outro uso. As várias partes do grão também possuem diferentes usos, por exemplo, o farelo é utilizado para ração, o gérmen como suplemento dietético e o endosperma para farinha. Os critérios de qualidade referem-se, na maioria dos casos, às características do endosperma (Halverson & Zeleny, 1988).

A qualidade do trigo também pode ser definida, segundo Guarienti (1996) como o resultado da interação do potencial genético do cultivar e dos efeitos das

condições climáticas e de solo, da incidência de doenças e pragas, do manejo da produção da cultura, das operações de colheita, secagem e armazenamento.

Para avaliar a qualidade industrial do trigo são empregados testes físico químicos, como peso do hectolitro, peso de mil grãos, dureza, número de queda e qualidade da proteína.

2.1.1. Peso do hectolitro (PH)

Dentre as características físicas que determinam a qualidade do trigo tem-se o peso do hectolitro (PH), medida que indica o peso específico do grão, normalmente expresso em quilogramas por 100 litros (kg/hl).

De acordo com Halverson & Zeleny (1988) e Guarienti (1996) o formato e a uniformidade do tamanho do grão, a textura do tegumento e o peso são fatores importantes que afetam o PH na medida em que influenciam a maneira como os grãos se orientam dentro do recipiente de medida de volume. Outro fator importante que influencia o PH é a densidade do grão, que é determinada pela estrutura biológica e sua composição química, incluindo o teor de umidade. Diferenças na composição química dos grãos provocam diferentes proporções entre os componentes proteína, amido e água, causando alterações no peso específico dos grãos e, conseqüentemente, nos valores de peso hectolitro das amostras de trigo (Chang,1988).

O PH é um dado importante utilizado em todos os sistemas de classificação de trigo e expressa, indiretamente, atributos de qualidade dos grãos especialmente aqueles relacionados com a moagem. Também fornece uma idéia, embora grosseira, do rendimento em farinha. Grãos completamente maduros, não danificados por doenças ou produzidos em condições climáticas adequadas, apresentam alto peso hectolitro. Já grãos imaturos ou grãos enrugados como resultado de doenças ou deficiência hídrica, normalmente tem um PH baixo (Halverson & Zeleny ,1988).

O fato de um determinado trigo apresentar maior valor de PH não é indicativo que seja de melhor qualidade, pois essa diferença somente será significativa quando comparamos a mesma variedade com valores de PH bem diferenciados. Valores muito baixos de PH podem indicar a ocorrência de problemas durante a produção que tenham afetado o enchimento do grão e sua qualidade, (Shellenberger, 1980).

Valores de PH acima de aproximadamente 73,4 kg/hl têm pouca influência sobre o rendimento de farinha, entretanto, valores menores de PH normalmente acarretam decréscimo no rendimento de moagem. Grãos que apresentam enchimento deficiente em decorrência de problemas durante o ciclo de desenvolvimento como seca ou doença apresentam PH baixos (38 kg/hl ou menos) e menor rendimento de farinha (Halverson & Zeleny, 1988).

No Brasil, o trigo é classificado em três tipos de acordo com o peso hectolitro, teor de umidade, porcentagem de matérias estranhas e impurezas e porcentagem de grãos avariados. Considerando-se somente o PH, para que o trigo seja classificado como tipo 1, deve apresentar no mínimo 78 kg/hl, como tipo 2 - 75 kg/hl e como tipo 3 - 70 kg/hl (Brasil, 1999). Entretanto deve se considerar que a classificação dos grãos estima o potencial genético da variedade, quando cultivada em condições adequadas, ela não garante a mesma classificação para um lote comercial específico, cujo desempenho dependerá das condições de clima, solo, tratos culturais, secagem, e armazenamento (EMBRAPA, 1999).

2.1.2. Peso de Mil Grãos (PMG)

Uma outra maneira de se avaliar a qualidade dos grãos é através da determinação do tamanho destes, e geralmente esse parâmetro é indicador da sanidade do grão (Dick & Matsuo, 1988). Normalmente é expresso em gramas por 1.000 grãos e é função do tamanho e da densidade do grão (Halverson & Zeleny,

1988). É uma medida que apresenta forte controle genético mas é afetada por condições ambientais durante a fase de maturação no campo (Mac Ritchie, 1980).

Considerando-se que grãos de trigo grandes e densos apresentam maior proporção de endosperma do que grãos menores e menos densos espera-se que o PMG apresente melhor correlação com o rendimento de moagem do que o PH (Halversen & Zeleny, 1988). Grãos pequenos ou murchos têm percentualmente mais farelo e germe e portanto, mais cinzas e fibras do que grãos grandes e cheios e o teor de cinzas do trigo tem relação inversa com o rendimento em farinha (Gaines et al., 1997).

De acordo com Guarienti (1996) grãos de tamanho excessivo, maiores que 55g/mil grãos não são desejados pela indústria pois podem provocar problemas nos equipamentos de limpeza e de moagem. Por outro lado grãos muito pequenos, de 15 a 25 g/mil grãos também são indesejados pois podem passar pelas peneiras de limpeza e provocar perdas no rendimento de farinha pela diminuição de trigo moído. O peso de mil grãos mais indicado para um melhor desempenho de moagem está na faixa de 26 a 45 g, que corresponde a grãos de tamanho médio.

2.1.3. Dureza

A dureza ou textura, outro parâmetro de qualidade dos grãos de trigo, tem sido descrita como a característica que mais afeta a funcionalidade do trigo comum e pode ser definida como a dificuldade de desintegração do grão quando exercida uma pressão sobre ele. (Pomeranz & Willian, 1990). A designação de tipo de trigo “duro” ou “mole” é um termo descritivo do grau relativo de dureza física apresentado pelo grão.

A dureza dos grãos de trigo é uma característica estrutural e bioquímica controlada geneticamente ou por fatores ambientais, como fertilidade do solo

(níveis de fósforo e nitrogênio), capacidade de retenção de água e época de cultivo, entre outros (Hoseney et al., 1988).

As condições de moagem do grão são afetadas pela dureza dos grãos, incluindo o condicionamento, rendimento, tamanho e densidade das partículas de farinha de trigo e as propriedades de utilização dos mesmos. Também controla a maneira que o endosperma e o grânulo são quebrados durante o processo de moagem, afetando o nível de danos no amido, que por sua vez afeta a absorção de água pela farinha (Feillet & Dexter, 1996; Rahman et al., 2000).

Acredita-se que a dureza do grão seja em grande parte determinada pelo grau de adesão entre os grânulos de amido e a matriz protéica (principalmente o glúten). Nos trigos moles a adesão entre os grânulos de amido e a matriz protéica é mais fraca e, portanto, os grânulos são mais facilmente separados enquanto que, em trigos duros, eles estão mais fortemente aderidos resultando em maior dificuldade de separação, com conseqüente aumento de gasto de energia e aumento da porcentagem de amido danificado durante a moagem (Darlington et al., 2000, Rahman et al., 2000).

Do ponto de vista químico, os trigos duros originam farinhas com alto poder de absorção de água e com teor de proteína maior do que o trigo mole (Guarienti, 1996). Os trigos duros são preferidos para a produção de pães e os trigos moles para bolos e biscoitos.

2.1.4. Número de queda

Condições de umidade após o amadurecimento do grão, mesmo no campo antes da colheita podem causar a germinação e deterioração dos grãos em níveis que podem comprometer a utilização industrial dos mesmos (Moss et al., 1972).

O efeito da germinação dos grãos de trigo antes da colheita é atribuído à ativação da enzima α -amilase, com subsequente degradação do amido (Kruger & Matsuo, 1982).

O teste denominado de número de queda (*Falling number*), que se baseia na viscosidade do amido gelatinizado, tem por objetivo verificar a atividade da enzima α -amilase no grão ou farinha, a fim de detectar danos causados pela germinação na espiga (Perten, 1964) que está relacionada principalmente à ocorrência de chuvas na colheita.

A alfa-amilase hidrolisa o amido durante a cocção afetando de modo negativo a qualidade de cozimento das massas alimentícias. Produtos com alta atividade de alfa-amilase apresentam-se grudentos, com baixo volume após a cocção e o resíduo deixado na água de cocção aumenta consideravelmente (Ciacco & Chiang, 1986).

2.1.5 . Qualidade da proteína

A qualidade do trigo é baseada principalmente na quantidade e qualidade das proteínas presentes no endosperma do grão, que vai dar origem à farinha através dos processos de moagem (Halverson & Zeleny, 1988; Mandarino, 1993; Guarienti, 1996) e a qualidade da proteína do trigo é baseada nas considerações do potencial de utilização da farinha obtida (Halverson & Zeleny, 1988).

As proteínas do trigo localizam-se, principalmente, no endosperma estando também presentes no gérmen e nas fibras. São classificadas, em cinco frações: albuminas (6 a 10%), globulinas (6-10%), gluteninas (35%), gliadinas (35%) e resíduo protéico (10%) (Mandarino, 1994)

Quando se adiciona água à farinha, as proteínas, juntamente com alguns outros constituintes presentes se hidratam e observa-se a formação de uma massa constituída da rede protéica do glúten, ligada aos grânulos de amido. Tanto

o teor quanto a qualidade da proteína são fatores importantes na determinação da taxa e capacidade de absorção de água pela farinha (Bushuk, 1985). O glúten, que é formado quando adiciona-se água na farinha de trigo que é mecanicamente manuseada, é constituído pelas proteínas gliadinas, gluteninas e pelo resíduo protéico (Mandarino, 1994). O manuseio da massa “desenvolve” o glúten envolvendo hidratação, modificação das proteínas e interação com outros componentes da farinha.

A determinação da qualidade da farinha de trigo está diretamente relacionada com a capacidade de hidratação do glúten (Ciacco & Chang, 1986).

A relação entre as proteínas da farinha de trigo, especialmente o teor de proteína do glúten (gluteninas e gliadinas) e a qualidade de panificação foi reconhecida há vários anos (JIA et al, 1996). As farinhas com alto teor e qualidade de glúten qualidade são hidratadas uniformemente durante a mistura e produzem massas fortes e elásticas, com características de cocção superiores (Ciacco & Chiang, 1986; Cubada, 1988).

As propriedades funcionais desejáveis da massa e qualidades organolépticas dos produtos obtidos são influenciadas pela qualidade da proteína, pelos outros constituintes da farinha e pelos ingredientes que são adicionados. Portanto, é a combinação otimizada dos constituintes, ingredientes e processamento que irá determinar a qualidade final do produto (Bushuk, 1985).

A qualidade protéica do trigo está intimamente ligada ao patrimônio genético, sendo desse modo dependente da variedade e classe do trigo e pode sofrer variações causadas por fatores ambientais de produção como por exemplo ocorrência de doenças e de altas temperaturas durante o período de enchimento dos grãos, condições de umidade durante a colheita e condições inadequadas de armazenamento (Mandarino, 1994).

Vários estudos realizados (Huebner & Bietz, 1988) demonstraram que a qualidade de um cultivar em relação à qualidade protéica pode variar significativamente quando produzido em diferentes locais ou ambientes, incluindo

deficiências nutricionais do solo. Portanto, a interação genótipo x ambiente pode alterar a qualidade do trigo causando, conseqüentemente, problemas na produção dos produtos processados a base deste cereal.

Chuva abundante durante o período do desenvolvimento do grão normalmente resulta em baixo teor de proteína, e condições de seca, durante o mesmo período, favorece alto o teor de proteína (Halverson & Zeleny, 1988). Isso porque, segundo Scalco (2000), a maior disponibilidade de água pode aumentar a lixiviação de nitrogênio no solo, que portanto ficará indisponível para a planta, e como esse nutriente está diretamente relacionado com o teor de proteína nos grãos ocorrerá uma diminuição do teor desta.

Adubação nitrogenada em altos níveis aumenta o teor de proteína do trigo (Jia et al., 1988), entretanto, de acordo com Scalco (2000) pode também ocorrer um maior desenvolvimento das plantas, provavelmente devido a maior absorção desse nutriente. Assim os grãos ficam maiores devido ao maior enchimento do grão com amido, aumentando-se a relação amido/proteína o que acarreta a diminuição no teor de proteína do grão (Scalco, 2000).

Em muitos países as condições climáticas impedem que se produza trigo com altos teores de proteína (Halverson & Zeleny, 1988).

As diferenças ambientais entre áreas ou regiões distintas, incluindo as variações edafoclimáticas dentro de uma mesma área, podem influenciar a qualidade do trigo (Felício et al., 2000). As variações nos valores dos índices físicos, químicos e tecnológicos, bem como o teor e a qualidade das proteínas são especialmente afetadas pelas diferenças ambientais (Mandarino, 1993).

Felício et al. (1998b) avaliaram a influência do ambiente na produtividade e qualidade tecnológica de genótipos de trigo, incluindo aqueles originários do programa de melhoramento genético do Instituto Agrônomo de Campinas plantados em duas regiões tritícolas do Estado de São Paulo. Os autores verificaram que a irrigação melhorou o peso hectolitro, o rendimento em farinha, a sedimentação em SDS e a energia de deformação da massa (W) e não influenciou

os parâmetros farinográficos como percentual de absorção de água, tempo de desenvolvimento e estabilidade dos genótipos avaliados, melhorando apenas o índice de tolerância à mistura.

2.2. Aspectos gerais do amido de trigo

O amido é o carboidrato mais importante em todos os cereais constituindo aproximadamente 64% (base seca) do grão inteiro de trigo e cerca de 70% do seu endosperma (Kent, 1975).

O amido de trigo apresenta características singulares, uma vez que não pode ser substituído por amido de milho, arroz ou aveia ou por amidos de outras fontes vegetais na fabricação satisfatória de produtos de panificação. O amido de trigo, cevada e centeio possuem propriedades semelhantes, incluindo faixa de temperatura de gelatinização, formato de grânulos e distribuição no tamanho dos grânulos (Hoseny et al., 1971), e combinados com o glúten geram produtos de panificação com qualidade satisfatória.

O amido é também o principal componente da farinha apresentando uma multifuncionalidade para a indústria de alimentos, sua funcionalidade influencia ou controla características como textura, volume, consistência, umidade, aparência e estabilidade da vida de prateleira dos alimentos (Raeker et al., 1998).

O amido de trigo tem propriedades que são fundamentais no emprego da farinha de trigo e variações nessas propriedades parecem também ser uma das razões para as diferenças observadas no desempenho de panificação entre variedades de trigo (Sahlstrom et al., 1998).

Segundo Shelton & D'Appolonia (1985) a função do amido nos produtos de panificação é: a) diluir o glúten a uma consistência apropriada; b) fornecer a maltose pela ação da amilase para a fermentação; c) proporcionar uma superfície adequada para as ligações fortes do glúten; d) proporcionar a flexibilidade para a

expansão do volume do pão durante a gelatinização parcial na etapa de assamento; e) determinar a estrutura do pão proporcionando uma rede rígida para prevenir o colapso do volume do pão devido ao resfriamento

Na elaboração das pastas alimentícias a gelatinização do amido contribui para a textura das mesmas (Ciacco & Chang, 1986). Pesquisas têm sugerido que o amido é o principal fator a contribuir para a qualidade dos “noodles” (McComick et al., 1991; Crosbie 1991; Konik et al., 1994; Batey et al., 1997).

2.3. Composição do Amido

Os grânulos de amido de trigo são compostos principalmente por 2 polissacarídeos, a amilose e a amilopectina e por pequenas quantidades de lipídeos e proteínas (Morrison, 1989).

A maioria dos amidos contém de 20 a 30% de amilose, uma mistura de polímeros essencialmente lineares, com poucas ramificações e 70 a 80% de amilopectina (AP), uma mistura de polímeros altamente ramificados. Formas intermediárias estão presentes, mas todos os polímeros consistem de resíduos de glicose (Manners, 1985; Dengate, 1984).

O teor de amilose do amido de trigo é característica varietal, variando de 23,4 a 27,6, sendo que o trigo duro (*T.durum*) tende a apresentar os teores mais elevados e o trigo mole os mais baixos (Dengate, 1984).

Em geral o amido com maior teor de amilose apresenta maior capacidade de ligação com a água (Dengate, 1984). Em solução as moléculas de amilose podem adotar forma helicoidal e associarem-se a ácidos orgânicos, álcoois ou mais importante, aos lipídeos, para formar um complexo no qual uma cadeia de ácido graxo saturado ocupa o centro da hélice. Do mesmo modo, a ligação de íons de iodo no centro da hélice é responsável pela coloração azul característica dada pelo iodo ao amido (Evers et al., 1999).

Aparentemente as propriedades associadas com a distribuição normal de amilose:amilopectina dentro do grânulo são necessárias para o amido funcionar com sucesso na produção de produtos de panificação. A proporção de amilose:amilopectina normalmente encontrada no amido de trigo é de 1:3, adequada para a produção de pão de acordo com Hosney et al (1983). A fração amilose retrograda rapidamente durante o resfriamento do pão, e as lentas mudanças na fração amilopectina estão implicadas com a firmeza do pão principalmente após o primeiro dia (Kim & D'Apollonia, 1977).

Lonely et al. (1975) foram os primeiros pesquisadores a constatarem que o menor teor de amilose, portanto maior teor de amilopectina, no amido de trigo, estava associado com maior pico de viscosidade. Vários outros trabalhos subsequentes apoiaram as observações de que existe uma variação tanto no pico de viscosidade como no teor de amilose em função da variabilidade existente entre os genótipos de trigo. Geralmente menor teor de amilose corresponde a maior pico de viscosidade de pasta (Zeng et al., 1997).

O teor de lipídeos em amidos de cereais é baixo, aproximadamente 1%, no entanto Morrison (1988) verificou que os lipídeos afetam as características de viscosidade e qualidade dos amidos.

O amido de trigo contém 0,7 a 1,4 % de lipídeos dentro dos grânulos. Estes lipídeos são exclusivamente lisofosfolipídeos (Morrison, 1989). Segundo Morrison (1988) os lisofosfolipídeos (LPL) representam aproximadamente todo fósforo presente no amido que foi cuidadosamente isolado sendo o teor de LPL igual a 16,39 vezes o teor de fósforo ($\%LPL = 16,39 \times \text{teor de P}$).

Em trabalho de revisão Rahman et al., (2000) relatam evidências na literatura que mostram que cultivares de trigo diferem entre si na porcentagem de lisofosfolipídeos de seus amidos e portanto, na porcentagem de complexo amilose-lipídeos, que restringe a movimentação da água e o inchamento dos grânulos.

2.4. Distribuição do tamanho dos grânulos de amido

As propriedades funcionais do amido de trigo que são responsáveis pelas características singulares de alguns alimentos, podem ser em parte explicadas pelas variações no tamanho dos grânulos de amido e na sua distribuição (Morrison & Scott, 1986; Peterson & Fulcher, 2001). A distribuição dos grânulos reflete diferenças no padrão de desenvolvimento da planta, que poderá por sua vez, influenciar o comportamento da pasta de amido (Dengate, 1984).

Segundo dados obtidos das revisões realizadas por Dengate (1984) e Lineback & Rasper (1988) o amido presente nos grãos de trigo encontram-se depositados em 2 tipos distintos de grânulos: os grandes de formato lenticular, com tamanho entre 10-35 μm (ou 15-40 μm), denominados grânulos tipo A e os pequenos, de formato esférico, tamanho menor que 10 μm , denominados grânulos tipo B. Os grânulos grandes, apesar de representarem apenas 3 a 4% do total de número de grânulos no amido de trigo equivalem a 50-75% do total em peso. Na literatura diferentes valores são citados para a percentagem de participação, tanto em número quanto em peso, dos grânulos de amido devido aos procedimentos utilizados no isolamento do amido e na determinação da distribuição do tamanho dos mesmos.

A formação dos grânulos tipo A inicia-se no amiloplasto, aproximadamente 4 a 5 dias após a antese. O número final desse tipo de grânulos é alcançado 7 dias mais tarde, quando a divisão celular cessa. O tamanho dos grânulos tipo A aumenta durante todo o crescimento do grão até um diâmetro final que varia de 10 a 50 μm . O tamanho final do grânulo depende do genótipo, safra de produção e temperatura ambiente. O diâmetro dos grânulos pequenos, tipo B, varia de 1 a 10 μm e são iniciados 10 a 14 dias após a antese crescendo durante a fase de aumento das células do endosperma. O número dos grânulos tipo B por endosperma aumenta durante a maioria dos estágios de desenvolvimento do grão, enquanto o número de grânulos tipo A permanece constante, porém o tamanho

desse grânulos aumenta (Bechtel et al., 1990; Bechtel et al., 1993, Shi et al., 1994). A relação de grânulos tipo A/grânulos tipo B tem um determinante genético, porém, o gene responsável pela iniciação do grânulo tipo B não foi ainda elucidado (Rahman et al., 2000).

Embora, segundo Lineback & Rasper (1988), seja mais conveniente considerar uma distribuição bimodal dos grânulos de amido de trigo, na realidade o que existe é um aumento gradual no tamanho dos grânulos do menor até o maior tamanho. Betchel et al. (1990) sugeriram uma distribuição trimodal em vez de bimodal para o tamanho dos grânulos de amido, pois além dos grânulos tipo A, considerados pelos autores como aqueles com diâmetro $> 15,9 \mu\text{m}$ e dos grânulos tipo B com diâmetro entre $5,9$ e $15,9 \mu\text{m}$, definiram um outro tipo de grânulos pequenos, com tamanho menor que $5,3 \mu\text{m}$ e denominaram tipo C. Estes últimos constituíam 3,4 % do total do amido, em peso no grão, enquanto o tipo A representava 51,6% e o tipo B 45,0%.

Trabalhos de pesquisa sugerem que a distribuição do tamanho dos grânulos do amido seja uma característica importante, que pode influenciar a composição química do amido que por sua vez afeta a sua funcionalidade, a gelatinização e propriedades de pasta, a susceptibilidade enzimática, as características de panificação, a cristalinidade e propriedades de inchamento (Betchel et al., 1993; Raeker et al., 1998; Peterson & Fulcher, 2001).

A interdependência do tamanho dos grânulos de amido e as propriedades de pasta do amido pode estar associada com variações nas propriedades físico-químicas destes grânulos, sendo que vários pesquisadores relataram diferenças na composição e nas características físicas dos grânulos grandes e pequenos. Outros, porém, não encontraram diferenças entre os grânulos (Peterson & Fulcher, 2001).

De acordo com Sahlstrom et al. (1998) os trabalhos encontrados na literatura sobre o efeito do tamanho dos grânulos no desempenho da panificação apresentam resultados contraditórios. Hosney et al (1971) verificaram que os

grânulos pequenos de amido apresentavam as mesmas características de panificação que o amido com proporção normal de grânulos grandes e pequenos. Semelhantemente D'Appolonia & Gilles (1971) observaram o mesmo volume dos pães quando foram preparados com misturas de glúten-amido contendo grânulos grandes ou pequenos. Lelievre et al. (1987), empregando preparações contendo diferentes proporções de tamanho de grânulos, não verificaram efeitos claros sobre a absorção da água e volume do pão. Entretanto Kulp (1973) verificou que os grânulos pequenos apresentavam menor potencial de panificação do que o amido normal correspondente.

Estudos realizados por Sebecic & Sebecic (1995; 1996a, b) constataram que a distribuição do tamanho dos grânulos de amido, avaliada diretamente em amostras de farinha de trigo, pode afetar as propriedades reológicas da massa medidas através do extensógrafo, amilógrafo e farinógrafo.

As propriedades viscoelásticas da massa medida pelo extensógrafo mostraram claramente que os grânulos com tamanho entre 6,5 e 19,5 μm causaram enfraquecimento da massa, pois quanto maior a proporção desses grânulos no total de amido da farinha maior a extensibilidade da massa e menor a resistência à extensão e a razão entre resistência e extensibilidade. Os grânulos grandes ($> 27,5 \mu\text{m}$) tiveram efeito oposto, ou seja, fizeram com que a massa ficasse mais forte, apresentando maior resistência à extensão e maior razão entre resistência e extensibilidade. Já a porção da fração de grânulos menores que 6,5 μm não apresentou efeito nas propriedades viscoelásticas da massa (Sebecic & Sebecic, 1995).

As propriedades medidas pelo amilógrafo sugeriram que os grânulos de amido menores que 5 μm produziram maior viscosidade máxima, enquanto os grânulos maiores diminuíram a viscosidade máxima (Sebecic & Sebecic, 1996a). Segundo Rahman et al. (2000), pode-se esperar mudanças nas propriedades reológicas da massa em função da distribuição do tamanho dos grãos, porque um

aumento na proporção de grânulos tipo B proporciona um aumento muito grande na área superficial para as ligações com proteínas, lipídeos e água.

A farinografia indicou que a distribuição do tamanho dos grânulos de amido tem uma influência clara sobre as propriedades de mistura da massa sendo que os grânulos menores que 6,5 μm geram massa frágeis enquanto os grânulos com tamanho entre 5-16 μm , que representam a maior parte dos grânulos (47,3%), afetam positivamente o desenvolvimento da massa, causando maiores valores de tempo de desenvolvimento, estabilidade e tempo de quebra. Além disso, quanto maior a quantidade de grãos grandes menor a maciez da massa (Sebecic & Sebecic, 1996b). Assim, pelos resultados obtidos, os autores concluíram que a fração dos grânulos de tamanho entre 5 e 16 μm tem um papel dominante no desenvolvimento e estabilidade da massa, pois é a fração mais representativa, com grânulos relativamente pequenos e portanto, tendo uma maior área específica dos grânulos sujeita à hidratação e a interações com proteínas, lipídeos e outros componentes da farinha.

Sahlstrom et al. (1998) avaliando o efeito da distribuição do tamanho dos grânulos de amido isolados de 8 farinhas de trigo sobre características do pão verificaram que esta afeta o peso e a relação altura X largura, mas não afeta o volume e nem a firmeza da crosta. Os autores verificaram que os grânulos com tamanho entre 11 e 12 μm ligam água mais fortemente do que os grânulos de 2 a 3 μm o que influencia as propriedades viscoelásticas da massa durante a fermentação e a retenção de água pelo pão durante o assamento, que por sua vez, afeta o seu peso. Ainda, segundo revisão realizada pelos mesmos autores a água presente na massa está associada com os diversos componentes presentes na mesma sendo que 45% do total da água está associada com o amido, 31 % com as proteínas e 23 % com as pentosanas. Como as propriedades do glúten são muito dependentes do teor de água elas serão afetadas pela mudança na distribuição da água entre os diferentes componentes alterando as características da massa durante a fermentação e o assamento.

2.5. Características funcionais do amido de trigo

O amido quando é aquecido numa dispersão aquosa sofre uma série de mudanças conhecidas como gelatinização e propriedades de pasta. Esta série de eventos é uma das transformações mais importantes do amido em termos de funcionalidade nos produtos alimentícios, reatividade, susceptibilidade ao ataque enzimático e formação de géis ou pastas (Lineback & Rasper, 1988).

A gelatinização, de acordo com revisão realizada por Morrison (1989), é um processo interativo envolvendo a entrada de água, inchamento do grânulo de amido, desorganização da cristalinidade da amilopectina com perda da birrefringência, lixiviação de parte da amilose para a solução e possivelmente formação de alguns complexos insolúveis de amilose-lisofosfolipídeos inclusos entre os grânulos entumescidos. As propriedades de gelatinização e entumescimento são determinadas primeiramente pela amilopectina e, comparando-se com a cevada, milho e arroz normais não cerosos, parece que a amilose age parcialmente como diluente da amilopectina e parcialmente como inibidor do entumescimento, especialmente quando complexada com lipídeos.

Segundo Zeng et al. (1997) o termo propriedade de pasta geralmente se refere às mudanças na viscosidade imediatamente antes, durante e depois do evento “sensu stricto” da gelatinização. Consequentemente, o termo propriedade de pasta também refere-se às mudanças na viscosidade após o resfriamento que pode dar origem a um gel com propriedades totalmente diferentes da suspensão original (Dengate, 1984). Na etapa de resfriamento, as pontes de hidrogênio do polímero amido-água são substituídas por pontes de hidrogênio polímero-polímero e uma cadeia de gel é formada. Em nível molecular, este processo de reassociação é mais apropriadamente denominado retrogradação (Zeng et al., 1997).

Entre as propriedades físico-químicas dos amidos que apresentam importância tecnológica, incluem-se os requerimentos térmicos para a gelatinização, a viscosidade gerada pela gelatinização, a estabilidade ao aquecimento contínuo e ação de cisalhamento dos grânulos e a susceptibilidade do amido gelatinizado à retrogradação (Sanders et al., 1990).

A importância da gelatinização e retrogradação para a indústria de alimentos é devido à sua influência na textura e vida de prateleira dos produtos que contenham amido. Dois fenômenos importantes, envolvendo o grânulo de amido estão associados com a gelatinização: a perda da estrutura cristalina e o seu inchamento (Lineback & Rasper, 1988)

As técnicas calorimétricas são úteis no estudo do comportamento térmico dos amidos pois permitem que a estrutura do grânulo seja avaliada pelas mudanças de suas propriedades físicas e químicas (Donovan et al., 1983). A temperatura de gelatinização (GT) e a entalpia (ΔH) são medidas por calorimetria diferencial de varredura (DSC) por se tratar de um método conveniente e preciso (Tester & Morrison, 1990).

Quando o amido é aquecido com quantidade limitada de água (condição típica dos produtos de panificação) exhibe endotermas de transição complexas, mas quando o amido é aquecido com quantidade suficiente de água ocorre um pico próximo a 60°C, que é devido à fusão da amilopectina cristalina (temperatura de gelatinização) e um pico próximo à 100°C que é devido à dissociação dos complexos amilose-lipídeos (Soulaka e Morrison 1985).

As propriedades de viscosidade do amido determinam as características de textura e qualidade de armazenamento de muitos alimentos à base de cereais. As propriedades de pasta do amido são dependentes da variação genética da fonte de amido (Yun & Quail, 1999).

Rask & Alsberg (1924)¹ citados por Lintas (1988) observaram que os amidos de trigo duro (*Triticum durum*) e de trigo comum (*T. aestivum*) de inverno apresentavam uma viscosidade maior do que a do trigo comum de primavera. Os autores sugeriram haver uma correlação entre qualidade de produção de massas alimentícias das farinhas e viscosidade das pastas de seus amidos. Segundo os mesmos autores a viscosidade mais alta do amido de trigo duro (*T. durum*) sugeria que suas qualidades superiores na produção de massas alimentícias poderiam ser devido ao seu amido bem como de suas proteínas. Mais recentemente Crosbie et al. (1999) avaliando as características de pasta da farinha pelo Rapid Visco Analyser (RVA), para a elaboração de ramen (tipo de massa alimentícia japonesa) verificaram que as características do amido além da qualidade e da quantidade da proteína, devem ser consideradas em programas de melhoramento de trigo com o objetivo de se obter produtos de melhor qualidade.

Dengate & Meredith (1984a) avaliando 59 cultivares de trigo geneticamente diferentes plantados na Nova Zelândia constataram que grande variação nas propriedades de pasta do amido, própria do cultivar, indicando que o melhoramento genético baseado nas propriedades de pasta do amido é uma clara possibilidade.

Dennet & Sterling (1979) avaliando vários amidos na panificação concluíram que para ocorrer a interação glúten-amido, o amido deve estar parcialmente gelatinizado pois, aparentemente, o grânulo de amido parcialmente inchado aumenta a porosidade superficial e o número de hidroxilas disponíveis para ligações. Quando o glúten foi desnaturado durante o assamento a afinidade pelo amido foi reduzida em 30- 50% devido à redução nos locais de ligações hidrofílicas. Isso resulta na formação de uma crosta macia e flexível. Os autores também observaram que o amido de trigo gelatinizado estava uniformemente orientado e o glúten parecia ter maior afinidade pela amilose que pela amilopectina.

¹ Rask, o.S.; Alsberg, C.L. A viscosimetric study of wheat starches. Cereal Chemistry v.1, n.7, 1924

2.6. Influência do ambiente nas características do amido

Os cereais crescem em vários locais e em diferentes épocas do ano, o que faz com que possam ocorrer variações no rendimento, no tamanho e na composição dos grãos (Shi et al., 1994). De acordo com Freitas et al. (1999) entre os fatores ambientais que mais afetam a produtividade de grãos de trigo destacam-se os nutricionais e os climáticos.

A interação genótipo x ambiente pode muitas vezes causar sérios danos às indústrias pelo fato de alterar a qualidade do trigo o que vai causar conseqüentemente, problemas na produção e controle de qualidade dos produtos processados a base deste cereal.

A maior parte das propriedades do amido puro de trigo, de acordo com Morrison (1989) é uniforme entre as variedades, embora valores atípicos possam ser obtidos sob condições adversas de produção.

Moss & Miskelly (1984) verificaram que a distribuição do tamanho dos grânulos de amido de trigo é governada pela interação entre os efeitos de genótipo e meio ambiente.

Dengate & Meredith (1984b) avaliaram o efeito do cultivar, da safra e do local de produção nas propriedades de pasta do amido de trigo concluindo que, sob condições normais, ocorrem diferenças mínimas nessas características devido à localização e ano de produção e que esses dois fatores afetam as variações de maneira semelhante. Assim, diferenças significativas nas propriedades de pasta devido ao ano de produção parecem ser dependentes de estresses não usuais (alterações drásticas nas condições de produção) que a planta de trigo possa sofrer e não devido àquilo que possa ser chamado de variações normais dos fatores edafoclimáticos. Em locais onde não prevaleceram condições adversas, uma cuidadosa avaliação dos resultados sugeriu que as diferenças das propriedades de pasta devido ao local de produção foram mínimas.

Soulaka e Morrison (1985a), avaliando 23 variedades de trigo comum e 26 variedades de trigo duro (*T. durum*) através de técnica calorimétrica, verificaram que a variação de temperatura de gelatinização foi praticamente similar (57 a 65°C; 58 a 65°C, respectivamente) e que os valores de entalpia (ΔH) foram similares. Porém, segundo Morrison (1989), estudos mais cuidadosos podem revelar efeitos mínimos de interações entre variedades e temperatura ambiente que poderiam ser importantes uma vez que, segundo Soulaka & Morrison (1985b), o volume do pão e a firmeza inicial da crosta estão inversamente relacionadas com a temperatura de gelatinização do amido de trigo e estas propriedades são também afetadas pelas proporções de grânulos tipo A e B que, por sua vez, são afetadas pelas condições ambientais durante o enchimento do grão.

Dados de um experimento realizado por Tester et al. (dados não publicados) apresentados por Morrison (1989) com cevada produzida sob três condições de temperatura (10, 15 e 20 °C), indicaram que o teor de amilose foi praticamente constante mas o teor de fósforo e a temperatura de gelatinização foram muito maiores no amido de grãos produzidos a 20 °C que a 10 °C . Nesse mesmo trabalho também foi verificada correlação entre a temperatura de gelatinização e a temperatura ambiente, já observada em amido de arroz por outros autores e que, portanto, mereceriam mais estudo em trigo. Baseado nesses resultados Morrison (1989) considera que existem razões para se supor que o trigo tenha comportamento semelhante.

Konik et al. (1993) avaliaram amido de vários genótipos comerciais de trigo australiano durante duas safras de produção e constataram que o poder de inchamento foi dependente do cultivar, do local e da safra. Os autores também constataram que o poder de inchamento apresentou uma correlação altamente significativa com os parâmetros de qualidade dos *noodles*.

Shi et al. (1994) constataram que temperatura elevada durante a fase de enchimento dos grãos resultou em grãos enrugados, com menor peso e menor acúmulo de amido. Nesse mesmo trabalho os autores verificaram que uma

mudança na composição do amido de trigo, havendo aumento no teor de lipídeo do amido (na forma de amilose complexada com lipídeo) o que elevou a temperatura de gelatinização e também o poder de inchamento, indicando que a temperatura ambiente durante a produção de trigo pode afetar a qualidade dos alimentos derivados de trigo.

Morrison & Scott (1986) encontraram variações consideráveis no tamanho dos grânulos de amido em função do ano de produção, local e ambiente (variações edafoclimáticas) e sugeriram que dias mais longos (altitudes mais altas) poderiam afetar o tamanho dos grânulos tipo B, mas não dos grânulos tipo A.

Shi et al. (1994) constataram que temperatura elevada durante a fase de enchimento dos grãos resultou em menor tamanho de grânulos de amido e menor número de grânulos tipo B.

Raeker et al. (1998) estudando a distribuição do tamanho dos grânulos de amido e a composição de amido de 12 cultivares de trigo mole produzidos em diferentes locais, constataram que o cultivar é um fator determinante na distribuição do tamanho do grânulo de amido e nos teores de amilose e fosfolipídeos e que os fatores ambientais podem influenciar significativamente a distribuição do tamanho dos grânulos e o teor de fosfolipídeos. Alguns cultivares são aparentemente mais sensíveis ao ambiente que outros e podem necessitar de testes envolvendo diferentes ambientes para predizer sua performance.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

3.1.1 Reagentes

Todos os reagentes utilizados nas análises químicas apresentaram especificações de qualidade e pureza requeridas na metodologia empregada.

3.1.2. Equipamentos

Foram utilizados para a realização das análises as vidrarias e instrumentos comuns de laboratório e os seguintes equipamentos:

- Agitador de tubos PHOENIX, modelo AT 56
- Analisador Bioquímico YSI, YSI Incorporated, Yellow Springs, Ohio, USA, modelo 2700 SELECT
- Analisador de partículas por difração a laser, Beckman Coulter, modelo LS100 230
- Analisador de viscosidade RVA (Rapid Visco Analyser), Newport Scientific Pty Ltd., modelo 4 Series com programa Thermoclimate for Windows, versão 2.2
- Balança analítica – Marconi, modelo JK
- Balança semi-analítica, Mettler Toledo – modelo PE3600
- Balança Dalle Molle
- Banho-Maria Dubnof (com agitação) – MARCONI
- Batedeira KITCHEN AID – Professional – modelo K45SS
- Bomba de vácuo, PRIMAR, modelo 141
- Centrífuga com refrigeração, FANEM , modelo FR 22A
- centrífuga FANEM modelo BABY
- Conjunto para determinação de proteínas TECNAL, modelo 036-E (micro Kjeldahl) e bloco digestor

- Divisora de amostra tipo Boerner
- DSC –Differential Scanning Calorimeter - PERKIN ELMER modelo DSC-7
- Durômetro (Micro-hardness Tester), BRABENDER
- Espectrofotômetro digital – CELM, E-215 D
- Estufa de secagem e esterilização, FANEM, modelo 320-SE, com circulação mecânica
- Falling Number , PERTEN INSTRUMENTS, modelo1800
- Farinógrafo, BRABENDER OHG
- Homogeneizador tipo Y, TECNAL
- Liqüidificador comum, WALITA
- Microscópio Eletrônico de Varredura, JEOL, modelo JSM 5800.
- Microscópio óptico – JENEVAL/ZEISS com luz polarizada
- Moinho experimental de rolos BRABENDER, modelo Quadrumat Senior.
- Moinho para grãos, TECNAL, modelo TE-020
- Mufla com controle de temperatura, QUIMIS

3.1 3. Obtenção das amostras

Os genótipos de trigo avaliados foram IAC 17 , IAC 24, BH 1146 e Anahuac, e seus respectivos mutantes, IAC 24 M, IAC 17 M, BH 1146 M e Anahuac M, obtidos de um trabalho conjunto do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e o Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), com o objetivo de obter e selecionar genótipos melhorados de trigo comum através do uso de irradiação gama. Apenas o genótipo BH 1146 M foi obtido através do cruzamento do genótipo BH 1146 com a linhagem de trigo duro (*T.durum*) Anhinga"s" x Winged"s". As sementes obtidas em geração F4 desse cruzamento foram submetidas à irradiação gama e nas gerações seguintes foram selecionadas várias linhagens sendo que uma delas foi designada BH 1146 M.

Os genótipos originais, não mutantes, apresentam características tecnológicas e agronômicas distintas, já avaliadas anteriormente em outros trabalhos de pesquisa, e que são apresentadas nas Tabelas 1 e 2. Os genótipos mutantes foram selecionados em função de melhoria em algumas de suas características agronômicas, como: resistência às doenças, como as ferrugens do colmo e da folha, helmintosporiose, oídio, porte baixo das plantas, resistência ao acamamento e tolerância à toxicidade de alumínio no solo.

Tabela 1. Características agronômicas dos genótipos de trigo originais, não mutantes, avaliados

Genótipo	Porte	Tolerância ao Alumínio	Ciclo
IAC 17	alto	média	precoce
IAC 24	baixo	tolerante	médio
BH 1146	alto	muito tolerante	precoce
Anahuac	baixo	muito sensível	médio

Fonte: Camargo et al., 1987; Camargo, 1993; Camargo et al., 1999)

Tabela 2. Características tecnológicas dos genótipos de trigo originais, não mutantes, avaliados

Genótipo	Qualidade de Panificação	Dureza do grão	Classificação Índice de Glúten
IAC 17	Baixa	Mole	Baixo
IAC 24	Alta	Semi-duro	Alto
BH 1146	Baixa	Semi-mole	Baixo
Anahuac	Alta	Duro	Alto

Fonte: Brusantin (2000).

Os oito genótipos foram semeados e colhidos no ano de 1999, em três Estações Experimentais do IAC localizadas no Estado de São Paulo, representando três ambientes distintos quanto ao uso de irrigação suplementar e correção da acidez da camada arável do solo (~30 cm) com calcário, como apresentado na Tabela 3, e também quanto às características climáticas durante o período de desenvolvimento das plantas (Tabela 4) e Figura 1. Em cada local, foram semeados os 8 genótipos avaliados sendo que para cada genótipo foram empregadas 3 parcelas constituídas de seis linhas de 3m x 0,20m totalizando 3,6 m². Em Capão Bonito, o plantio foi realizado no dia 07 de abril/99; em Tietê, em 06 de abril/99 e em Tatui, em 28 de abril/99.

Todas as parcelas, em todos os ambientes de produção, receberam adubação nas quantidades definidas de acordo com as recomendações para o Estado de São Paulo (Raij et al., 1996). Em Tatui, a suplementação de água foi realizada através de irrigação por aspersão pelo método proposto por Silva et al. (1984) que consiste em uma irrigação inicial após a semeadura, de 40 a 60 mm de água, com a finalidade de umedecer o perfil do solo, e a instalação de tensiômetros em diferentes pontos da área, à profundidade de 12 cm. Efetuaram-se as irrigações complementares quando a média de leituras dos tensiômetros indicava -0.06 MPa, determinando-se a lâmina líquida aplicada pela evaporação acumulada, medida no tanque classe A, entre os intervalos de irrigação.

A colheita, nos diferentes locais, foi realizada através do corte manual das plantas que, em seguida, foram trilhadas mecanicamente para separação dos grãos. Em todas as amostras, a secagem dos grãos foi natural. A colheita nos diferentes locais foi realizada nos meses de agosto e setembro, dependendo do ponto de maturação dos grãos em cada parcela, bem como da ocorrência de chuvas.

A avaliação do rendimento de grãos foi realizada pelo Centro de Plantas Graníferas do IAC, determinando-se a produção total de grãos de cada parcela, em gramas, na área de 3,6 m², e transformando os valores em kg/ha.

As produções de grãos das 3 parcelas de cada genótipo, em cada local, foram reunidas para obter quantidade suficiente de grãos para realizações das avaliações.

Tabela 3. Estações Experimentais e condições de suplementação de água (irrigação) e acidez no solo

Estação Experimental	Irrigação suplementar	Acidez no solo corrigida com calcário
Tatui	sim	Corrigida
Tietê	não	Corrigida
Capão Bonito	não	Não corrigida

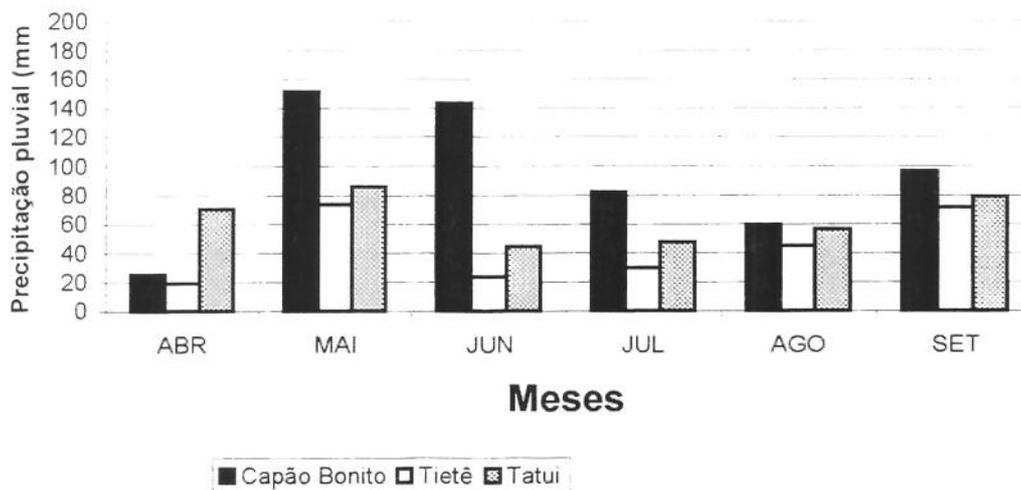


Figura 1. Distribuição pluviométrica (médias mensais) referentes ao período de abril a setembro/1999 nas estações Experimentais do IAC de Capão Bonito, Tietê e Tatui

Tabela 4. Média mensal das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluvial mensal no ano de 1999 nas Estações experimentais de Capão Bonito, Tietê e Tatui.

Variável Meteorológica	CAPÃO BONITO						TIETÊ						TATUI					
	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
Temp. Máxima (°C)	27,3	22,0	22,4	23,8	24,1	23,8	30,3	24,9	24,5	25,7	27,4	27,5	29,9	24,4	23,9	25,0	26,9	27,3
Temp. Mínima (°C)	16,9	12,3	11,8	9,7	12,5	13,6	17,1	12,8	11,7	10,6	12,5	14,8	16,1	11,7	10,6	9,4	11,3	13,3
Temp. Média (°C)	22,1	17,2	17,1	16,7	18,4	16,7	23,7	18,9	18,1	18,2	19,9	21,1	23,0	18,1	17,2	17,2	19,1	20,3
Precip. pluvial (mm)	25,4	151,2	143,1	81,7	59,3	96,4	19,2	73,5	23,8	30,0	44,8	71,2	70,2	85,6	44,1	47,3	56,0	79,2
Dias de chuva	5	12	9	8	8	8	4	11	2	5	7	7	4	7	4	6	8	7

3.2. MÉTODOS

3.2.1. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS GRÃOS DE TRIGO

Os grãos de trigo de cada genótipo foram homogeneizados em homogeneizador tipo Y durante 10 minutos e em seguida subdivididos em divisora “Boerner” para obtenção de amostras representativas de no mínimo 1,2 kg. Para as determinações do teor de umidade, teor de proteína, teor de cinza, teor de amido nos grãos e número de queda, retirou-se uma subamostra que foi moída em moinho para grãos, empregando-se uma peneira de 0,841 mm.

3.2.1.1. Teor de umidade

O teor de umidade dos grãos foi determinado de acordo com o método AACC 44-15 A (American Association of Cereals Chemists - AACC, 1995), em triplicata.

3.2.1.2. Avaliação do peso do hectolitro

O peso do hectolitro (PH), também denominado peso específico, foi determinado utilizando-se a balança Dalle Molle, considerando-se a massa, em quilograma, de 1 litro de grãos obtida após fluir livremente uma amostra contida em cone de alimentação sobre um recipiente de coleta de volume de 1 litro de acordo com o método de Brasil (1999), em triplicata. Os valores obtidos foram expressos em kg/hl, padronizados para 13% de umidade, de acordo com Puzzi (1986).

3.2.1.3. Peso de mil grãos (PMG)

Foram retiradas, aleatoriamente, 4 subamostras de 25g da massa de grãos, das quais foram removidos os grãos quebrados e material estranho. Cada uma foi contada, manualmente, de acordo com a metodologia empregada por Dexter et al. (1987) e os valores obtidos foram padronizados para 13% de umidade, de acordo com Puzzi (1986).

3.2.1.4. Dureza

Seis gramas de grãos de cada uma das amostras sem impurezas, em duplicata, foram colocadas na moenda do durômetro (Brabender Micro-hardness Tester). O aparelho foi ligado simultaneamente a um cronômetro, e quando a balança existente abaixo do moinho registrou 4 gramas, o cronômetro foi travado e o valor, em segundos, foi anotado. A média dos tempos obtidos nas 2 repetições foi utilizado para classificação das amostras utilizando-se a escala de Kosmolak (1978) apresentada na Tabela 5.

Tabela 5. Escala de dureza dos grãos segundo Kosmolak.

Tempo de Moagem (em segundos)	Dureza
até 32	Duro
33 a 45	Semi-duro
46 a 63	Semi-mole
acima de 63	Mole

Fonte: Kosmolak (1978)

3.2.1.5. Teor de proteína

O teor de nitrogênio foi determinado de acordo com o método AACC 46 -13 – Método Micro-Kjeldahl (AACC, 1995), utilizando o fator 5,7 para cálculo da proteína total, em triplicata. Os valores obtidos foram padronizados para 14% de umidade, de acordo com Halverson & Zeleny (1988).

3.2.1.6. Teor de cinza

O teor de cinza foi determinado de acordo com o método AACC 08-01 (AACC, 1995), em triplicata. Os valores obtidos foram padronizados para 14% de umidade, de acordo com Halverson & Zeleny (1988).

3.2.1.7. Número de queda

O número de queda foi determinado no aparelho “Falling Number”, de acordo com o método AACC 56-81B (AACC, 1995), em duplicata. Os valores obtidos foram padronizados para 14% de umidade, de acordo com Halverson & Zeleny (1988).

3.2.1.8. Teor de amido

O teor de amido nas amostras de grãos de trigo foi determinado, em triplicata, pelo método de Poore et al. (1991), no qual se emprega a enzima amiloglucosidase na hidrólise do amido. A quantificação da glucose liberada é feita através do analisador bioquímico YSI 2700 SELECT (Yellow Springs Instruments), que utiliza uma membrana com a enzima glucose oxidase-peroxidase imobilizada.

3.2.8. Estrutura dos grãos de trigo

Os grãos dos genótipos IAC 17, IAC 24, BH 1146 e Anahuac, não mutantes, produzidos nos ambientes que apresentavam as características mais distintas, Capão Bonito (sem irrigação e sem correção da acidez do solo) e Tatuí (com irrigação e com correção da acidez do solo) foram avaliados pelas técnicas de microscopia óptica e eletrônica por varredura, para verificar se as condições de produção poderiam expressar modificações na morfologia dos mesmos.

Para avaliação da estrutura empregando-se a microscopia óptica, os grãos de cada genótipo/local de produção foram cortados transversalmente com lâmina de aço, montados em lâminas e observados em microscópio óptico Zeiss/Jenaval, operando com luz polarizada, em aumentos que variaram de 430 a 680 vezes. As amostras foram fotografadas, em regiões diferentes, utilizando filme colorido marca KODAK, tipo SS100 de 35 mm.

Para a microscopia eletrônica de varredura, os grãos de trigo foram cortados com uma lâmina de aço e na superfície fraturada foi realizada a metalização com ouro e conservados em dessecador, sob vácuo, até o momento da observação que foi realizada em microscópio eletrônico de varredura marca JEOL modelo JSM 5800. Os grãos foram fotografados, em regiões diferentes,

utilizando filme branco e preto marca KODAK, tipo T-MAX de 120 mm. O filme foi revelado e copiado segundo processos de rotina.

3.3. Obtenção do amido

O isolamento do amido de cada uma das amostras de grãos de trigo foi realizado segundo o procedimento de Raeker et al. (1998) com algumas modificações.

Os grãos de trigo (~100g) foram triturados grosseiramente em moinho de disco manual, macerados em HCl 0,02 M (10ml/g de grão de trigo) a 4°C durante 18 horas, e neutralizados com NaOH 0,2 M, adicionando o NaOH sob agitação, gota a gota. A mistura foi homogeneizada em liqüidificador, em velocidade baixa durante 30 segundos, utilizando quantidades suficientes da solução neutralizada para homogeneização e filtrada, em peneira de nylon de 125 µm, com auxílio de vácuo e agitação. A fração retida na peneira foi repetidamente homogeneizada em liqüidificador com porções de H₂O destilada, até que não se observou mais amido presente na mesma.

Todo o filtrado previamente obtido foi novamente passado em peneira de nylon de 53 µm com auxílio de vácuo e agitação. O amido do filtrado foi isolado, através de centrifugação a 1600 X G durante 20 minutos. Esse amido bruto foi ressuspenso em H₂O destilada e novamente centrifugado, para separar a camada de amido (inferior) da camada superior de coloração verde/marrom, a qual era removida, com auxílio de uma espátula. Esse procedimento foi repetido 2 a 3 vezes para a retirada da camada superior. Em seguida, o amido obtido foi purificado com a adição de tolueno:solução de NaCl 0,2M (1:5, v/v) e agitação forte durante 1 hora, em capela. Após agitação a mistura permaneceu em repouso durante, no mínimo, 1 hora para que ocorresse a decantação do amido. A camada de tolueno+proteína (superior) foi retirada por sucção e descartada. A maior parte

da solução de NaCl também foi retirada por sucção, e centrifugada para recuperação do amido ainda presente nessa solução. A purificação com tolueno: solução de NaCl foi repetida, no mínimo, mais duas vezes (ou até que a camada de tolueno estivesse límpida).

O amido purificado foi ressuspensionado em H₂O destilada e centrifugado a 1600 X G durante 15 minutos, procedimento que foi repetido mais duas vezes. O amido foi recuperado através de filtração em papel de filtro, lavagem com etanol p.a. para retirada da água e seco em temperatura ambiente, com ventilação, durante 48 horas.

As amostras de amido foram armazenadas em congelador (<-18°C) até o momento das análises.

O cálculo do rendimento de amido foi expresso com base na matéria seca das amostras de grãos e das amostras de amido obtidas.

3.4. ANÁLISES FÍSICO - QUÍMICAS DO AMIDO ISOLADO

3.4.1. Teor de umidade

O teor de umidade do amido foi determinado de acordo com o método AACC 44-15 A (AACC, 1995), em duplicata.

3.4.2. Teor de nitrogênio

O teor de nitrogênio foi determinado de acordo com o método AACC 46-13 – Método Micro-Kjeldahl (AACC, 1995), em triplicata.

3.4.3. Teor de fósforo e lisofosfolídeos

A determinação de fósforo foi realizada, em duplicata, de acordo com a metodologia de Sarruge & Haag (1974) na qual o amido (0,2 g) sofreu uma digestão nitroperclórica e o teor de fósforo foi determinado com os reagentes molibdato de amônio 5% e vanadato de amônio 0,25% e leitura em espectrofotômetro a 420 nm. A quantificação foi realizada empregando curva padrão de fósforo.

A determinação do teor de lipídeos no amido de cereais pode ser simplificada, assumindo-se que para cada cereal, os lipídeos dentro dos grânulos têm uma composição bem definida (Morrison, 1995). Para amido de trigo o teor de fósforo multiplicado por 16,39 fornece o teor total de lisofosfolídeos (Morrison, 1988). Dessa maneira, utilizou-se o teor total de fósforo para calcular o teor de lisofosfolídeos no amido dos genótipos e ambientes avaliados.

3.4.4. Teor de amilose total, amilose aparente e amilose complexada com lipídeos

O teor de amilose total foi determinado de acordo com a metodologia ISO 6647 (International Organization for Standardization, 1987). As amostras de amido foram previamente desengorduradas, de acordo com a metodologia de Kasemsuwan et al (1995), onde 0,4 g de amido (bs) foram dispersadas em 20 ml de solução de dimetilsulfoxido 90% (DMSO) e aquecidas sob agitação em banho de água fervente (~100°C), durante 1 hora. Após resfriamento, o amido foi precipitado com 60 ml de etanol absoluto e separado através de centrifugação (1600 X G). O precipitado foi disperso em etanol absoluto, evitando-se que se formassem grumos, filtrado a vácuo e seco em estufa, a 35-40°C, durante 24 horas. Como não foi possível se determinar a umidade das amostras obtidas devido à pouca quantidade de material, antes da determinação de amilose todas as amostras foram colocadas em estufa, a 35-40°C, por um período 3 dias, para

que todas fossem com o mesmo teor de umidade. Sendo assim, os dados obtidos puderam ser comparados entre si.

Na determinação do teor de amilose, adicionou-se 1 ml de etanol 95% e 9 ml de NaOH 1 M em 100 mg de amido, previamente tratado com DMSO, que foi aquecido em banho Maria fervente, por 10 minutos. Em seguida, a solução foi resfriada, transferida para balão volumétrico de 100 ml completando-se o volume com H₂O destilada. Retirou-se uma alíquota de 18 ml, que foi transferida para tubo de ensaio de 50 ml que continha 2 ml de NaOH 0,09 N. Uma alíquota de 5 ml foi transferida para balão volumétrico (100 ml) contendo 50 ml de H₂O e 1 ml de ácido acético 1 M. Foram adicionados 2 ml de solução de iodo e o volume completado com H₂O destilada. Após 20 minutos, realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 620 nm. Foram realizadas curvas padrões de amilose e amilopectina.

O teor de amilose aparente (AM_a) foi calculado como sendo o teor de amilose total – teor de amilose complexada com lipídeos ($AM_t - \Delta AM_L$). Segundo Morrison et al. (1993), para trigo e cevada, o teor de amilose complexada com lipídeos (ΔAM_L) pode ser calculado multiplicando-se o teor de lisofosfolípídeo (LPL) por 7 ou seja $\Delta AM_L = 7 \times LPL$, e de acordo com Morrison (1988) o teor de LPL é igual a 16,39 x teor de fósforo (%P), assim, $\Delta AM_L = 7 \times \%P \times 16,39$.

3.4.5. Distribuição do tamanho dos grânulos de amido

A distribuição do tamanho dos grânulos (DTG) do amido isolado dos grãos dos genótipos avaliados foi realizada, em duplicata, utilizando-se o Analisador de partículas por difração a laser modelo LS 230 marca Beckman Coulter e o programa de computador Coulter LS32, versão 3.01.

A quantidade de amostra utilizada foi a que obteve uma obscuração de aproximadamente 10% e módulo de fluido (água) com capacidade de 125 ml,

condições estas recomendadas pelo fabricante para o modelo do equipamento utilizado. O modelo ótico empregado foi o de Fraunhofer.

Os dados obtidos representam os volumes equivalentes ao de esferas com subsequente cálculo do diâmetro da partícula, através do programa de computador, sobre a média do formato esférico das partículas em suspensão (com circulação e rotação constantes). O equipamento teve sua precisão checada com a utilização de partículas esféricas de vidro, de volumes conhecidos.

3.4.6. Microscopia eletrônica de varredura do amido

As amostras do amido isolado dos grãos de trigo dos genótipos IAC 17 , IAC 24, BH 1146 e Anahuac, não mutantes, produzidos nos ambientes de Capão Bonito (sem irrigação e sem correção da acidez do solo) e Tatui (com irrigação e com correção da acidez do solo) foram fixadas sobre suportes com uso de fita condutora dupla face a base de carbono. Em seguida as amostras foram metalizadas com ouro e conservadas a vácuo, em dessecador, até a observação em microscópio eletrônico de varredura marca JEOL modelo JSM 5800. As amostras de amido foram fotografadas, em campos diferentes, utilizando filme branco e preto marca KODAK, tipo T-MAX, de 120 mm. O filme foi revelado e copiado segundo processos de rotina.

3.5. PROPRIEDADES DO AMIDO

3.5.1. Poder de Inchamento

O poder de inchamento das amostras de amido foi determinado de acordo com a técnica de Leach (1959), em duplicata, empregando-se 0,5 g da amostra (base seca) em 25 ml de H₂O destilada e aquecimento, sob agitação mecânica constante, em banho a 75°C (± 1 °C). O poder de inchamento foi calculado como o

peso obtido da pasta sedimentada por grama de amido utilizada, na base seca corrigido pela solubilidade.

3.5.2. Propriedades térmicas do amido

As propriedades de gelatinização foram determinadas em calorímetro diferencial de varredura (DSC-7, Perkin Elmer) segundo o procedimento de Jane et al. (1999), em triplicata. A amostra de amido de trigo (4 mg da amostra na base seca) foi pesada em cápsula de alumínio que, após adição de 12 µl de H₂O deionizada foi lacrada. As amostras foram deixadas à temperatura ambiente, por no mínimo 2 horas, para que houvesse o equilíbrio entre o amido e H₂O. A varredura foi realizada numa taxa de 10°C/min numa faixa de temperatura de 25 a 125°C sendo utilizada como referência uma cápsula vazia. Após a gelatinização as cápsulas foram armazenadas a 4°C durante 20-21 dias, e então analisadas para verificar a retrogradação do amido empregando-se o mesmo equipamento e varredura numa taxa de 10°C/minuto e faixa de temperatura de 25 a 100°C.

3.5.3. Propriedades de pasta do amido

As características de pasta do amido de trigo foram determinadas, em duplicata, empregando-se 3g da amostra (corrigido para 14% de umidade) e 25 g de H₂O destilada, utilizando o aparelho Rapid Visco Analyzer (R.V.A.) série 4.0 da Newport Scientific e programa de computador "Thermocline for Windows" utilizando-se como padrão de corrida o teste número 2 (NEWPORT SCIENTIFIC, 1998) cujas condições estão apresentadas na Tabela 6 .

Tabela 6. Parâmetros utilizados na determinação das propriedades de pasta do amido pelo aparelho RVA (Rapid Visco Analyser)

TEMPO (hora:minuto:segundo)	TIPO	VALOR
00:00:00	Temperatura	50 °C
00:00:00	Velocidade	960 rpm
0000:00	Velocidade	160 rpm
00:01:00	Temperatura	50 °C
00:08:30	Temperatura	95 °C
00:13:30	Temperatura	95 °C
00:21:00	Temperatura	50 °C

Os resultados foram interpretados a partir dos gráficos fornecidos pelo programa. Os parâmetros empregados neste trabalho para interpretação dos resultados, representados na Figura 2, foram:

- **Temperatura de pasta:** temperatura em graus Celcius onde a viscosidade sofre o primeiro aumento de 6 RVU/minuto (ou 2 RVU/20segundos)
- **Viscosidade máxima:** é a viscosidade máxima (pico) desenvolvida durante a fase de aquecimento
- **Tempo de viscosidade máxima:** é o tempo em minutos onde ocorre o pico de viscosidade
- **Viscosidade mínima ou viscosidade da pasta quente:** é a menor viscosidade após o pico de viscosidade

- **Viscosidade de quebra (Breakdown):** é a diferença entre a viscosidade máxima e a viscosidade mínima
- **Viscosidade final:** é a viscosidade final do teste
- **Retrogradação (Setback):** é a diferença entre a viscosidade final e a viscosidade mínima após o pico de viscosidade

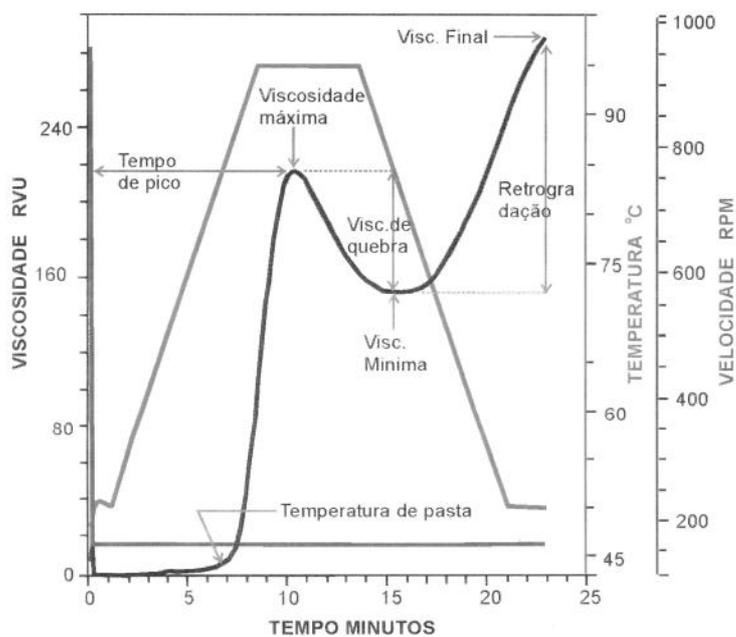


Figura 2. Curva viscoamilográfica, obtida pelo RVA, de uma amostra de amido de trigo com identificação dos parâmetros avaliados

3.6. OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS FARINHAS

3.6.1. Moagem do trigo

3.6.1.1. Condicionamento

As amostras de trigo foram condicionadas para um conteúdo de umidade de aproximadamente 15%. A quantidade de água destilada necessária para se atingir a umidade requerida foi calculada com base na umidade inicial dos grãos.

O condicionamento dos grãos, foi realizado em batedeira planetária para uma melhor homogeneização e o volume de água calculado foi adicionado gradualmente aos grãos, com o auxílio de uma bureta. Posteriormente, os grãos foram colocados em sacos de polietileno, que foram selados e mantido sob refrigeração por 16 a 20 horas, antes da moagem, para atingir o equilíbrio.

3.6.1.2. Moagem dos grãos

A moagem foi feita em moinho experimental de rolos Brabender, modelo Quadrumat Senior, empregando-se de 700 a 1000 g de grãos, com base no método da AACC n.º 26-10A (1995). Foram utilizadas as seções de quebra e redução e o sistema de peneiragem do moinho, onde foram obtidas quatro frações: farinha de quebra ($< 150 \mu\text{m}$), farinha de redução ($< 195 \mu\text{m}$), farelinho ($< 500 \mu\text{m}$) e farelo ($> 500 \mu\text{m}$). As farinhas correspondentes a cada amostra foram compostas pela mistura e homogeneização da farinha de quebra e farinha de redução, em homogeneizador tipo Y durante 10 minutos. O rendimento em farinha foi calculado em porcentagem, considerando-se a quantidade obtida de farinha em relação ao peso total das frações obtidas.

As amostras de farinha foram armazenadas em congelador ($< -18^{\circ}\text{C}$) até o momento das análises.

3.6.2. Teor de umidade

A determinação do teor de umidade foi realizada de acordo com o método AACC 44-15 A (AACC, 1995), em triplicata.

3.6.3. Teor de proteína

A determinação do teor de nitrogênio foi realizada de acordo de acordo com o método AACC 46-13 – Método Micro-Kjeldahl (AACC, 1995) utilizando o fator 5,7 para cálculo da proteína total, em triplicata. Os valores obtidos foram padronizados para 14% de umidade, de acordo com Halverson & Zeleny (1988).

3.6.4. Teor de cinza

A determinação do teor de cinza foi realizada de acordo com o método AACC 08-01 (AACC, 1995), em duplicata. Os valores obtidos foram padronizados para 14% de umidade, de acordo com Halverson & Zeleny (1988).

3.6.5. Número de queda

A determinação do número de queda foi realizada no aparelho “Falling Number”, de acordo com o método AACC 56-81B (AACC, 1995), em duplicata.

3.7. Análise reológica da massa por farinografia

Em função da quantidade reduzida de amostra apenas foram avaliadas as características farinográficas da massa através do farinógrafo Brabender, método AACC 54-21 (1995), empregando-se 50 g da farinha.

Primeiramente água foi adicionada em quantidade suficiente para que a massa atingisse uma consistência padrão, ou seja, 500 unidades farinográficas (U.F.). Na segunda etapa a quantidade de água previamente determinada foi adicionada obtendo-se o farinograma, onde foram medidos os índices de

qualidade, como: a estabilidade; o tempo de desenvolvimento da massa (TDM) e o índice de tolerância. De acordo com AACC (1995), a estabilidade é definida como a diferença de tempo, em minutos, entre o ponto onde o topo da curva intercepta a linha de 500 U.F. e o ponto em que o topo da curva deixa a mesma linha. O tempo de desenvolvimento da massa é definido como o tempo desde o início até o desenvolvimento máximo da curva imediatamente antes da primeira indicação de queda. O índice de tolerância à mistura consiste na diferença, expressa em unidades farinográficas, entre o topo da curva do pico e o topo da curva medido 5 minutos após ter atingido o pico máximo.

3.8. Análise estatística

O delineamento estatístico utilizado para avaliação dos resultados foi inteiramente ao acaso, usando o erro amostral em vez do erro residual. Todas as determinações foram realizadas 2 a 4 vezes e os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA). A análise de variância de cada característica qualitativa, dentro de cada ambiente de produção, de cada genótipo e da interação genótipo x ambiente foi realizada de acordo com Pimentel-Gomes (2000) considerando-se o efeito ambiente como aleatório e o efeito do genótipo como fixo.

Quando o teste F foi significativo ao nível de 5 ou 1% de probabilidade, ou seja, quando foi verificada a existência de diferenças entre pelo menos dois genótipos, as médias foram comparadas pelo teste da menor diferença significativa, teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os dados foram analisados pelo programa estatístico SANEST (Zonta e Machado, 1991).

Foram realizadas correlações simples, por meio da análise de variância, entre alguns dos parâmetros avaliados, calculando-se o índice de correlação de acordo com Pimentel-Gomes (2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância das características qualitativas avaliadas, dentro de cada ambiente de produção, de cada genótipo e da interação genótipo x ambiente está apresentada nos itens discutidos a seguir. O teste para avaliar a interação genótipo x ambiente teve por objetivo estabelecer a generalidade dos resultados para os 3 ambientes avaliados. Aceitando-se a existência de efeito da interação, concluiu-se que, para a característica avaliada, os genótipos comportaram-se de maneiras diferentes dependendo do ambiente de produção.

4.1. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS GRÃOS DE TRIGO

A Tabela 7 mostra a existência ou não de significância entre genótipos, ambientes e interação genótipo x ambiente das diferentes características de qualidade avaliadas nos grãos de trigo. A apresentação detalhada dos resultados bem como a discussão destes está apresentada nos itens que se seguem.

Tabela 7. Análise de variância dos parâmetros medidos nos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Fonte de Variação	Produtividade	PH ¹	PMG ²	Dureza	Proteína	Cinza	Amido	Número de Queda
Genótipo	**	*	*	**	**	*	**	ns
Ambiente	**	**	**	*	**	**	**	*
Gen. X Amb.	ns	**	**	**	**	**	**	**

** : significativo ao valor de 1% de probabilidade pelo teste F

* : significativo ao valor de 5% de probabilidade pelo teste F

ns: não significativo pelo teste F, ao valor de 5% de probabilidade

¹PH: Peso do hectolitro

²PMG: Peso de Mil Grãos

4.1.1. Produtividade

A produtividade média de cada genótipo nos três ambientes avaliados, está apresentada na Tabela 8. Pela análise de variância (Tabela 7) foi observado efeito

significativo ($p < 0,01$) para genótipos e locais e não significativo da interação genótipo ambiente. Por esse motivo, estão apresentadas as médias da produtividade de cada genótipo e a média, de todos os genótipos observada em cada ambiente e análise estatística desses valores.

Tabela 8. Produtividade média de grãos dos 8 genótipos de trigo cultivados nas Estações Experimentais de Tatui, Tietê e Capão Bonito e resultados da análise estatística.

Genótipos	Produtividade - kg/ha			
	Capão Bonito	Tietê	Tatui	Média
IAC 17 M	1690	3490	3741	2975 ab
IAC 17	1648	3130	3167	2648 ab
IAC 24 M	2060	3333	3555	2982 ab
IAC 24	1796	3055	3241	2697 ab
BH 1146 M	2398	3704	3926	3342 a
BH 1146	1731	2676	3102	2503 ab
Anahuac M	1815	3481	3518	2938 ab
Anahuac	1259	3111	2481	2283 b
Média	1800 B	3248 A	3341 A	

C.V.(%): 17,25

d.m.s. 5% entre ambientes: 384 kg/ha

d.m.s. 5% entre genótipos: 845 kg/ha

cada valor representa a média de 3 repetições

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Segundo Freitas et al. (1999) dentre os fatores ambientais que mais afetam a produtividade dos grãos de trigo destacam-se os nutricionais e os climáticos. Neste estudo, foi observado que no ambiente onde não houve correção da acidez do solo nem irrigação (Capão Bonito) a produtividade média foi de 1.800 kg/ha. Já nos ambientes com apenas correção da acidez (Tietê) e com correção da acidez e irrigação (Tatui) observou-se um acréscimo de 80 e 85% na produtividade,

respectivamente. Não foi observada diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$), quanto à produtividade, entre os ambientes que tiveram a acidez de seus solos corrigidos mas que diferiam quanto à suplementação de água, Tietê (sem irrigação) e Tatui (com irrigação). Entretanto, Felício et al. (1998b) observaram um acréscimo de 124% na produtividade de genótipos de trigo quando a deficiência hídrica foi atenuada com a utilização da irrigação.

Neste estudo, de acordo com Camargo 2002 (comunicação pessoal), a irrigação em Tatui foi paralisada 30 dias antes da maturação dos grãos para evitar o acamamento dos genótipos que apresentavam porte alto: BH 1146 e IAC 17 (Tabela 1), pois o impacto da água, pelo sistema de aspersão, favorece o acamamento das plantas. A suspensão da irrigação acarretou a redução da disponibilidade de água no final do período de enchimento dos grãos o que segundo Guerra & Antonini (1996) causa redução na produtividade. Constatou-se pelos dados da Tabela 4, que nos 3 ambientes estudados não houve deficiência hídrica acentuada durante as fases de estabelecimento (abril a maio) nem durante as fases de florescimento e enchimento dos grãos (junho a setembro). Apesar da menor incidência de chuvas em Tietê, os valores de precipitação pluviométrica apresentaram-se acima do limite de 15 mm considerado como deficiência por Karlickmann et al. (1965). Esta constatação pode, em parte, explicar a não observação de diferenças na produtividade entre os ambientes de Tietê e Tatui.

Outros fatores além da disponibilidade de água podem ter influenciado a produtividade como, por exemplo, a ocorrência de doenças ou de temperaturas críticas em determinadas fases de desenvolvimento das plantas no ambiente de Tatui, que não foram objetivos deste estudo e, portanto, não foram observados e correlacionados.

Na comparação das médias entre genótipos originais e seus respectivos mutantes constatou-se que apesar de não haver diferenças estatísticas ($p < 0,05$) os mutantes apresentaram tendência a maiores produtividades do que seus respectivos genótipos originais (Tabela 8) indicando, conforme comentado por

Camargo et al. (2001), que um programa de melhoramento genético visando aumentar a produtividade dos genótipos a partir de mutação por irradiação tem grande probabilidade de sucesso.

O genótipo BH 1146 M foi o mais produtivo nos três ambientes, apesar da média de produtividade diferir estatisticamente ($p < 0,05$) apenas do genótipo Anahuac, que apresentou a menor produtividade média. No ambiente de Capão Bonito pode-se observar o comportamento dos genótipos em relação à presença de alumínio no solo, por não ter havido correção da acidez do mesmo. Os genótipos Anahuac M, BH 1146 M e IAC 24 M apresentaram um acréscimo de 31, 28 e 13%, respectivamente, na produtividade em relação aos seus genótipos originais, indicando que apresentam maior tolerância ao alumínio presente no solo do que aqueles.

4.1.2. Teor de Umidade dos grãos

De acordo com Rasper (1991), a determinação da umidade é essencial para a avaliação da qualidade dos grãos de cereais, pois o comportamento destes, tanto no armazenamento quanto no processo de moagem, depende muito do seu teor de umidade. Entre as diversas razões para que o teor de umidade seja considerado um parâmetro de qualidade, pode-se destacar o fato de ser inversamente proporcional à composição química, pela quantidade de água ser economicamente significativa e, o mais importante, por ser um fator de segurança no armazenamento. Grãos que contêm umidade acima do teor crítico de armazenamento, estão sujeitos a deterioração por fungos, aquecimento, insetos e germinação (Pomeranz, 1987).

O conhecimento do teor de umidade também é importante para estabelecer uma base que expressa os resultados das análises químicas (Mandarino, 1993).

O teor de umidade das amostras de grãos de trigo avaliadas no presente estudo variou de 11,9 a 13,0%. Todas as amostras estavam, portanto, dentro da

especificação exigida pela classificação oficial brasileira atual que é de 13% de umidade conforme Instrução Normativa n.º 1, de 27/01/99 (Brasil, 1999).

4.1.3. Peso do hectolitro (PH)

Pela análise de variância conjunta (Tabela 7) verificou-se que houve efeito significativo para genótipo ($p < 0,05$), ambiente ($p < 0,01$) e para a interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$). Na Tabela 9 são apresentados os valores obtidos de PH.

Tabela 9. Valores de peso do hectolitro das amostras de grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.

Genótipos	Peso do hectolitro* (kg/hl)		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	77,17 A c	79,32 B b	75,98 b
IAC 17	78,56 A b	78,37 A d	76,22 B b
IAC 24 M	76,77 B d	77,63 A e	72,92 d
IAC 24	75,71 B e	77,67 A e	73,09 d
BH 1146 M	72,43 B f	75,81 A f	71,67 e
BH 1146	78,71 B ab	80,08 A a	78,23 a
Anahuac M	74,40 B c	78,91 A c	74,45 c
Anahuac	78,84 B a	79,97 A a	70,34 f

C.V.(%): 0,11

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 2,39 kg/hl

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 0,25 kg/hl

* corrigido para 13% de umidade

** de acordo com a Classificação Brasileira vigente

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Comparando-se as médias de cada genótipo nos três ambientes verificou-se que no ambiente de Tietê (com correção da acidez e sem irrigação), com exceção dos genótipos IAC 17, todos os demais apresentaram os maiores valores de PH ($p < 0,05$) e no ambiente de Tatui, onde o solo foi corrigido e com irrigação, observou-se os menores valores de PH, para todos os genótipos avaliados. Os genótipos originais e seus respectivos mutantes diferiram entre si ($p < 0,05$) na maioria dos ambientes de produção, existindo uma tendência do PH do genótipo original ser maior do que o mutante no mesmo ambiente. A maior diferença ocorreu para os genótipos BH 1146 M e BH 1146, sendo que os valores de PH do genótipo original foi em média 7% superior do que o mutante, apesar deste ter sido o genótipo mais produtivo nos três ambientes.

Os valores obtidos para PH nos genótipos não mutantes avaliados apresentaram-se abaixo de valores já observados em experimentos realizados anteriormente. Brusantin (2000) avaliando o PH de diversos genótipos de trigo produzidos no Estado de São Paulo obteve os seguintes valores de PH: IAC 17 (85,0 kg/hl); IAC 24 (79,9 kg/hl); BH 1146 (84,5 kg/hl) e Anahuac (83,4 kg/hl). Felício et al. (1998) observaram valores de PH para os genótipos Anahuac e IAC 24 variando de 74,8 a 82,0 kg/hl e 74,1 a 79,3 kg/hl, respectivamente, dependendo do ambiente de produção. Os autores verificaram que ambientes onde houve irrigação por aspersão ocorreu um aumento do PH.

No presente estudo foi observado que o ambiente de Tatui, onde houve correção da acidez do solo e irrigação (melhores condições para a cultura do trigo) ocorreram os menores valores de PH apesar das médias de produtividade serem superiores ao ambiente de Capão Bonito (sem irrigação e sem correção da acidez do solo) e semelhantes estatisticamente ao ambiente de Tietê (apenas com correção da acidez). Pode-se supor que, no ambiente de Tatui, durante a fase de desenvolvimento da cultura tenha ocorrido condições ótimas para que houvesse um maior perfilhamento e maior produção de número de grãos por espiga porém, a suspensão da irrigação 30 dias antes da maturação dos grãos, prejudicou a fase

de enchimento dos mesmos ocasionando o menor PH o que está de acordo com o trabalho de Guerra & Antonini (1996). Os autores avaliaram a época de suspensão da irrigação da cultura de trigo e verificaram que para a obtenção de máxima produtividade e máximo do peso do hectolitro o suprimento de água deve ser mantido até a fase de desenvolvimento de grãos em estado de massa dura e que a falta da água antes dessa fase causa uma redução na produtividade porque prejudica o enchimento do grão.

Em revisão realizada por Mota (1982) foi apresentado que os fatores ambientais são os principais responsáveis pela variação que pode ocorrer na duração do período que vai da floração à maturação dos grãos para um dado genótipo. Fatores como baixa umidade do solo, altas temperaturas e grande insolação favorecem um curto período da floração à maturação, diminuindo portanto o período de enchimento dos grãos.

Também a ocorrência de temperaturas elevadas durante as fases de enchimento dos grãos pode afetar negativamente o PH dos grãos (Guarienti (2001). Mota (1982) relatou em sua revisão que valores de temperaturas máximas acima de 26°C no 3^o mês do ciclo da cultura e temperaturas diurnas/noturnas de 30/25°C causam encurtamento demasiado no período de enchimento dos grãos. Guarienti (2001) verificou que temperaturas com amplitudes máximas de 31,2°C no período em que as plantas se encontravam no estágio de início de enchimento dos grãos influenciaram negativamente o PH do trigo. As temperaturas máximas observadas nos ambientes de produção (Tabela 4) talvez também possam ter contribuído para os valores de PH observados neste estudo.

Para cada genótipo as condições ambientais durante o processo de formação dos grãos, a ocorrência ou não de doenças fúngicas bem como as práticas culturais utilizadas podem afetar a qualidade dos mesmos (Mandarino, 1993). A influência do conjunto das variáveis meteorológicas é manifestada por uma sucessão de diferentes eventos que as vezes prejudica e as vezes favorece a qualidade industrial e rendimento de grãos de trigo (Guarienti, 2001).

4.1.4. Peso de mil grãos (PMG)

Os valores de PMG observados e a significância obtida na análise de variância conjunta estão apresentados nas Tabelas 10 e 7, respectivamente. Pode-se observar que houve efeito significativo para genótipo ($p < 0,05$), ambiente ($p < 0,01$) e para a interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$) quanto ao PMG do trigo dos genótipos avaliados.

No ambiente de Tatuí (com irrigação e correção da acidez), com exceção dos genótipos IAC 24 M e BH 1146 observou-se os menores valores de PMG. Os genótipos Anahuac e Anahuac M foram os que apresentaram as maiores diferenças entre os ambientes de produção, pois os grãos foram classificados, de acordo com classificação apresentada Guarienti (1996), como pequenos no ambiente de Tatuí e como de tamanho médio nos outros dois ambientes. Já as demais amostras, apesar de apresentarem diferenças entre alguns dos ambientes foram classificadas como grãos de tamanho médio, segundo a mesma classificação.

Na comparação entre genótipo original e seu respectivo mutante, constatou-se que o IAC 24 e IAC 24 M apresentaram resultados semelhantes nos 3 ambientes de produção. Os demais genótipos diferiram entre si, em pelo menos 2 dos ambientes avaliados.

As condições ambientais de Tatuí proporcionaram a ocorrência dos menores PMG como também os menores PH (Tabela 9) para a maioria dos genótipos avaliados, apesar de, nesse ambiente, terem ocorrido altas produtividades. Como discutido para o PH, pode ter ocorrido condições desfavoráveis ao enchimento dos grãos, num momento crítico durante o desenvolvimento da planta, no campo que tenha provocado o menor PMG.

Os resultados obtidos neste estudo indicaram uma correlação positiva entre o PMG e o PH ($r = 0,54$; $p < 0,01$) o que também foi observado por Guarienti (2001). Entretanto, no ambiente de Tietê onde se observou os maiores valores de PH para

6 dos 8 genótipos, não se observou os maiores valores de PMG, uma vez que estes foram iguais ou menores do que os observados em Capão Bonito, com exceção do Anahuac.

Tabela 10. Valores de peso de mil grãos das amostras de grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipos	Peso de Mil Grãos* (g)		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	43,29 A a	41,20 A a	39,98 B b
IAC 17	41,11 A b	40,63 A b	39,54 B bc
IAC 24 M	41,29 A b	37,71 B d	37,15 B d
IAC 24	40,60 A b	38,33 B cd	36,92 C d
BH 1146 M	42,82 A a	42,50 A a	38,67 B c
BH 1146	42,66 A a	40,67 B b	41,33 B a
Anahuac M	39,31 A c	39,07 A c	33,64 B e
Anahuac	38,79 B c	41,78 A ab	30,70 C f

C.V.(%): 1,32

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 3,57 g

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 1,28 g

*: corrigido para 13% de umidade

Cada valor representa a média de 4 determinações corrigidas para 13% de umidade valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Como já observado para peso do hectolitro, os resultados de PMG para cada genótipo, também demonstraram que as condições ambientais bem como as práticas culturais utilizadas podem prejudicar e as vezes favorecer a qualidade industrial e rendimento de grãos de trigo (Mandarino, 1993; Guarienti, 2001).

Frizzone et al. (1996) avaliaram o efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre o PMG e verificaram efeito significativo desses

fatores sobre o PMG, que decresceu com o aumento da lâmina de água de irrigação e da adubação nitrogenada. Hirano (1976) constatou que a ocorrência de chuvas no início da maturação dos grãos de trigo reduziu o PMG e o PH dos mesmos. Guarienti (2001) observou a influência negativa da ocorrência de chuvas, em períodos de mais de 20 dias antes da colheita, no PH e PMG do trigo produzido na região sul do Brasil.

A temperatura é um outro fator que pode afetar as características do grão. Tester et al. (1995) observaram que o PMG de trigo foi inversamente proporcional às temperaturas do ambiente de produção o que já havia sido também observado por SHI et al (1994) e Blumenthal et al. (1995) que estudaram o efeito de temperaturas elevadas durante a fase de enchimento dos grãos sobre suas características de qualidade.

4.1.5. Dureza

A dureza dos grãos de trigo foi avaliada como uma função inversa do tempo de moagem de uma determinada quantidade de grãos, de forma que quanto mais duro o trigo menor é o tempo de moagem.

Os valores observados para cada genótipo (Tabela 11) foram classificados de acordo com a escala de Kosmolak (1978), conforme a Tabela 5.

Pela análise de variância (Tabela 7) observou-se que houve efeito significativo para genótipo ($p < 0,01$), ambiente ($p < 0,05$) e para a interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$). Constatou-se que apenas os genótipos IAC 17 M e BH 1146 M apresentaram mudanças quanto às características de dureza do endosperma quando produzido no ambiente de Tietê. Os demais genótipos não apresentaram alterações quanto à classificação de dureza em função do ambiente de produção. Observando a magnitude dos valores obtidos para alguns genótipos (IAC 17, e BH 1146 M) a análise estatística pelo teste Tuckey ($p < 0,05$) demonstrou que são diferentes mas quando se avalia na escala de Kosmolak

(1978) verifica-se que permanecem na mesma classificação de dureza, pois nesta escala os diferentes graus de dureza são definidos por faixas de valores.

Tabela 11. Valores de dureza das amostras de grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipos	Dureza (segundos)								
	Capão Bonito			Tietê			Tatui		
	Valor	Letra	Tipo*	Valor	Letra	Tipo	Valor	Letra	Tipo
IAC 17 M	47.5	B a	sm	41.0	B a	sd	54.0	A a	sm
IAC 17	41.5	A b	sd	40.5	AB ab	sd	37.0	B b	sd
IAC 24 M	22.0	A d	d	22.5	A c	d	23.0	A c	d
IAC 24	23.0	A d	d	21.0	A c	d	24.5	A c	d
BH 1146 M	49.0	B a	sm	43.0	C a	sd	56.0	A a	sm
BH 1146	35.0	A c	sd	35.5	A b	sd	38.5	A b	sd
Anahuac M	20.0	A d	d	19.0	A c	d	21.0	A c	d
Anahuac	19.5	A d	d	20.0	A c	d	22.5	A c	d

C.V.(%): 3,6

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 5,2 s

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 4,0 s

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

* classificação de acordo com a escala de Kosmolak (1978)

d: duro (<32 segundos)

sd: semi duro (entre 32 e 44 segundos)

sm: semi-mole (entre 45 e 62 segundos)

Comparando as médias dos genótipos originais com os genótipos mutantes verificou-se que os pares do BH 1146 diferiram entre si ($p < 0,05$) nos três ambientes de produção e os pares do IAC 17 diferiram entre si nos ambientes de Capão Bonito e Tatui. Já os pares do IAC 24 e do Anahuac não diferiram entre si nos ambientes de produção.

Neste estudo observou-se que o genótipo IAC 17 foi classificado como trigo semi-duro nos três ambientes de produção, diferentemente do que foi observado por Brusantin (2000) que o classificou como trigo mole pois este apresentou tempo de moagem acima de 64 segundos.

4.1.6. Teor de proteína do grão

Na Tabela 12 estão apresentados os teores de proteína obtidos neste estudo. Observou-se, pela análise de variância conjunta que houve efeito significativo ($p < 0,01$) para genótipo, ambiente e para a interação genótipo x ambiente quanto ao teor de proteína do grão (Tabela 7).

Tabela 12. Teores de proteína, corrigidos para 14% de umidade, nos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipos	Teor de Proteína (%)		
	Capão Bonito	Tieté	Tatui
IAC 17 M	11.50 B b	10.91 C bc	12.95 A a
IAC 17	11.49 B b	11.61 B a	13.10 A a
IAC 24 M	10.81 B cd	10.45 B cd	11.69 A bc
IAC 24	11.45 A b	10.45 B cd	11.84 A bc
BH 1146 M	10.19 A e	9.36 B e	10.01 A d
BH 1146	12.27 B a	11.22 C ab	13.35 A a
Anahuac M	11.12 A bc	10.64 B bc	11.35 A c
Anahuac	10.32 B de	10.02 B d	11.99 A b

C.V.(%): 1,8

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 0,64 %

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 0,58 %

Cada valor representa a média de 3 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

No ambiente de Tatuí, onde houve correção da acidez do solo e irrigação, obteve-se os maiores teores de proteína para 5 dos 8 genótipos avaliados. Em Tietê (com correção e sem irrigação) observou-se as menores médias para 5 dos 8 genótipos avaliados.

Na comparação do genótipo original e seu respectivo mutante constatou-se que o IAC 17 e IAC 17 M apresentaram resultados estatisticamente semelhantes em Capão Bonito e Tatuí e o IAC 24 e IAC 24 M em Tietê e Tatuí. Os demais apresentaram teores de proteína diferentes estatisticamente nos 3 ambientes avaliados, sendo que para o BH 1146 e BH 1146 M observou-se as maiores diferenças onde o mutante apresentou teores menores de proteína do que o genótipo original.

Apenas a quantidade de proteína não é um indicador da qualidade do trigo pois, para a fabricação dos diversos tipos de produtos, devem-se avaliar a combinação da qualidade e a quantidade de proteína presente no trigo (Guarienti, 1996).

Segundo Halverson & Zeleny (1988) os teores de proteína no grão, corrigidos para 14% de umidade, e suas aplicações são: para massas alimentícias – acima de 13%; pães – 11.5 a 13%; bolachas tipo *crackers* – 10 a 11%; demais tipos de bolachas – 9 a 11%; bolos e biscoitos – 8 a 10%.

O teor de proteína do grão é afetado principalmente pelo local de plantio, pelas condições climáticas, pelas práticas culturais, pela quantidade e momento de aplicação da adubação nitrogenada, pela disponibilidade de água no solo, pela duração do período de enchimento dos grãos, além de pelo próprio genótipo (Halverson & Zeleny, 1988; Jia et al., 1996; Guarienti, 1996; Lopez-Bellido et al., 1998; Scalco, 2000).

Os resultados obtidos nesse estudo também demonstraram a variação nos teores de proteína em função das condições de produção dos grãos bem como dos genótipos, conforme observado na literatura.

De acordo com Lopez-Bellido et al. (1998) e nos trabalhos citados pelos autores a temperatura, chuva e radiação solar são os fatores climáticos que afetam o teor de proteína nos grãos de trigo durante o período de enchimento sendo que a duração deste é um fator importante. O período de enchimento é afetado pela temperatura e disponibilidade de água. Condições que levam a um maior tempo de enchimento dos grãos resultam em grãos completamente cheios e com baixo teor de proteína. Por outro lado, sob condições de calor e seca, nas quais o período de enchimento dos grãos é curto e o rendimento em grãos é mais baixo, o trigo geralmente contém mais proteína.

Halverson & Zeleny (1988) relataram que a ocorrência de chuva em abundância durante o período de desenvolvimento do grão normalmente resulta em baixo teor de proteína enquanto que condições de seca favorecem o alto teor de proteína. Do mesmo modo, em revisão realizada por Lopez-Bellido et al. (1998) foi constatado que, em termos gerais, o rendimento do trigo e o teor de proteína são negativamente e linearmente relacionados sendo o efeito de diluição a fonte mais consistente para essa relação negativa. Segundo os autores, sob condições favoráveis, proteína e amido são produzidos simultaneamente. Já sob condições de estresse hídrico e altas temperaturas, durante o período de enchimento dos grãos ocorre um retardamento na conversão de açúcar em amido, mas a formação de proteína é pouco afetada.

Comparando-se os valores obtidos nos ambientes de Capão Bonito (ambiente sem irrigação e sem correção da acidez do solo) e Tietê (apenas com correção do solo) constatou-se que no ambiente de Capão Bonito todos os genótipos apresentaram menor produtividade do que no ambiente de Tietê e que 5 dos 8 genótipos avaliados apresentaram maiores teores ($p < 0,05$) de proteína indicando a tendência de maior teor de proteína quando se tem menor produtividade, conforme apresentado por Lopez-Bellido et al. (1998).

No entanto, no ambiente de Tatui, com produtividades superiores às aquelas obtidas em Capão Bonito, os teores de proteína obtidos apresentaram tendência

de serem maiores do que aqueles de Capão Bonito. A redução na disponibilidade de água, ocorrida em Tatuí, que prejudicou a fase de enchimento dos grãos, pode explicar, em parte, os maiores teores de proteína nos grãos, o que está de acordo com Halverson & Zeleny (1988) e Lopez-Bellido et al. (1998).

4.1.7. Teor de cinza no grão

A cinza é o resíduo resultante da queima da matéria orgânica, constituída de minerais (metais e não metais) na forma de seus sais, no caso do trigo principalmente por cálcio, magnésio e fosfatos e sulfatos de potássio. A maior concentração desses minerais localiza-se na parte externa do grão ou seja, no farelo e nas camadas mais periféricas do endosperma (Mandarino, 1993; Guarienti, 1996).

A análise de variância, dos resultados obtidos, está apresentada na Tabela 7. Os teores de cinza encontrados nos grãos dos genótipos e ambientes avaliados estão apresentados na Tabela 13.

Na análise de variância conjunta observou-se que houve efeito significativo para genótipo ($p < 0,05$), ambiente ($p < 0,01$) e interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$).

Observou-se pelo teste Tukey ($p < 0,05$) que as maiores médias quanto ao teor de cinza nos grãos ocorreram no ambiente de Tietê, com exceção do genótipo Anahuac e que no ambiente de Capão Bonito, 5 dos 8 genótipos avaliados apresentaram as menores médias.

Os valores variaram de 1,20 a 2,04% calculados com base em 14% de umidade. Segundo Halverson & Zeleny (1988) os teores de cinza no grão de trigo normalmente variam de 1,4 a 2,0% (base 14% de umidade) indicando que principalmente no ambiente de Capão Bonito os teores observados estão um pouco abaixo da faixa observada pelos autores. Entretanto Pirozzi (1995) avaliou 3 variedades de trigo produzidos no Brasil e encontrou valores entre 1,29 a 1,39%

(transformados para base de 14% de umidade) estando portanto mais próximos dos valores mais baixos observados neste estudo.

Tabela 13. Teores de cinza nos grãos, corrigidos para 14% de umidade, dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipos	Teor de cinza no grão (%)		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	1,29 B ab	2,04 A a	1,34 B cd
IAC 17	1,31 C ab	1,74 A bc	1,44 B bc
IAC 24 M	1,33 C b	1,93 A a	1,44 B bc
IAC 24	1,34 C a	1,80 A b	1,59 B a
BH 1146 M	1,20 C b	1,65 A cd	1,48 B ab
BH 1146	1,37 B a	1,71 A bc	1,43 B bc
Anahuac M	1,20 B b	1,57 A d	1,28 B d
Anahuac	1,29 B ab	1,58 A d	1,53 A ab

C.V.(%): 2,3

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 0,18 %

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 0,12 %

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Comparando-se os genótipos originais e os respectivos mutantes observou-se que apenas os pares do IAC 24 apresentaram-se estatisticamente diferentes nos três ambientes de produção sendo que o mutante apresentou teores maiores em Capão Bonito e Tatui. Os demais pares apenas diferiram em um dos ambientes de produção.

Segundo Mandarino (1993) o teor de minerais no grão e, conseqüentemente, na farinha obtida deste é influenciado por diversos fatores, dentre eles os genéticos, os edafoclimáticos, os agrônômicos e os fisiológicos. Gottschald (1996) relata que certos trigos possuem naturalmente maior teor de cinza no endosperma em razão das condições de solo, crescimento e fatores

genéticos. Peterson et al. (1986) avaliando 27 genótipos de trigo produzidos em 6 locais diferentes constataram que as variações no teor de minerais nos grãos poderiam ser atribuídas às diferenças entre os locais de produção, aos genótipos e à interação de ambos.

Diferentemente do que está na literatura (Mattern, 1991) onde se observa que grãos menores têm percentualmente maior teor de cinza, neste experimento não se observou uma correlação significativa entre PMG e teor de cinza.

4.1.8. Número de queda

O número de queda tem por objetivo verificar a atividade da enzima α -amilase no grão ou na farinha, a fim de detectar danos causados pela germinação na espiga que está relacionada, principalmente, à ocorrência de chuvas na colheita (Moss et al., 1972).

A análise de variância (Tabela 7) mostrou que houve efeito significativo para ambiente ($p < 0,05$), para a interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$) e não significativo para genótipo (Tabela 7). Os valores obtidos (Tabela 14), variaram de 218 a 449 segundos, e estão acima dos 200 segundos exigidos pela classificação oficial conforme Instruções Normativas n.1, de 27/01/99 (Brasil, 1999). De acordo com a valores apresentados por Guarienti (1996) a atividade enzimática ideal está entre 201 a 350 segundos. Valores acima de 351 segundos classificam o grão como de baixa atividade enzimática, que é como se apresentam a maioria das amostras avaliadas nessa pesquisa.

Segundo Germani et al. (1997) a presença de certa quantidade de α -amilase é importante para que ocorra a produção de açúcares, necessária para a fermentação de pães. Tanto a alta como a baixa atividade da enzima podem prejudicar a qualidade industrial do trigo, sendo que a alta atividade pode ser corrigida através de misturas com trigos que apresentam baixa atividade e a baixa

atividade pode ser corrigida pela adição, na farinha obtida, de enzimas α -amilase, fúngica (Guarienti, 1996; Germani et al., 1997).

Tabela 14. Valores do número de queda, em segundos, dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipos	Número de queda no grão (segundos)		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	393 B ab	426 A a	435 A a
IAC 17	404 B a	420 A ab	386 C c
IAC 24 M	314 B d	416 A abc	406 A b
IAC 24	396 B a	373 C f	449 A a
BH 1146 M	228 C e	380 B ef	433 A a
BH 1146	340 C c	406 A bcd	386 B c
Anahuac M	313 B d	402 A cd	323 B c
Anahuac	378 B b	393 A de	386 B c

C.V.(%): 1,2

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 54,4

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 17,7

Cada valor representa a média de 2 determinações
valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

4.1.9. Estrutura dos grãos de trigo

Na avaliação das fotomicrografias obtidas na microscopia ótica foram medidas as espessura da camada de tegumento + tecido nucelar e também o tamanho das células do aleurona, apresentados na Figura 3 (microscopia ótica). Na Figura 4 (microscopia eletrônica de varredura) estão apresentadas as mesmas estruturas observadas na microscopia ótica para melhor observação (maior definição) das mesmas. Não foram observadas modificações na morfologia dos grãos produzidos sob condições distintas bem como não se constatou variações entre os genótipos avaliados.

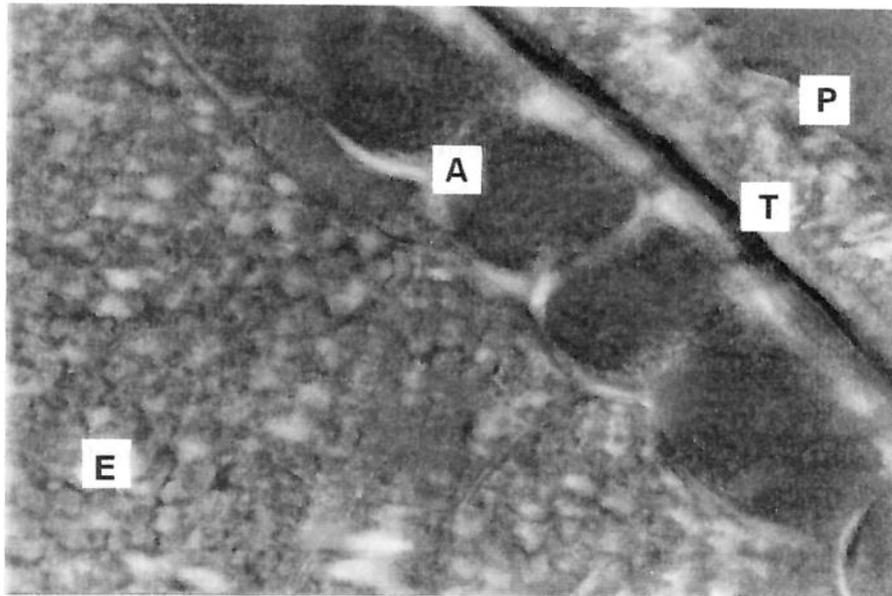


Figura 3. Fotomicrografia do corte transversal do grão de trigo IAC 17 observado em microscópio óptico com luz polarizada (aumento de 680 vezes) P = pericarpio T = camada de tegumento e tecido nucelar; A = camada de aleurona; E = endosperma;

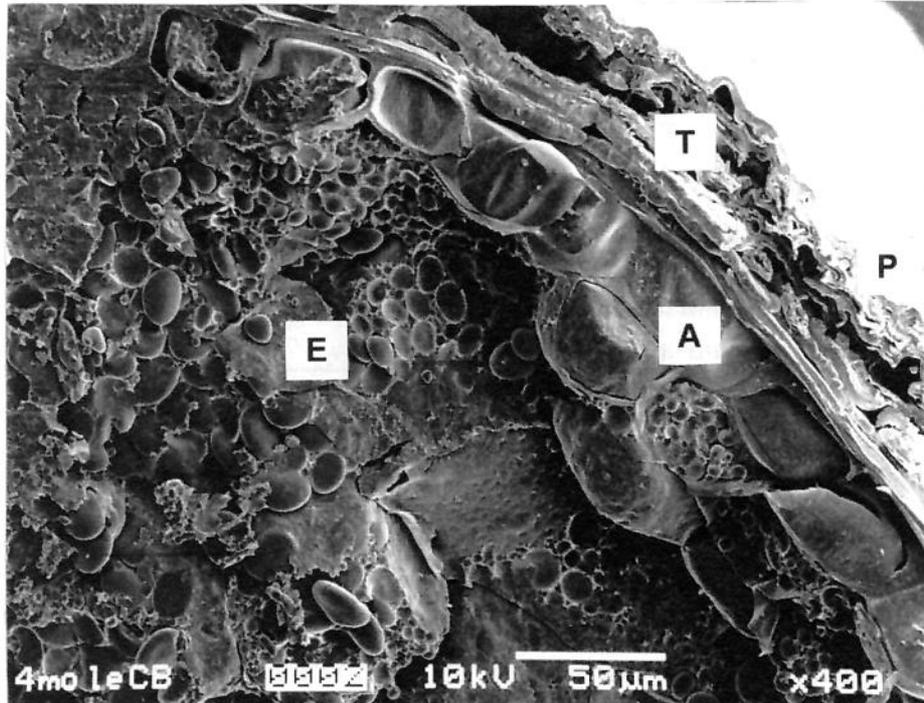


Figura 4. Fotomicrografia da secção por fratura transversal do grão de trigo IAC 17 observado em microscópio eletrônico de varredura (aumento de 400 vezes). P= pericarpio; T = camada de tegumento e tecido nucelar; A = camada de aleurona; E = endosperma.

4.1.10. Teor de amido no grão

O teor de amido nos grãos dos genótipos de trigo está apresentado na Tabela 15, como porcentagem na base seca, maneira normalmente citada nos trabalhos pesquisados na literatura (Kent, 1975; Shi et al., 1994; Raeker et al., 1998). Os teores de amido variaram de 65,74 a 71,95%, valores estes que estão de acordo com aqueles já observados por outros pesquisadores como Kent (1975), Soulaka & Morrison (1985a), Shi et al. (1994) e Raeker et al. (1998).

Tabela 15. Teores de amido nos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.

Genótipos	Teor de amido no grão (%) – base seca					
	Capão Bonito		Tietê		Tatui	
IAC 17 M	68,78	AB b	70,15	A abc	67,71	B bc
IAC 17	68,09	AB b	68,40	A cd	66,61	B c
IAC 24 M	69,12	A b	69,62	A abc	68,02	A bc
IAC 24	68,40	A b	69,06	A bcd	68,64	A abc
BH 1146 M	71,95	A a	71,11	A ab	68,88	B ab
BH 1146	65,74	B c	67,42	A d	66,58	AB c
Anahuac M	69,97	A ab	71,17	A ab	70,29	A a
Anahuac	71,65	A a	71,44	A a	67,07	B bc

C.V.(%): 1,1

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 1,55 %

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 2,15 %

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

A interação genótipo x ambiente, o genótipo e o ambiente apresentaram efeito significativo ($p < 0,01$) sobre o teor de amido nos grãos (Tabela 7). Apenas 3 genótipos (IAC 24, IAC 24 M e Anahuac M) dos 8 avaliados, não apresentaram diferenças em função do ambiente de produção (Tabela 15). Para os demais

genótipos sempre um dos ambientes apresentou diferença significativa ($p < 0,05$). No ambiente de Tietê, onde foi realizada apenas a correção da acidez do solo, observou-se as maiores médias para praticamente todos os genótipos, apesar de que não diferiram estatisticamente de pelo menos um dos outros 2 ambientes.

Na comparação do genótipo original e seu respectivo mutante constatou-se que o genótipo BH 1146 M diferiu ($p < 0,05$) do BH 1146, apresentando nos 3 ambientes maior teor de amido. O genótipo Anahuac M apresentou teor de amido maior que o Anahuac apenas no ambiente de Tatui. Os demais genótipos originais e respectivos mutantes apresentaram teores de amido semelhantes ($p < 0,05$) nos ambientes avaliados.

Tester et al. (1995) verificaram que o teor de amido em grãos de trigo variou de maneira inversamente proporcional às temperaturas de produção e que houve efeito significativo ($p < 0,01$) do ano de produção, e das condições ambientais (temperatura e teor de CO_2). Shi et al. (1994) também estudaram o efeito da temperatura elevada ($40^\circ C$) durante a fase de enchimento do grão e constataram que ocorreu diminuição no peso de mil grãos (PMG) e no teor de amido dos grãos, que se apresentavam enrugados.

Nesta pesquisa não se observou correlação entre o PMG e o teor de amido o que também não foi observado por Dengate & Meredith (1984) avaliando 59 genótipos distintos de trigo produzidos na Nova Zelândia. Entretanto, observou-se uma correlação negativa ($r = -0,804$; $p < 0,01$) entre o teor de amido e o teor de proteína. Hopkins & Graham (1935)¹ citado por Lineback & Rasper (1988) observaram que o teor de amido do trigo apresentava-se inversamente relacionado ao teor de proteína o que também foi observado, em estudos mais recentes, por Raeker et al. (1998). Variedades de trigo mole, em geral, têm maior teor de amido (69%) do que variedades de trigo duro (64%), devido ao seu menor teor de proteína (Miller 1974). Porém, de acordo com Lineback & Rasper (1988),

¹ HOPKINS, C.Y. ; GRAHAM, R.P. Starch content of some samples of Canadian wheat. **Canadiam Journal Research**, v. 12, p. 820-824, 1935

trigo com baixo teor de proteína apresenta maior teor de amido, independente de ser mole ou duro, como observado pelos resultados obtidos nos genótipos avaliados neste estudo.

4.1.11. Rendimento da extração de amido

O rendimento de amido foi calculado, na base seca, baseado nas quantidades obtidas com o isolamento de amido sendo o resultado de apenas uma amostra por genótipo/ambiente e, portanto, não foi avaliado estatisticamente.

Sabe-se que podem ocorrer perdas de amido durante o processo de isolamento pelo fato deste poder estar ocluído nas partículas do pericarpo e na camada protéica tornando difícil sua remoção. Desse modo, os grânulos que se perdem são predominantemente os pequenos (Karslon et al., 1983; Soulaka & Morrison, 1985a).

Na literatura encontram-se valores para a recuperação do amido do grão de trigo que variam de 92 a 95% (Shi et al., 1994), de 88,7 a 98,2 % (Raeker et al., 1998) e de 80 a 94% (Soulaka & Morrison, 1985a) com o emprego de digestão enzimática da camada protéica, para diminuir a perda de grânulos pequenos associados a essa camada. Apesar do procedimento empregado neste estudo ter sido realizado sem a digestão enzimática da camada de proteína retirada durante a etapa de centrifugação, as porcentagens de extração obtidas variaram de 79,2 a 91,9% (Tabela 16) dependendo do genótipo, estando portanto próximas de valores alcançados em outros trabalhos.

Durante a retirada da camada protéica, principalmente nos genótipos BH 1146 M e Anahuac M, nos quais se pode observar os menores rendimentos de extração de amido (79 a 81%), foi possível verificar que não existia uma nítida separação entre esta camada e a de amido, existindo uma interface contendo, possivelmente, amido. Entretanto, mesmo realizando-se maior número de centrifugações ou maior tempo de centrifugação não foi possível obter uma melhor separação, como nos demais genótipos.

Tabela 16. Rendimento de extração de amido dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipo	Rendimento de amido (% extração) – base seca		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	89,5	91,4	90,3
IAC 17	91,4	88,6	90,8
IAC 24 M	91,3	88,1	88,0
IAC 24	89,6	92,6	90,3
BH 1146 M	79,6	81,0	79,2
BH 1146	89,0	91,9	91,8
Anahuac M	81,6	81,1	80,8
Anahuac	87,9	83,1	87,2

O que pode ser notado é que as amostras dos genótipos BH 1146 M e Anahuac M apresentaram menor rendimento de amido. Isto ocorreu independente do local de produção do grão, sugerindo que a variabilidade observada na porcentagem de extração do amido ocorreu em função das características das amostras e não da técnica de extração.

4.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO AMIDO

Dentre as análises físico-químicas realizadas o teor de nitrogênio foi determinado apenas para avaliar a eficiência do procedimento de extração de amido e, portanto, não foi avaliado estatisticamente. As análises do teor de fósforo e de lisofosfolipídeos, teor de amilose total, amilose aparente e de amilose complexada com lipídeos foram avaliados estatisticamente e a análise de variância está apresentada na Tabela 17.

Tabela 17. Análise de variância de características avaliadas no amido dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Fonte de Variação	Teor de Fósforo	Teor de LPL ¹	Teor de AM _t ²	Teor de AM _a ³	Teor de Δ AM _L ⁴
Genótipo	ns	ns	*	*	ns
Ambiente	ns	ns	*	ns	ns
Gen. X Amb.	**	**	**	**	**

** : significativo ao valor de 1% de probabilidade pelo teste F

* : significativo ao valor de 5% de probabilidade pelo teste F

ns: não significativo pelo teste F, ao valor de 5% de probabilidade

¹ - lisofosfolipídeos

² - amilose total

³ - amilose aparente

⁴ - amilose complexada com lipídeos

4.2.1. Teor de umidade

O teor de umidade das amostras de amido variou de 11,4 a 15,4% e os valores obtidos foram utilizados para as correções dos resultados das análises realizadas, de acordo com a base empregada para expressar os mesmos.

4.2.2. Teor de nitrogênio

O teor de nitrogênio das amostras de amido variou de 0,02 a 0,04%, valores corrigidos para 14,0 % de umidade. Os resultados obtidos estão de acordo com os observados na literatura (Soulaka & Morrison, 1985a; Zeng et al. 1997; Raeker et al., 1998) indicando a ausência de proteínas do endosperma e que as mesmas foram eficientemente retiradas durante o processo empregado para isolamento do amido.

4.2.3. Teor de fósforo e de lisofosfolipídeos

O teor total de fósforo obtido nas amostras foi utilizado para calcular o teor de lisofosfolipídeos (LPL) no amido dos genótipos e condições avaliadas uma vez

que de acordo com Jane (1996) o teor de fósforo no amido da maioria dos cereais ocorre principalmente na forma de lisofosfolipídeos e para cada cereal, os lipídeos dentro dos grânulos têm uma composição bem definida (Morrison, 1995).

Os teores obtidos de fósforo e os teores calculados de lisofosfolipídeos estão apresentados na Tabelas 18. Através da análise de variância verificou-se que houve efeito significativo para a interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$) e não significativo para genótipo e para ambiente quanto aos teores obtidos de fósforo e LPL.

Tabela 18. Teores de fósforo e de lisofosfolipídeos no amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipos	Teor de Fósforo/ Lisofosfolipídeos (%) – base seca								
	Capão Bonito			Tietê			Tatui		
	P	LPL		P	LPL		P	LPL	
IAC 17 M	0,060	0,980	A ab	0,056	0,910	A ab	0,061	0,998	A abc
IAC 17	0,048	0,775	B c	0,054	0,882	AB ab	0,059	0,972	A bc
IAC 24 M	0,050	0,821	A c	0,051	0,828	A b	0,054	0,876	A c
IAC 24	0,046	0,755	B c	0,059	0,964	A ab	0,062	1,003	A abc
BH 1146 M	0,052	0,850	A bc	0,053	0,857	A ab	0,056	0,904	A c
BH 1146	0,069	1,111	A a	0,061	0,989	B a	0,070	1,128	A a
Anahuac M	0,064	1,036	A a	0,060	0,966	AB ab	0,053	0,862	B c
Anahuac	0,052	0,841	B bc	0,062	0,997	A a	0,068	1,097	A ab

C.V. (%): 4,1.

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 0,11 %

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 0,15 %

P: teor de fósforo

LPL: teor de lisofosfolipídeos

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Os valores de fósforo obtidos variaram de 0,047 a 0,070 % de fósforo (b.s.) e estão na mesma faixa observada por Shi et al. (1994) que relataram teores de fósforo entre 0,047 a 0,071% (b.s.) no amido de trigo produzido sob diferentes condições de temperatura na fase de enchimento dos grãos. Raeker et al. (1998) obtiveram valores de teor de fósforo no amido de 12 variedades de trigo que variaram de 0,049 a 0,060% (b.s.) e Franco et al. (2002) valores entre 0,047 e 0,053% (b.s.).

Dos 8 genótipos avaliados, 3 (IAC 17 M, IAC 24 M e BH 1146 M) não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) em função do ambiente de produção e dentre os que apresentaram diferenças os genótipos IAC 17, IAC 24 e Anahuac apresentaram os menores valores no ambiente de Capão Bonito.

Na comparação dos genótipos originais e seus respectivos mutantes quanto ao teor de fósforo observou-se que os pares do BH 1146 e do Anahuac diferiram entre si nos ambientes de Capão Bonito e Tatui e o par do IAC 17 diferiu apenas no ambiente de Capão Bonito. O pares do IAC 24 não diferiram entre si nos ambientes de produção.

Raeker et al. (1998) constataram que podem ocorrer variações no teor de fósforo de amido entre amostras de um mesmo genótipo indicando que esse é um parâmetro susceptível a variações ambientais como também observado neste estudo.

Os teores de lisofosfolipídeos, calculados, variaram de 0,751 a 1,128% e o comportamento das amostras foi o mesmo comentado para o teor de fósforo.

4.2.4. Teores de amilose total, amilose aparente e amilose complexada com lipídeos

Soulaka & Morrison (1985a) relatam que quando se compara os resultados do teor de amilose com valores já publicados na literatura deve-se notar que

alguns pesquisadores fazem as determinações utilizando amido livre de lipídeos enquanto outros utilizam amido bruto sem especificar o teor de lipídeos ou amidos que tiveram os lipídeos parcialmente extraídos. Segundo Morrison & Lagnelet (1983) é feita uma distinção entre amilose aparente (AM_a), que é medida na presença de lipídeos que por sua vez se complexam com a amilose reduzindo a capacidade de ligação da mesma com iodo, e a amilose total (AM_t) que é medida em preparações livres de lipídeos. A diferença entre os teores de AM_t e AM_a é igual ao teor de amilose complexada com lipídeos (ΔAM_L). Essa distinção foi observada em diversos trabalhos de pesquisa (Soulaka & Morrison, 1985a; Raeker et al., 1998; Shi et al., 1994; Tester et al., 1995).

Nesse experimento foi determinado o teor de amilose total ou seja da amilose livre de lipídeos que, segundo Morrison & Laignelet (1983), é o único procedimento satisfatório para a determinação da amilose total através de método iodométrico. Já o teor de A_a e ΔAM_L foram calculados como descrito no item 3.4.4.

A análise de variância conjunta (Tabela 17) mostrou que houve efeito significativo para a interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$), para genótipo ($p < 0,05$) e para ambiente de produção ($p < 0,05$) quanto ao teor de amilose total.

Pela observação dos resultados na Tabela 19 verificou-se que os teores de amilose total variaram de 25,6 a 27,4% e que 4 genótipos (IAC 17 M, IAC 24, BH 1146 e Anahuac M) dos 8 avaliados não apresentaram diferenças em função do ambiente de produção e os demais diferiram entre apenas 2 dos ambientes estudados que variaram de acordo com o genótipo.

Apesar da análise de variância ter apresentado efeito significativo ($p < 0,05$) para genótipos, os resultados obtidos em cada ambiente de produção mostrou que em Capão Bonito os genótipos apresentaram teores de amilose total não diferentes estatisticamente entre si, em Tietê o genótipo IAC 24 diferiu dos genótipos IAC 17, IAC 17 e BH 1146 M que não diferiram dos demais e no ambiente de Tatui ocorreu uma maior variação entre os genótipos quanto ao teor

de amilose. Esses resultados evidenciam a importância de se avaliar esse parâmetro em diferentes condições de produção dos grãos de trigo.

Tabela 19. Teor de amilose total no amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipos	Teor de amilose total (%)		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	26,4 A a	26,9 A a	26,4 A abc
IAC 17	26,1 B a	26,8 AB a	27,3 A a
IAC 24 M	25,9 AB a	26,2 A ab	25,4 B c
IAC 24	26,0 A a	25,6 A b	26,2 A bc
BH 1146 M	25,5 B a	26,9 A a	27,4 A a
BH 1146	26,1 A a	26,0 A ab	25,9 A bc
Anahuac M	26,1 A a	25,9 A ab	25,5 A c
Anahuac	25,8 B a	26,4 AB ab	26,8 A ab

C.V. (%): 1,05

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 0,6 %

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 1,1 %

Cada valor representa a média de 2 determinações
valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Entre os genótipos originais e seus respectivos mutantes observou-se que os genótipos BH 1146 M e BH 1146 e Anahuac M e Anahuac no ambiente de Tatui, apresentaram a maior variação, com teores significativamente ($p < 0,05$) diferentes. Para os demais não houve diferença significativa ($p < 0,05$).

Franco et al. (2002) avaliaram o teor de amilose total em amostras de 8 genótipos trigo mole, produzidas num mesmo ambiente e observaram valores entre 27,2 a 28,7%, e apenas dois deles apresentaram diferenças significativas entre si.

Soulaka & Morrison (1985a) quantificaram o teor de amilose total do amido isolado de 23 variedades de trigo e obtiveram como valor médio 28,9%(± 1,2).

Raeker et al. (1998) observaram teores de amilose total de 12 variedades de trigo mole entre 26,7 a 28,8% e apesar da variação nos teores ter sido pequena (2,1%) existiu diferença significativa entre as variedades. O efeito da temperatura durante o enchimento dos grãos de trigo sobre o teor da amilose total foi estudado por Shi et al. (1994) que observaram que o amido de trigos produzidos em ambiente com temperatura de 15°C tinha de 3 a 6% menos amilose total do que aquele obtido de trigos produzidos a 40 °C e dentro de uma mesma temperatura a variação entre genótipos estava dentro de 2%, com exceção de apenas um dos genótipos avaliados.

As diferenças significativas ($p < 0,05$) nos valores observados neste estudo, entre genótipos dentro de um mesmo ambiente variaram de 1,36 a 1,92% e dentro de um mesmo genótipo nos 3 ambientes foi de 1,02 a 1,84%.

Segundo Medcalf & Giles (1965), Dengate (1984) e Racker et al. (1998) o teor de amilose é uma característica varietal mas pelos resultados aqui apresentados pode-se sugerir que pequenas diferenças nos teores podem ocorrer em função do ambiente de produção dependendo do genótipo, como já observado por Shi et al. (1994).

Para trigo e cevada o teor de amilose complexada com lipídeos (ΔAM_L) pode ser calculado, segundo Morrison et al. (1993), multiplicando-se o teor de lisofosfolípídeo (LPL) por 7 ou seja $\Delta AM_L = 7 \times LPL$. Os valores calculados de ΔAM_L estão apresentados na Tabela 20. Segundo Tester et al. (1995) os valores de ΔAM_L assim calculados são bastante confiáveis.

A análise de variância conjunta (Tabela 17) mostrou que houve efeito significativo, quanto ao teor de amilose complexada com lipídeos, para a interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$) e não significativo ($p < 0,05$) para genótipos e ambientes de produção.

Os valores de ΔAM_L no amido isolado dos genótipos de trigo avaliados (Tabela 20) variaram de 5,3 a 7,8% estão de acordo com valores já observados por outros pesquisadores que avaliaram genótipos de trigo e condições de produção (Soulaka & Morrison, 1985b; Shi et al., 1994; Zeng et al., 1997; Raeker et al., 1998)

Tabela 20. Teor calculado de amilose complexada com lipídeos (ΔAM_L), no amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipos	Teor de amilose complexada (ΔAM_L) (%)		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	6,9 A ab	6,4 A ab	7,0 A abc
IAC 17	5,4 B c	6,2 AB ab	6,8 A bc
IAC 24 M	5,7 A c	5,8 A b	6,1 A c
IAC 24	5,3 B c	6,7 A ab	7,0 A abc
BH 1146 M	6,0 A bc	6,0 A ab	6,3 A c
BH 1146	7,8 A a	6,9 B a	7,9 A a
Anahuac M	7,3 A a	6,8 AB ab	6,0 B c
Anahuac	5,9 B bc	7,0 A a	7,7 A ab

C.V. (%): 4,1

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 0,75

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 1,1

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Apenas 3 genótipos (IAC 17, IAC 24 e BH 1146 M) não apresentaram diferença estatística quanto aos teores ΔAM_L entre os ambientes de produção. Dentre os 5 genótipos restantes, nos quais se observou diferença estatística entre os ambientes de produção, 3 apresentaram os menores valores em Capão Bonito. Na comparação entre o genótipo original e seu respectivo mutante, verificou-se

que no ambiente de Tietê não houve diferença estatística entre os pares de genótipos (mutante e não mutante), entretanto nos demais ambientes no mínimo 2 pares de genótipos foram diferentes entre si.

Os resultados obtidos indicaram que o ambiente de produção pode influenciar o ΔAM_L no amido do trigo. Shi et al. (1994) constataram que amidos de grãos de trigo produzidos sob condições diferentes de temperatura (15, 18, 25 e 40 °C) apresentaram um aumento no teor do complexo amilose-lipídeo conforme se aumentou a temperatura durante a fase de enchimento de grãos. Tester et al. (1995) observaram variações nos ΔAM_L do amido de trigo produzido sob diferentes concentrações de dióxido de carbono, sendo que o teor de ΔAM_L foi maior no ambiente com maior concentração de CO_2 .

Segundo Karlsson et al. (1983) o teor do complexo lipídeo-amilose no amido de trigo aumenta durante o desenvolvimento de grão, em parte devido ao aumento da proporção de grânulos pequenos. Os grânulos pequenos são caracterizados por apresentarem maior teor do complexo amilose-lipídeo do que os grânulos grandes. Contudo neste estudo não se observou uma correlação significativa entre a porcentagem de grânulos pequenos (<10 μm) e teor de amilose complexada com lipídeos, mesmo quando a correlação foi feita retirando-se os valores dos genótipos que apresentaram baixo rendimento de extração de amido.

O teor de amilose aparente (AM_a) foi calculado por $AM_t - \Delta AM_L$, os valores obtidos estão apresentados na Tabela 21. A análise de variância conjunta (Tabela 17) mostrou que houve efeito significativo, quanto ao teor de amilose aparente, para a interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$) e para genótipos ($p < 0,05$) e não significativo ($p < 0,05$) ambientes de produção.

O teor de amilose aparente correlacionou-se positivamente ($r = 0,54$, $p < 0,01$) com o teor de AM_t e negativamente ($r = -0,76$, $p < 0,001$), como também observado por Raeker et al. (1998).

Tabela 21. Teor de amilose aparente (AM_L), no amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipos	Teor de amilose aparente(AM_a) (%)					
	Capão Bonito		Tietê		Tatui	
IAC 17 M	19,6	AB abc	20,6	A abc	19,4	B bc
IAC 17	20,7	A a	20,7	A ab	20,5	A ab
IAC 24 M	20,2	AB ab	20,4	A abc	19,3	B bc
IAC 24	20,7	A a	18,8	B d	19,1	B bc
BH 1146 M	19,6	B abc	20,9	A a	21,0	A a
BH 1146	18,3	A c	19,1	A cd	18,0	A c
Anahuac M	18,8	A bc	19,1	A cd	19,5	A bc
Anahuac	19,9	A ab	19,4	A bcd	19,1	A bc

C.V. (%): 1,8

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 1,1

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 1,5

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Dos 8 genótipos avaliados 4 (IAC 17, BH 1146, Anahuac e Anahuac M) não apresentaram diferenças em função do ambiente de produção e os demais diferiram entre apenas 2 dos ambientes estudados que variaram de acordo com o genótipo. Entre os genótipos originais e seus respectivos mutantes observou-se que os genótipos BH 1146 M e BH 1146 no ambiente de Tietê e Tatui, e IAC 24 m e IAC 24 apresentaram teores significativamente ($p < 0,05$) diferentes. Para os demais não houve diferença significativa ($p < 0,05$).

4.2.5. Distribuição do tamanho dos grânulos de amido

A distribuição do tamanho está entre as características que mais afetam o comportamento dos grânulos de amido e, portanto, suas propriedades (Dengate,

1984; Peterson & Fulcher, 2001). Moss & Miskelly (1984) verificaram que a distribuição do tamanho dos grânulos de amido de trigo é governada pela interação entre os efeitos do genótipo e do meio ambiente.

Com um bom procedimento de isolamento de amido a distribuição do tamanho dos grânulos (DTG) reflete os padrões de desenvolvimento do amido (Dengate & Meredith, 1984a).

Deve-se considerar que variações na DTG no amido de trigo observadas entre trabalhos de pesquisa podem ser devidas a diversos fatores compreendendo, desde a técnica empregada para avaliar tal distribuição, como também os procedimentos utilizados no isolamento do amido. Desse modo, para comparação dos resultados apresentados nos trabalhos científicos deve-se considerar tais observações. Na revisão realizada neste estudo, constatou-se que basicamente três técnicas são mais comumente empregadas para avaliar a DTG do amido de trigo, a saber, a difração por laser (Raeker et al., 1998), diferença de condutância elétrica (Dengate & Meredith, 1984ab; Morrison & Scott, 1986; SHI et al., 1994; Sahlstrom et al., 1998), que é a mais utilizada, e a microscopia com análise quantitativa de imagem (Bechtel et al., 1990; Bechtel, 1990; Peterson & Fulcher, 2001). Existem, obviamente, diferenças entre elas tanto na forma de se expressar a distribuição como, por exemplo: porcentagem em volume, porcentagem em número, porcentagem da superfície específica dos grânulos, como também no limite de detecção dos menores diâmetros, sendo que cada técnica apresenta vantagens e desvantagens.

Pelo fato das partículas de amido não serem verdadeiramente esféricas mas elipses achatadas (elipsóides prolatos), os diâmetros das partículas medidos por sistemas que empregam condutância elétrica ou difração a laser (como no equipamento empregado neste estudo), tendem a ser menores do que aqueles medidos pela técnica de análise de imagem (Bechtel et al., 1990; Bechtel et al., 1993) evidenciando a importância de se verificar qual a técnica e as condições que foram empregadas na comparação dos valores observados.

Segundo Bechtel et al. (1990), a maioria dos estudos sobre a distribuição do tamanho dos grânulos de amido realizados utilizou o equipamento Coulter Counter Multisizer, que se baseia na diferença de condutância elétrica, cujos modelos analisavam um grande número de grânulos mas não mediam precisamente partículas menores que 3 μm , uma vez que esse diâmetro está abaixo do limite de resolução normal do equipamento. Como resultado, os grânulos menores do que 3 μm não eram considerados na determinação do tamanho das partículas. Com o aprimoramento das técnicas de análise e surgimento de novos equipamentos e modelos os diâmetros mínimos de detecção foram diminuindo. O equipamento e técnica empregada para avaliar a DTG no presente estudo consegue detectar partículas com diâmetro de até 0,04 μm .

A DTG do amido isolado dos oito genótipos de trigo, em porcentagem do volume, está apresentada na Figura 5 e as faixas de diâmetros avaliadas estatisticamente estão apresentadas nas Tabelas 22 a 28. Pode-se constatar pela Figura 5 que, para um mesmo genótipo produzido nos 3 ambientes, as curvas apresentam formatos semelhantes indicando certa uniformidade no padrão da DTG. Constatou-se também um certo distanciamento entre as curvas indicando variações de acordo com o ambiente de produção o que também pode ser observado pelas Tabelas 23 a 28 que serão posteriormente discutidas.

Comparando-se as curvas de DTG dos oito genótipos entre si observa-se diferenças entre os formatos das curvas destacando-se principalmente a região dos grânulos menores que 10 μm , talvez em função do rendimento de extração de amido obtido para cada um dos genótipos. Segundo McDonald & Stark (1988) as recuperações quantitativas do amido são particularmente importantes uma vez que, perdas seletivas de grânulos pequenos podem ocasionar distorções na distribuição bimodal do tamanho dos grânulos.

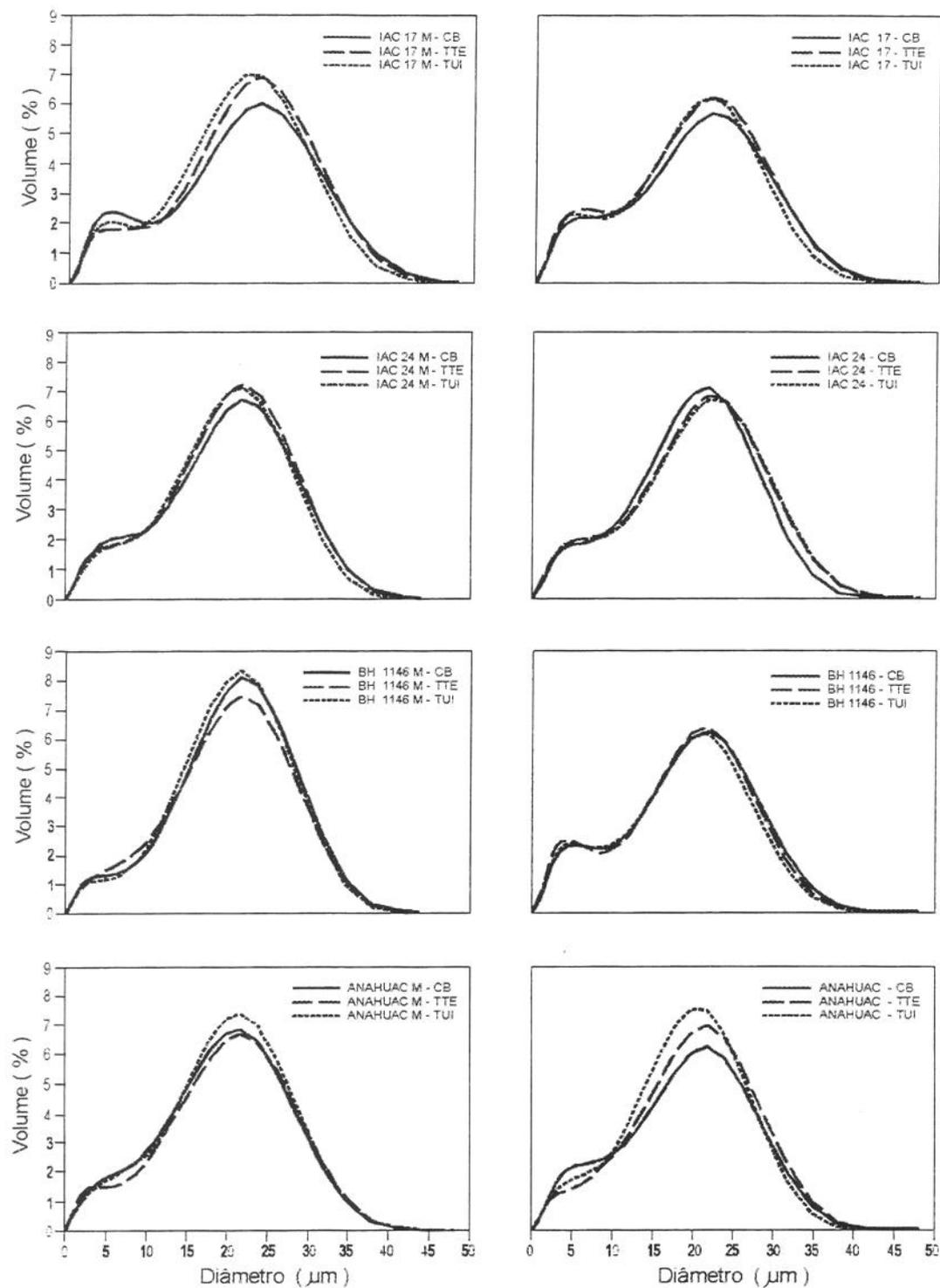


Figura 5. Distribuição, em volume, do tamanho dos grânulos do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzido em Capão Bonito (CB), Tietê (TTE) e Tatui (TUI).

Ainda pela Figura 5 observou-se que os diâmetros dos grânulos de amido variaram de $< 1 \mu\text{m}$ até $43 \mu\text{m}$ e que houve uma tendência de ocorrer duas populações de grânulos, uma com diâmetro menor, entre 5 a $10 \mu\text{m}$ com picos variando entre 2,5 e $7,8 \mu\text{m}$ e outra com diâmetro maior que $10 \mu\text{m}$ e pico na faixa de 19,8 a $23,8 \mu\text{m}$. Entretanto para os genótipos BH 1146 M, Anahuac M e Anahuac (Tietê e Tatui) essa distinção não está clara, o que pode ser explicado pelo menor rendimento de amido com conseqüente perda de grânulos pequenos. A observação de duas populações distintas de grânulos está de acordo com os trabalhos de Karlsson, Dengate & Meredith (1984a); Dengate (1984); Evers, 1999; Blakeney & Brien (1999) entre outros, que demonstram uma distribuição bimodal dos grânulos de amido de trigo.

Raeker et al. (1998) que empregaram a mesma técnica de análise utilizada no presente estudo, ou seja, por difração a laser, observaram uma distribuição trimodal conforme também observado por Bechtel (1990) que empregou microscopia com análise quantitativa de imagens.

Embora o rendimento de amido isolado dos grãos de trigo tenha sido bom, conforme discutido anteriormente, sabe-se que o amido perdido durante a etapa de isolamento por estar ocluso nas partículas do pericarpo e material protéico deve ser predominantemente de grânulos pequenos uma vez que esses grânulos podem estar fortemente ligados às proteínas e às membranas (Evers, 1973), o que pode explicar a distribuição bimodal constatada nesse estudo. Quanto mais eficiente forem as técnicas de isolamento de amido maior será a recuperação dos grânulos pequenos (Bechtel et al., 1990).

Nesta pesquisa constatou-se pela avaliação dos resultados da DTGA que houve uma correlação positiva e significativa entre o rendimento de extração de amido e a porcentagem de grânulos, em volume, obtida nas diferentes faixas de diâmetros avaliadas: $< 2,0 \mu\text{m}$ ($r = 0,59$; $p < 0,01$); $< 5,0 \mu\text{m}$ ($r = 0,74$; $p < 0,0001$); $< 10 \mu\text{m}$ ($r = 0,73$; $p < 0,0001$) e $> 16 \mu\text{m}$ ($r = 0,59$; $p < 0,01$) indicando que ocorreram

perdas de grânulos de amido em todas as faixas de diâmetros em função do rendimento de extração.

Desconsiderando-se os resultados da porcentagem obtida de grânulos de amido dos genótipos BH 1146 M e Anahuac M, que apresentaram rendimento de extração de amido abaixo de 82% e correlacionando-se novamente o rendimento de extração de amido e a porcentagem de grânulos, em volume, obtida nas diferentes faixas de diâmetros avaliadas observou-se que apenas para a faixa de diâmetros de grânulos > 16 µm a correlação não foi significativa porém para as demais faixas de diâmetros, apesar de haver uma diminuição nos fatores de correlação estes ainda permaneciam significativos nas faixas de diâmetro avaliadas: < 2,0 µm (r = 0,45; p<0,06); < 5,0µm (r = 0,54; p<0,03); < 10µm (r = 0,47; p< 0,05).

Para todas as faixas de tamanhos de grânulos de amido avaliadas verificou-se (Tabela 22) que as porcentagens, em volume, de grânulos detectadas foram influenciadas significativamente pelo genótipo (p<0,01) apresentando também uma interação significativa do genótipo x ambiente (p<0,01) ou seja os genótipos comportaram-se de maneiras diferentes dependendo do local de produção.

Tabela 22. Significância da porcentagem, em volume, de grânulos de amido isolados de 8 genótipos de trigo produzidos em sob 3 ambientes no Estado de São Paulo

Fonte de Variação	Diâmetro dos grânulos (µm)			
	< 2,0	< 5,0	< 10	>16
Genótipo	**	**	**	**
Ambiente	ns	ns	ns	ns
Gen. X Amb.	**	**	**	**

** : significativo ao valor de 1% de probabilidade pelo teste F

* : significativo ao valor de 5% de probabilidade pelo teste F

ns: não significativo pelo teste F, ao valor de 5% de probabilidade

Pode-se observar pelos resultados apresentados nas Tabelas 23 a 26 que em todas as faixas de diâmetro dos grânulos avaliadas houve variações entre a porcentagem de grânulos, em volume, e os ambientes de produção para todos os genótipos estudados.

Considerando-se apenas os grânulos com diâmetros menores que 10 µm (Tabela 25), que é o tamanho tomado para definir os grânulos pequenos, denominados tipo B, em vários dos trabalhos consultados (Dengate & Meredith, 1984a,b; Lineback & Rasper, 1988; Shi et al. 1994; Raeker et al. 1994; Peterson & Fulcher, 2001) observou-se uma maior porcentagem, em volume, para os genótipos IAC 17 M, IAC 17, IAC 24 M e Anahuac no ambiente de Capão Bonito. Para o IAC 24 a maior porcentagem, em volume, desse tipo de grânulos ocorreu em Tietê que foi estatisticamente semelhante ao valor de Capão Bonito.

Tabela 23. Porcentagem dos grânulos de amido menores que 2 µm das amostras de amido isoladas dos 8 genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipos	Grânulos < 2 µm - % do volume		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	10.5 A d	9.3 B d	8.9 C d
IAC 17	11.4 A a	10.3 C b	10.6 B b
IAC 24 M	10.8 A c	10.0 B c	9.7 C c
IAC 24	10.2 A e	10.3 A b	9.6 B c
BH 1146 M	8.7 B g	9.9 A c	8.3 C e
BH 1146	11.0 AB b	10.9 B a	11.1 A a
Anahuac M	9.6 B f	10.1 A bc	9.0 C d
Anahuac	10.4 A de	9.4 B d	8.4 C e

C.V. (%): 0,45

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 0,17%

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 0,22

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Tabela 24. Porcentagem dos grânulos de amido menores que 5 µm das amostras de amido isoladas dos 8 genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipos	Grânulos < 5 µm - % do volume		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	29.8 A ab	26.1 B c	24.7 C c
IAC 17	30.5 A a	27.8 B b	30.1 A b
IAC 24 M	25.8 A d	23.5 C de	24.5 B c
IAC 24	24.7 B e	25.5 A c	24.7 B c
BH 1146 M	20.5 B g	21.6 A f	19.0 C f
BH 1146	29.5 C b	30.2 B a	32.6 A a
Anahuac M	22.6 B f	24.0 A d	23 B d
Anahuac	27.0 A c	22.9 B e	20.4 C e

C.V.(%): 0,64

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 0,67%

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 0,51%

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Tabela 25. Porcentagem dos grânulos de amido menores que 10 µm das amostras de amido isoladas dos 8 genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipos	Grânulos < 10 µm - % do volume		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	46,2 A b	40,3 B c	38,4 C d
IAC 17	48,2 A a	44,0 C b	46,4 B b
IAC 24 M	41,5 A d	37,8 C e	38,9 B cd
IAC 24	39,8 AB e	40,4 A c	39,3 B c
BH 1146 M	31,9 B g	35,2 A f	29,9 A g
BH 1146	45,9 C b	46,5 B a	48,6 A a
Anahuac M	37,8 B f	39,4 A d	35,5 C e
Anahuac	44,1 A c	37,8 B e	34,0 C f

C.V.(%): 0,46

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 0,74%

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 0,56%

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Tabela 26. Porcentagem dos grânulos de amido maiores que 16 µm das amostras de amido isoladas dos 8 genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipos	Grânulos >16 µm - % do volume		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	41.5 C e	46.4 A b	46.0 B b
IAC 17	37.3 C h	40.1 A f	38.1 B e
IAC 24 M	42.3 C d	44.9 A c	43.2 B d
IAC 24	44.1 A b	43.8 B d	43.3 C d
BH 1146 M	50.5 B a	46.7 C a	51.0 A a
BH 1146	38.4 A g	38.0 B g	36.2 C f
Anahuac M	43.3 B c	42.9 C e	43.3 A b
Anahuac	38.9 C f	43.8 B d	44.9 A c

C.V.(%): 0,11

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 0.28%

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 0.22%

Cada valor representa a média de 2 determinações valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Os genótipos BH 1146 M e Anahuac M apresentaram em Tietê as maiores porcentagem para grânulos com diâmetro $< 10 \mu\text{m}$ e o BH 1146 em Tatui. Variações na porcentagem de grânulos menores que $10 \mu\text{m}$ foram observadas por Shi et al. (1994) e Tester et al. (1995), em amidos de trigo produzidos em diferentes ambientes, que constataram que temperaturas elevadas durante a fase de enchimento dos grânulos resultaram em menor porcentagem de grânulos $< 10 \mu\text{m}$.

As diferenças, estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre o maior e menor valor das porcentagens em volume de grânulos menores que $10 \mu\text{m}$ (Tabela 25) observadas para cada um dos genótipos produzidos nos três ambientes variou de 1,1 (IAC 24) a 10,1% (Anahuac) sugerindo que alguns genótipos são mais sensíveis às condições de produção do que outros. Raeker et

al. (1998) observaram variações na porcentagem, em volume, de grânulos menores que 9,9 μm entre as amostras de 12 genótipos de trigos avaliados e sugeriram que as diferenças observadas refletiam variações do ambiente ou dos próprios genótipos avaliados.

A técnica empregada neste estudo também identifica o diâmetro dos grânulos que ocorreu com maior frequência na DTG de amido. O valor observado para todos os genótipos e ambientes avaliados variou de 19,8 a 23,8 μm sendo que para a maior parte das amostras foi de 21,7 μm . Raeker et al. (1998) empregando a mesma técnica, observou valores entre 18,7 e 23,3 μm para os 12 genótipos de trigo que avaliaram.

Numa tentativa de se observar variações na distribuição do tamanho dos grânulos grandes de amido entre os genótipos e condições ambientais avaliados, considerou-se como grânulos grandes aqueles que apresentaram diâmetros maiores que 16 μm como já avaliados por Shi et al. (1994) e Bechtel et al. (1990).

Pela Tabela 26 constatou-se uma variabilidade dos resultados entre ambientes que proporcionam maior porcentagem de grânulos >16 μm , como já observado para os grânulos < 10 μm . No ambiente de Capão Bonito observou-se uma menor porcentagem, em volume, para os genótipos IAC 17 M, IAC 17, IAC 24 M e Anahuac. Os genótipos BH 1146 M e Anahuac M apresentaram em Tietê as menores porcentagem para grânulos com diâmetro > 16 μm e o BH 1146 e IAC 24 em Tatui. Observou-se que as diferenças entre o maior e menor valor observados e estatisticamente significativos ($p < 0,05$) para cada um dos genótipos produzidos nos três ambientes variaram de 0,8 a 6,5 %. Entre os genótipos produzidos num mesmo ambiente a diferença entre o maior e menor valor foi de 12,1% em Capão Bonito, 8,4% e Tietê e 14,8% em Tatui. Shi et al. (1994) constataram variações na distribuição do tamanho dos grânulos de amido, para um mesmo genótipo, de 4,7% até 22,6% entre a porcentagem em volume dos grânulos maiores que 16 μm , quando o trigo foi produzido sob condições extremas de temperatura (15 e 40 °C) durante a fase de enchimento do grãos. Entre

genótipos produzidos num mesmo ambiente (15 ou 40°C) as variações foram de 0,4 até 30,1%. Moss (1967) também relatou que variações nas condições ambientais durante o período de início de formação dos grânulos de amido causaram diferenças nas proporções de grânulos grandes de amido nos diferentes cultivares avaliados.

Comparando-se os ambientes de produção mais distintos, Capão Bonito que não teve suplementação de água através de irrigação nem correção da acidez do solo e Tatui com irrigação e correção, verificou-se que, com exceção dos genótipos IAC24 e BH 1146 as médias de porcentagem em volume de grânulos > 16 µm foram maiores no ambiente de Tatui. Esses resultados corroboram os obtidos por Dengate & Meredith (1984a) que constataram uma redução da proporção de grânulos grandes (20-34 µm) em trigo que sofreu efeito da falta de água durante o desenvolvimento das plantas e também que práticas agrícolas inadequadas apresentam efeitos sobre a porcentagem desses grânulos, embora menor do que o efeito da seca.

A comparação da DTG de amido entre os genótipos originais e seus respectivos mutantes em todas as faixas avaliadas, indicou que, com exceção do par IAC 24 no ambiente de Tatui, ocorreram diferenças nos três ambientes de produção.

4.2.6. Microscopia eletrônica de varredura do amido isolado

O amido isolado dos genótipos não mutantes produzidos em Capão Bonito (sem irrigação e sem correção da acidez do solo) e Tatui (com irrigação e com correção da acidez do solo) foi avaliado pela técnica de microscopia eletrônica de varredura, observando-se o formato e tamanho do mesmo.

Pode se observar ,na Figura 6, os 2 tipos distintos de grânulos de amido: os grandes, de formato lenticular, com tamanho entre 10-40 µm, denominados grânulos tipo A, e os pequenos, de formato esférico e tamanho menor que 10 µm, e denominados grânulos tipo B (Dengate, 1984; Lineback & Rasper, 1988).

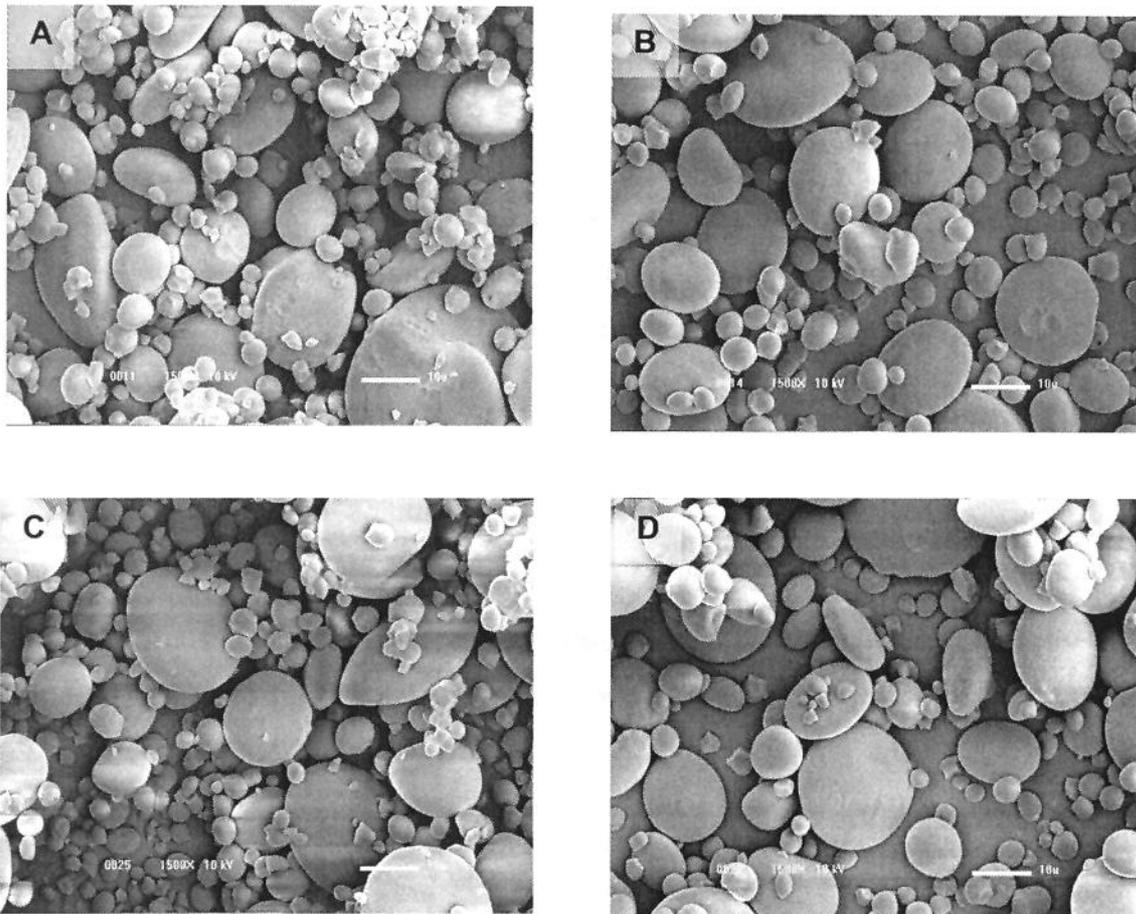


Figura 6. Fotomicrografias (aumento de 1500 X) do amido isolado dos genótipos de trigo IAC 17 (A), IAC 24 (B), BH 1146 (C) e Anahuac (D).

Não foram observadas diferenças quanto aos formatos dos grânulos de amido dos genótipos de trigo produzidos em ambientes distintos nem entre os genótipos avaliados. Observou-se, pelas fotomicrografias, que os grânulos tendem a apresentar uma superfície lisa e faces abruptas e marcações sobre as superfícies que são normais e apenas revelam contiguidade durante o crescimento dos grânulos. Também pode-se verificar que não houve danos visíveis no amido devido ao procedimento de isolamento e que não houve contaminação do amido

com outras partículas de tamanhos semelhantes ou com substâncias acompanhantes.

4.3. PROPRIEDADES DO AMIDO

4.3.1. Poder de Inchamento

Quando o amido é aquecido em água os grânulos incham e a porção mais solúvel, de menor peso molecular, dissolve-se no meio aquoso, podendo ser separada dos grânulos inchados através da centrifugação (Schoch, 1964).

A magnitude desse inchamento é função da fonte de amido e da temperatura utilizada. Neste estudo para efeito de comparação entre os genótipos e ambientes de produção, o inchamento dos grânulos de amido isolados dos genótipos de trigo foi medido a 75°C.

Verificou-se (Tabela 27) que, para poder de inchamento, houve efeito significativo para a interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$) e ambiente ($p < 0,05$) e não significativo para genótipo.

Tabela 27. Análise de variância do poder de inchamento do amido dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Fonte de Variação	Poder de Inchamento
Genótipo	ns
Ambiente	*
Gen. X Amb.	**

** : significativo ao valor de 1% de probabilidade pelo teste F

* : significativo ao valor de 5% de probabilidade pelo teste F

ns: não significativo pelo teste F, ao valor de 5% de probabilidade

Os valores observados na Tabela 28 para poder de inchamento a 75°C, variaram de 8,3 a 10,3 g/g (b.s.), valores estes dentro da faixa observada a 75°C por Shi et al. (1994). Outros trabalhos de pesquisa consultados como McCormick

et al. (1991) e Konick et al. (1993) realizaram o teste empregando condições de temperatura e procedimentos diferentes dos empregados nessa pesquisa, o que torna impossível a comparação.

Tabela 28. Poder de Inchamento a 75°C do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipos	Poder de Inchamento a 75°C (g/g b.s.)		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	8,3 B b	9,8 A ab	8,6 B c
IAC 17	9,3 A a	9,7 A ab	9,3 A b
IAC 24 M	9,2 A a	9,5 A ab	9,4 A b
IAC 24	8,5 B b	10,1 A a	10,3 A a
BH 1146 M	9,3 A a	9,4 A b	9,3 A b
BH 1146	9,2 A a	9,6 A ab	8,5 B c
Anahuac M	9,6 A a	9,6 A ab	8,6 B c
Anahuac	9,3 B a	9,9 A ab	8,8 B bc

C.V.(%): 1,9

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 0,64

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 0,65

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Dentre os genótipos avaliados o IAC 17, IAC 24 M e BH 1146 M não apresentaram diferenças no poder de inchamento a 75°C devido ao ambiente de produção. No entanto os demais genótipos apresentaram valores de poder de inchamento diferentes estatisticamente em função do ambiente de produção. No ambiente de Tietê os valores obtidos para cada genótipo sempre foram, estatisticamente, superiores ou semelhantes a um dos outros dois ambientes, e o ambiente de Tatui apresentou as condições que mais influenciaram o

comportamento dos genótipos pois estes apresentaram-se estatisticamente distintos entre si.

Entre o genótipo original e seu respectivo mutante observou-se para todos os pares que no ambiente de Tietê não houve diferença estatística e que os genótipos Anahuac M e Anahuac foram semelhantes nos três ambientes de produção. Os demais pares foram distintos em pelo menos um dos ambientes sugerindo, portanto, a necessidade de se avaliar em mais de um ambiente o parâmetro em questão.

Os resultados obtidos nesta pesquisa diferiram parcialmente dos obtidos por Konick et al. (1993) que constataram que o poder de inchamento do amido de vários genótipos de trigo foi dependente do genótipo, do local e da safra de produção, mas não observaram interação significativa entre genótipo x local, genótipo x safra nem safra x local. Nesta pesquisa a interação genótipo x ambiente foi significativa o que indicou que os genótipos se comportaram de maneira diferente entre os ambientes de produção.

É de conhecimento que os lipídeos presentes no amido inibem seu inchamento em água quente (Tester & Morrison, 1990; Tester et al., 1991; Raeker et al., 1998). Os lipídeos naturais do amido de trigo causam uma supressão do inchamento do amido a 70 °C e provavelmente em todos os pontos da curva até 85°C (Tester & Morrison, 1990).

Shi et al. (1994) constataram que conforme aumentava o teor do complexo amilose-lipídeo ocorria uma redução no inchamento do amido. Pelos resultados obtidos neste estudo não houve correlação significativa entre o teor do complexo amilose-lipídeo e o poder de inchamento. Talvez as diferenças no teor do complexo amilose-lipídeo não tenham sido suficientes para provocar alteração no poder de inchamento do amido.

4.3.2. Propriedades térmicas do amido

A análise das propriedades térmicas do amido tem sido amplamente utilizada como um meio analítico para se estudar a gelatinização do amido. O emprego do calorímetro diferencial de varredura (DSC) detecta a diferença de consumo de energia tornando possível obter várias informações relativas à gelatinização do amido, tais como: temperatura inicial do fenômeno (*onset* - T_o); temperatura máxima de pico (T_p); temperatura de conclusão do fenômeno térmico (T_c) e entalpia (ΔH) (Billiaderis et al., 1980; Wootton & Kensington 1979; Fujita et al., 1992).

Na Tabela 29 está apresentado o resumo da análise de variância das características do amido avaliadas pelo DSC nos genótipos e ambientes avaliados. Os resultados referentes a cada um dos parâmetros avaliados pelo DSC na gelatinização e retrogradação do amido encontram-se nas Tabelas 29 a 37.

Tabela 29. Análise de variância das características avaliadas no DSC do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo

Fonte de Variação	Gelatinização				Retrogradação			
	T_o	T_p	T_c	ΔH	T_o	T_p	T_c	ΔH
Genótipo	*	ns	ns	*	**	*	ns	ns
Ambiente	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Gen. X Amb.	**	**	**	**	ns	ns	ns	*

** : significativo ao valor de 1% de probabilidade pelo teste F

* : significativo ao valor de 5% de probabilidade pelo teste F

ns: não significativo pelo teste F, ao valor de 5% de probabilidade

T_o : temperatura inicial do fenômeno (*onset*)

T_p : temperatura máxima de pico

T_c : temperatura de conclusão do fenômeno térmico

ΔH : entalpia em J/g da amostra (base seca)

4.3.2.1. Gelatinização

Avaliando-se o fenômeno da gelatinização verificou-se pela análise de variância conjunta que houve efeito significativo ($p < 0,01$) para a interação genótipo x ambiente para todos os parâmetros avaliados (T_o , T_p , T_c e ΔH) e efeito significativo para genótipos ($p < 0,05$) para T_o e ΔH e não foi observado efeito significativo para os ambientes estudados.

O coeficiente de variação nas triplicatas de cada amostra avaliada na análise da gelatinização pelo DSC para os parâmetros T_o , T_p e T_c variou de 0,2 a 3,5 % e para ΔH de 1,9 a 10,5% evidenciando a maior variabilidade da ΔH . De acordo com Soulaka & Morrison (1985a) os valores de entalpia são menos precisos do que os valores de T_p considerada pelos autores como a temperatura de gelatinização.

Nas Tabelas 30 a 33 estão apresentados os valores obtidos para T_o , T_p , T_c e ΔH para a gelatinização das amostras de amido. Verificou-se que os valores de T_o variaram de 54,1 a 58,6 °C; T_p de 59,7 a 63,2°C; T_c de 64,2 a 69,1°C e ΔH de 11,1 a 13,5 J/g que estão de acordo com os já obtidos por Franco et al. (2002), empregando condições semelhantes às utilizadas neste estudo, para avaliação das propriedades térmicas do amido. Sabe-se que dependendo das condições empregadas na análise, principalmente a proporção amido:água (Wootton & Kensington, 1979; Eliasson, 1980; Billiaderis et al., 1980; Eliasson & Karlsson, 1983) e taxa de aquecimento (Wootton & Kensington, 1979; Eliasson, 1980) ocorrem diferenças nos valores dos parâmetros avaliados.

Observou-se que apenas os genótipos IAC 24 e BH 1146M apresentaram T_o , T_p e T_c diferentes estatisticamente entre os ambientes de produção, o que sugere que para esses dois genótipos pode ter ocorrido diferenças na estrutura dos grânulos em função das condições ambientais de produção. Este fato foi também constatado por Shi et al. (1994) avaliando amido isolado de grãos de trigo produzidos sob diversas condições de temperatura.

Na avaliação da entalpia (ΔH) de gelatinização (Tabela 33) observou-se que apenas os genótipos IAC 24 e BH 1146 não apresentaram valores estatisticamente diferentes em função do ambiente de produção do trigo e os demais genótipos apresentaram diferenças ($p < 0,05$) nos valores de ΔH entre os ambientes. A entalpia de gelatinização reflete principalmente a perda da ordem molecular (Cooke & Gidley, 1992). Tester et al. (1995) e Shi et al. (1994) também constataram diferenças na entalpia de gelatinização em amostras de amido de trigos produzidos sob diferentes condições de temperaturas. Tester et al. (1995) verificaram também que a safra de produção teve um efeito muito acentuado nos valores observados de ΔH .

Tabela 30. Valores de T_0 na gelatinização do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.

Genótipos	Temperatura <i>onset</i> (T_0) °C – Gelatinização		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	54.5 A b	54.1 A d	55.6 A c
IAC 17	54.9 A ab	55.4 A bcd	55.4 A c
IAC 24 M	56.1 A ab	56.6 A abc	56.9 A abc
IAC 24	55.6 B ab	58.4 A a	57.9 A abc
BH 1146 M	56.0 B ab	58.6 A a	56.0 A abc
BH 1146	56.8 A a	57.2 A ab	58.0 A a
Anahuac M	56.5 A ab	54.9 A cd	55.7 A c
Anahuac	55.8 A ab	56.0 A bcd	55.7 A bc

C.V.(%): 1,28

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 1.7 °C

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 2.2 °C

Cada valor representa a média de 3 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Tabela 31. Valores de T_p na gelatinização do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.

Genótipos	Temperatura de pico (T_p) °C – Gelatinização		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	59,4 A a	59,5 A c	60,2 A a
IAC 17	60,4 A a	60,8 A abc	60,5 A a
IAC 24 M	60,5 A a	60,1 A bc	60,9 A a
IAC 24	59,7 B a	62,5 A ab	61,8 A a
BH 1146 M	60,0 B a	63,2 A a	60,1 B a
BH 1146	61,3 A a	61,9 A abc	62,6 A a
Anahuac M	61,0 A a	59,7 A c	60,2 A a
Anahuac	60,2 A a	60,3 A bc	60,1 A a

C.V.(%): 1,35

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 1.9 °C

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 2.5 °C

Cada valor representa a média de 3 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Tabela 32. Valores de T_c na gelatinização do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.

Genótipos	Temperatura de conclusão (T_c) °C – Gelatinização		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	65,1 A a	65,0 A c	66,0 A ab
IAC 17	66,3 A a	66,2 A abc	66,2 A ab
IAC 24 M	64,9 A a	64,2 A bc	65,5 A ab
IAC 24	63,7 B a	67,6 A ab	66,7 A ab
BH 1146 M	64,8 B a	69,1 A a	64,9 B b
BH 1146	66,3 A a	67,6 A abc	68,9 A a
Anahuac M	66,4 A a	64,9 A c	65,4 A b
Anahuac	65,3 A a	64,9 A bc	65,2 A b

C.V. (%): 1,75

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 3.5 °C

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 2.8 °C

Cada valor representa a média de 3 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Tabela 33. Valores de ΔH na gelatinização do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.

Genótipos	Entalpia (ΔH) J/g – Gelatinização					
	Capão Bonito		Tietê		Tatui	
IAC 17 M	11,1 B	c	11,6 AB	bcd	12,3 A	abc
IAC 17	12,7 A	ab	11,5 B	bcd	12,9 A	ab
IAC 24 M	11,9 A	abc	10,8 B	d	11,9 A	bc
IAC 24	12,4 A	abc	12,4 A	abc	12,0 A	bc
BH 1146 M	11,8 AB	abc	11,3 B	cd	12,5 A	abc
BH 1146	13,2 A	a	13,2 A	a	13,5 A	a
Anahuac M	11,4 B	bc	12,4 A	abc	12,2 AB	bc
Anahuac	11,6 B	bc	12,6 A	ab	11,3 B	c

C.V.(%): 3,43

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 1.3 °C

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 1.0 °C

Cada valor representa a média de 3 determinações
valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma
letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Observando os resultados de T_o , T_p , T_c e ΔH (Tabelas 30 a 33) de cada ambiente isoladamente verificou-se que dependendo do ambiente de produção alguns genótipos apresentaram-se diferentes ($p < 0,05$) entre si, sendo que as maiores variações ocorreram no ambiente de Tietê, seguido de Tatui. No ambiente de Capão Bonito ocorreram as menores variações dos parâmetros avaliados entre genótipos ou até mesmo não se observou diferenças entre eles. Essas observações demonstram a necessidade de se avaliar as propriedades térmicas do amido obtido de grãos produzidos sob condições distintas.

Os genótipos originais e seus respectivos mutantes não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) para os valores de T_o , T_p e T_c (exceto para BH 1146 M e BH 1146 no ambiente de Tatui). Porém, os valores de ΔH para os genótipos IAC 17 e IAC 17 M no ambiente de Capão Bonito, IAC 24 e IAC 24M em Tietê e BH 1146 e BH 1146M em Capão Bonito e Tietê apresentaram

diferença significativa ($p < 0,05$) sendo que os genótipos mutantes apresentaram valores menores, indicando portanto diferenças na estrutura cristalina do amido (Sasaki et al., 2000).

Segundo Soulaka & Morrison (1985b) e referências apresentadas pelos autores, a T_p e ΔH podem afetar o volume do pão. A gelatinização do amido ocorre a uma temperatura mais baixa do que a desnaturação do glúten durante o assamento e auxilia o ajuste da estrutura do pão e o término do crescimento no início do forneamento. Uma vez que a temperatura interna do pão é dependente do tempo, qualquer fato que atrase a gelatinização do amido, por exemplo T_p ou ΔH mais altos, poderia prolongar o período de expansão que por sua vez aumentaria o volume do pão. A temperatura real em que esses eventos ocorrerão será acima da T_p encontrada no amido puro em excesso de água, como na análise de DSC, e acredita-se que alguns amidos com altas T_p e baixa performance de panificação estejam insuficientemente gelatinizados.

A variação na proporção de lipídeos complexados com amilose e lipídeo livre de amilose pode apresentar algum efeito sobre a temperatura de gelatinização (Morrison, 1995). Porém, pela avaliação dos resultados obtidos neste estudo não foi observada correlação significativa entre o teor de amilose complexada com lipídeo, ou teor de amilose ou teor de lisofosfolipídeos com a temperatura de gelatinização o que também foi constatado por Soulaka & Morrison (1985b) que, avaliando amido de trigo, verificaram não haver correlação entre teor de amilose ou teor de lipídeo com a temperatura de gelatinização.

Franco e Ciacco (1992) observaram, para amido de milho, que a temperatura inicial de gelatinização diminui com o aumento do tamanho dos grânulos. No entanto, neste trabalho, não houve correlação entre porcentagem de grânulos maiores que 10 ou 16 μm e temperatura inicial de gelatinização (T_o) medida pelo DSC.

4.3.2.2. Retrogradação

Após a gelatinização as cápsulas referentes às amostras foram armazenadas sob refrigeração durante 20-21 dias e então analisadas para verificar a retrogradação do amido. Os resultados avaliados referem-se aos dados de apenas 2 replicatas pois foi necessário, para várias amostras, eliminar um dos resultados obtidos em função de não haver a formação de um pico adequado e/ou aos elevados valores de coeficiente de variação (CV) obtidos entre as repetições, principalmente na ΔH . O coeficiente de variação dos valores obtidos nas duplicatas da retrogradação foi de 0 a 5,3% para T_o , T_p e T_c e de 0,6 a 27,2% (média de 6,7) para ΔH . Para 4 amostras de amido avaliadas a ΔH de retrogradação apresentou valores de coeficiente de variação maiores que 10% o que fez aumentar o CV geral. Talvez a variação possa ter ocorrido devido ao tamanho da cápsula utilizada na análise uma vez que a disposição da amostra (amido+água) possivelmente tenha variado entre as amostras.

Pela análise de variância conjunta das propriedades térmicas do amido que sofreu retrogradação (T_o , T_p , T_c e ΔH) apresentada na Tabela 29 verificou-se um efeito significativo ($p < 0,05$) para a interação genótipo x ambiente apenas para a entalpia; efeito significativo ($p < 0,01$) para genótipo na T_o , e significativo ($p < 0,05$) na T_p e efeito não significativo para ambiente.

Nas Tabelas 34 a 37 estão apresentados os valores de cada um dos parâmetros avaliados pelo DSC do amido que sofreu retrogradação. Os valores de T_o variaram de 41,1 a 45,2 °C; T_p de 51,6 a 55,4°C; T_c de 61,5 a 65,7°C e ΔH de 3,8 a 5,5 J/g. Os valores de T_o , T_p , T_c e ΔH do amido que sofreu retrogradação apresentaram-se menores, como era esperado, do que aqueles observados nas respectivas avaliações da gelatinização por apresentarem uma cristalinidade mais fraca (Sasaki et al., 2000).

Tabela 34. Valores de T_o na retrogradação do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.

Genótipos	Temperatura <i>onset</i> (T_o) °C – Retrogradação			
	Capão Bonito	Tietê	Tatui	Média
IAC 17 M	41,1	41,5	41,8	41.5 c
IAC 17	43,0	42,1	43,1	42.7 abc
IAC 24 M	42,2	45,2	42,1	43.2 abc
IAC 24	41,5	42,8	41,9	42.1 bc
BH 1146 M	41,6	44,1	42,0	42.5 abc
BH 1146	43,3	43,1	44,1	43.5 abc
Anahuac M	44,2	44,1	44,0	44.1 ab
Anahuac	44,2	44,7	44,7	44.5 a

C.V.(%): 1,8

d.m.s. 5% entre genótipos: 2,4 °C

Cada valor representa a média de 2 determinações
valores seguidos com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Tabela 35. Valores de T_p na retrogradação do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.

Genótipos	Temperatura de pico (T_p) °C – Retrogradação			
	Capão Bonito	Tietê	Tatui	Média
IAC 17 M	51,6	52,8	52,9	52.4 b
IAC 17	53,2	52,2	53,6	53.0 ab
IAC 24 M	53,0	53,6	53,2	53.3 ab
IAC 24	52,4	53,5	52,6	52.8 ab
BH 1146 M	52,9	53,7	54,8	53.8 ab
BH 1146	54,0	52,5	53,1	53.2 ab
Anahuac M	54,7	53,7	53,9	54.1 ab
Anahuac	54,5	54,1	55,4	54.7 a

C.V.(%): 1,8

Cada valor representa a média de 2 determinações
valores seguidos com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

Tabela 36. Valores de T_c na retrogradação do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.

Genótipos	Temperatura de conclusão (T_c) °C – Retrogradação		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	61,6	63,0	63,6
IAC 17	62,5	61,9	64,1
IAC 24 M	63,4	62,9	62,9
IAC 24	62,3	62,4	61,5
BH 1146 M	62,3	63,0	64,6
BH 1146	64,1	61,5	63,1
Anahuac M	63,5	62,3	63,2
Anahuac	63,5	63,2	65,7

C.V.(%): 1,7

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

Tabela 37. Valores de ΔH na retrogradação do amido isolado dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.

Genótipos	Entalpia (ΔH) J/g – Retrogradação		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	4,3 A ab	5,1 A a	4,8 A a
IAC 17	4,9 A ab	4,2 A a	4,4 A a
IAC 24 M	4,6 A ab	4,2 A a	4,8 A a
IAC 24	4,7 A ab	4,7 A a	4,9 A a
BH 1146 M	4,8 A ab	4,0 A a	4,7 A a
BH 1146	5,5 A a	4,0 B a	4,5 AB a
Anahuac M	3,8 A b	4,1 A a	4,5 A a
Anahuac	3,8 B b	4,1 AB a	5,0 A a

C.V.(%): 6,7

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 1.0 °C

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 1.6 °C

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Na análise de variância observou-se efeito significativo para T_o ($p < 0,01$) e T_p ($p < 0,05$) apenas para genótipo indicando que ocorreram diferenças para esses parâmetros entre os amidos obtidos dos genótipos avaliados. Pelo fato de não ter ocorrido efeito significativo para a interação genótipo x ambiente para T_o e T_p comparou-se os genótipos através da média dos valores obtidos nos 3 ambientes de produção (Tabelas 34 e 35). Observou-se que o genótipo Anahuac apresentou o maior valor de T_o e o IAC 17 Mo menor valor e que entre os genótipos mutantes e não mutantes não houve diferença significativa.

Pelos resultados apresentados na Tabela 35 verificou-se que apenas os genótipos Anahuac e IAC 17 M diferiram entre si quanto a T_p apresentando o maior e o menor valor, respectivamente. Franco et al. (2002) observaram diferenças ($p < 0,05$) na T_o e T_p da retrogradação do amido obtido de 8 linhagens de trigo mole, entretanto no trabalho de Shi et al. (1994), pela avaliação dos resultados apresentados, não se constatou diferenças nos valores de T_o entre genótipos quando se considerou uma mesma temperatura de produção dos grãos.

Para a T_c da retrogradação não foram observados efeitos significativos na análise de variância conjunta (Tabela 29) e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 36.

Na ΔH da retrogradação (Tabela 37) apenas os genótipos BH 1146 e Anahuac apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$) nos valores obtidos entre os ambientes de produção. Os valores de CV observados entre as duplicatas dessas amostras foi de 2,3 a 8,5%. Observando-se os valores de ΔH dos genótipos em cada ambiente, isoladamente, verificou-se que apenas no ambiente de Capão Bonito houve diferenças entre eles no qual o BH 1146 apresentou o maior valor e o Anahuac. Shi et al. (1994) observaram diferenças entre genótipos dependendo da temperatura de produção. Franco et al. (2002) não observaram diferenças na ΔH de retrogradação de trigos produzidos sob as mesmas condições ambientais.

4.3.3. Propriedades de pasta

O resumo da análise de variância das propriedades de pasta avaliadas pelo RVA das amostras de amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no estado de São Paulo estão apresentadas na Tabela 38 e os resultados referentes a cada um dos parâmetros avaliados pelo RVA encontram-se nas Tabelas 39 a 45.

Tabela 38. Análise de variância das características avaliadas no RVA do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo.

Fonte de Variação	Temper. de Pasta	Viscos. Máxima	Tempo de Viscosidade Máxima	Viscosidade Mínima	Quebra na Viscosidade (<i>Breakdown</i>)	Viscosidade Final	Retrogradação (<i>Setback</i>)
Genótipo	**	**	**	**	**	**	**
Ambiente	**	*	**	*	**	**	*
Gen. X Amb.	**	**	ns	**	**	**	**

** : significativo ao valor de 1% de probabilidade pelo teste F

* : significativo ao valor de 5% de probabilidade pelo teste F

ns: não significativo pelo teste F, ao valor de 5% de probabilidade

4.3.3.1. Temperatura de pasta (TP)

A TP indica a temperatura mínima necessária para cozer uma determinada amostra, o que pode ter implicações na estabilidade de outros componentes presentes em uma formulação e também indica a energia a ser consumida (Newport, 1995). Assim, variações nesse parâmetro podem alterar a qualidade dos alimentos bem como os custos com energia gasta nos processos.

Neste trabalho, foi considerado como temperatura de pasta (TP) a temperatura em °C na qual observou-se o primeiro aumento na viscosidade de 6 RVU/minuto (2 RVU/20 segundos) durante a fase de aquecimento.

Na análise de variância conjunta da TP das amostras de amido (Tabela 38) verificou-se efeito significativo para genótipo ($p < 0,01$), para ambiente ($p < 0,01$) e

para a interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$). Avaliando-se os valores médios de TP, obtidos para cada genótipo nos três ambientes estudados (Tabela 39), constatou-se que para os ambientes mais distintos entre si, Capão Bonito e Tatuí, os valores em Capão Bonito foram menores ($p < 0,05$) do que os observados em Tatuí, com exceção do genótipo IAC 17 M que foram semelhantes. Os genótipos apresentaram TP diferentes entre si em todos os ambientes estudados, sendo que os valores variaram de 80,3 a 87,9 °C.

Tabela 39. Valores de temperatura de pasta (em °C), do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo, obtidas através do RVA

Genótipos	Temperatura de Pasta °C		
	Capão Bonito	Tietê	Tatuí
IAC 17 M	86,5 A a	87,2 A a	87,3 A a
IAC 17	86,1 B ab	86,9 AB a	87,3 A a
IAC 24 M	82,9 B c	82,8 B cd	85,1 A bc
IAC 24	82,6 B c	83,4 B cd	84,8 A bc
BH 1146 M	80,3 B d	82,4 A d	82,9 A d
BH 1146	86,0 B ab	86,1 B a	87,9 A a
Anahuac M	82,3 B c	83,9 A bc	84,1 A c
Anahuac	84,9 B b	84,7 B b	85,9 A b

C.V. (%): 0,37

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 0,91°C

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 1,2°C

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Comparando-se os genótipos originais e seus respectivos mutantes observou-se que o genótipo BH 1146 apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) em todos os ambientes de produção sendo que os valores obtidos nas amostras do amido isoladas do mutante foram menores. Já para o genótipo Anahuac o

mutante apresentou menor valor de TP nos ambientes de Capão Bonito e Tatuí e semelhantes estatisticamente ($p < 0,05$) no ambiente de Tietê. Os genótipos IAC 17 e IAC 24, e seus respectivos mutantes, apresentaram resultados de TP estatisticamente semelhantes em todos os locais de produção.

Observou-se uma correlação negativa e significativa ($r = - 0,613$; $p < 0,01$) entre a porcentagem em volume dos grânulos $>16 \mu\text{m}$ de diâmetro e a temperatura de pasta e uma correlação positiva e significativa ($r = 0,663$; $p < 0,001$) entre a porcentagem em volume dos grânulos $<10 \mu\text{m}$ de diâmetro e a temperatura de pasta.

4.3.3.2. Viscosidade máxima

A análise de variância conjunta da Viscosidade Máxima (Tabela 38) indicou a ocorrência de efeito significativo para genótipo ($p < 0,01$), ambiente ($p < 0,05$) e para interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$).

O genótipo IAC 17 M foi o único que apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) quanto ao valor de Viscosidade Máxima (em RVU) medida no RVA (Tabela 40) nos três ambientes de produção dos grãos de trigo. Para os demais genótipos a diferença ocorreu entre dois ambientes e estes variaram de acordo com o genótipo. Comparando-se apenas os dois ambientes que apresentaram as condições de produção mais distintas, Capão Bonito e Tatuí, observou-se no ambiente de Tatuí as menores médias de viscosidade máxima ($p < 0,05$) para todos os genótipos com exceção do Anahuac que foi menor no ambiente de Capão Bonito.

Na comparação dos genótipos originais e seus respectivos mutantes observou-se que apenas os pares IAC 24M e IAC 24 no ambiente de Capão Bonito e IAC 17 M e IAC 17 e IAC 24 M e IAC 24 em Tietê não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) nos valores de viscosidade máxima. Para os demais genótipos e ambientes de produção os genótipos mutantes apresentaram

valores maiores ($p < 0,05$) do que os originais, indicando portanto alterações nas propriedades do amido.

Tabela 40. Valores de viscosidade máxima do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo, obtidas através do RVA

Genótipos	Viscosidade Máxima (RVU)					
	Capão Bonito		Tietê		Tatui	
IAC 17 M	194,17	A c	177,75	C de	184,67	B c
IAC 17	181,84	A d	174,88	B e	173,29	B de
IAC 24 M	219,21	A a	215,71	A a	195,29	B b
IAC 24	219,79	A a	217,75	A a	204,00	B a
BH 1146 M	198,59	A bc	199,75	A b	189,71	B bc
BH 1146	181,54	A d	182,09	A cd	171,09	B e
Anahuac M	201,09	A b	185,55	B c	185,09	B c
Anahuac	166,17	B e	176,79	A de	178,00	A d

C.V. (%): 1,22

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 6,61

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 8,74

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

A viscosidade máxima do amido está inversamente correlacionada com teor de amilose do mesmo (Zeng et al ,1997; Peterson & Fulch, 2001). Segundo Dengate (1984) e Sasaki et al. (2000) o amido com teor de amilose reduzido apresenta valores mais altos de viscosidade máxima pelo fato de ocorrer maior inchamento dos grânulos diminuindo, conseqüentemente, a água livre da suspensão amido:água podendo-se inferir que o pico de viscosidade está positivamente correlacionado com poder de inchamento, ou seja, maior pico de viscosidade do amido com maior poder de inchamento do mesmo.

Entretanto, nesta pesquisa, não foi observada uma correlação significativa entre o teor de amilose e a viscosidade máxima nem entre viscosidade máxima e

poder de inchamento a 75°C. A maior diferença encontrada, entre os teores de amilose total observados no amido obtido dos genótipos (Tabela 19), variou de 0,1 a 2,0% e foi menor que a diferença observada entre as amostras de amido de genótipos de trigo nos quais se verificou uma correlação negativa e significativa entre teor de amilose e viscosidade máxima, cujos valores de teor de amilose variaram de 1,5 a 3% ou 2,0 a 5,0%, dependendo do método de análise empregado (dados apresentados por Zeng et al., 1997). Miura & Tanii (1994) avaliando o amido da farinha obtida de 5 genótipos de trigo verificaram diferenças significativas nos teores de amilose entre os genótipos estudados e uma correlação negativa entre o pico de viscosidade da farinhas obtidas e o teor de amilose do amido. No entanto, os autores observaram que estas características não estavam sempre correlacionadas e que a variação na viscosidade máxima era afetada por diversos fatores além do teor de amilose, como por exemplo a presença de grãos germinados, e concluíram que, um alto pico de viscosidade não é somente devido a diferença no teor de amilose.

Konik et al. (1994) não observaram correlação significativa entre poder de inchamento e viscosidade máxima de amostras de amido isolado de 23 genótipos de trigo australianos.

Dengate (1984) realizou uma revisão abordando a influência da distribuição do tamanho dos grânulos sobre as propriedades de pasta do amido de trigo e relatou que os grânulos pequenos apresentam uma menor viscosidade máxima do que os grânulos grandes.

Pesquisas realizadas por Meredith (1981), Duffus & Murdoch (1979) e Kulp (1973) indicaram que os grânulos grandes de amido de trigo apresentam maior teor de amilose do que os grânulos pequenos. Desse modo, de acordo com Peterson & Fulch (2001), quanto maior a proporção de grânulos grandes menor será a viscosidade máxima. Neste trabalho, não se observou correlação significativa entre porcentagem de grânulos maiores 16 µm e teor de amilose, nem entre viscosidade máxima e porcentagem de grânulos grandes (> 16 µm).

Cabe, entretanto, ressaltar que os estudos das características de pasta dos grânulos grandes e pequenos freqüentemente resultam em resultados conflitantes devido à eficiência dos métodos de isolamento de amido (Dengate, 1984).

4.3.3.3. Tempo para atingir a viscosidade máxima

Pela análise de variância conjunta do tempo de viscosidade máxima (Tabela 3) observou-se efeito significativo para genótipo e ambiente e não significativo para a interação genótipo x ambiente. Por isso, na Tabela 41 estão apresentadas também as médias de cada genótipo e dos ambientes de produção. Pode-se observar que a média do tempo de viscosidade máxima entre os genótipos variou de 10,18 a 11,11 minutos e que dentre os ambientes de produção o de Tatui apresentou a maior média e, dentre os genótipos, o IAC 17 apresentou a maior média ($p < 0,05$), sugerindo, de acordo com Shibanuma et al. (1996), que os grânulos de amido desse genótipo apresentam maior resistência ao inchamento do que os demais genótipos.

4.3.3.4. Viscosidade mínima ou viscosidade da pasta quente

A determinação da viscosidade mínima ou viscosidade da pasta quente indica a resistência do grânulo de amido à ação mecânica. A redução da viscosidade de uma amostra de amido depende da temperatura e do grau de agitação, ou resistência ao cisalhamento aplicado à mistura amido+água e também às características do próprio amido. A capacidade de uma amostra resistir a este aquecimento e agitação é um fator importante para muitos processos (Newport, 1995).

A análise de variância (Tabela 38) indicou que houve efeito significativo para a interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$), genótipos ($p < 0,01$) e ambiente ($p < 0,05$). Na Tabela 42 observou-se que os genótipos IAC 24 e IAC 24 M não apresentaram diferenças significativas entre os valores observados nos três

ambientes de produção. Para quatro dos demais genótipos constatou-se que no ambiente de Tietê ocorreram as menores médias.

Tabela 41. Tempo para atingir a viscosidade máxima do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo, obtidos através do RVA

Genótipos	Tempo de Viscosidade Máxima (min.)			
	Capão Bonito	Tietê	Tatui	Média
IAC 17 M	11,00	11,07	11,27	11.11 a
IAC 17	10,70	10,54	10,80	10.67 b
IAC 24 M	10,27	10,30	10,84	10.47 bc
IAC 24	10,13	10,40	10,43	10.32 c
BH 1146 M	10,10	10,20	10,40	10.24 c
BH 1146	10,33	10,40	10,70	10.48 bc
Anahuac M	10,04	10,10	10,42	10.18 c
Anahuac	10,24	10,40	10,40	10.34 c
Média	10,35 b	10,43 b	10,66 a	

C.V. (%): 0,95

d.m.s. 5% entre ambientes: 0,13

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 0,30

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Segundo Raeker et al. (1998) os lipídeos internos, complexados com amilose, reduzem o inchamento do amido e a saída da amilose dos grânulos e, por isso reduzem a viscosidade da pasta aquecida. Para os resultados obtidos no presente trabalho, porém, não foi observada correlação significativa entre esses dois parâmetros, assim como já apresentado anteriormente entre teor do complexo amilose-lipídeo e poder de inchamento.

Comparando-se os genótipos originais e seus respectivos mutantes observou-se que os pares do IAC 17 e do BH 1146 diferiram entre si ($p < 0,05$) nos

três ambientes de produção enquanto que para o Anahuac ocorreu diferenças apenas em Capão Bonito e para o IAC 24 não houve diferença estatisticamente significativa entre os ambientes de produção.

Tabela 42. Valores de viscosidade mínima, do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo, obtidos através do RVA

Genótipos	Viscosidade Mínima (RVU)		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	156,96 A a	145,21 B c	156,92 A a
IAC 17	140,38 A c	130,50 B d	139,25 A b
IAC 24 M	161,71 A a	157,71 A a	158,59 A a
IAC 24	156,38 A a	152,75 A ab	154,83 A a
BH 1146 M	149,79 B b	150,09 B bc	155,00 A a
BH 1146	132,04 A d	127,00 B d	131,63 A c
Anahuac M	140,67 A c	127,96 B d	140,55 A b
Anahuac	123,29 C e	129,38 B d	137,96 A b

C.V. (%): 1,81

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 5,13

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 5,97

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

4.3.3.5. Quebra na viscosidade

Na análise das propriedades de pasta pelo RVA a amostra (amido + água) fica submetida a uma temperatura de 95°C, sob agitação mecânica, durante um determinado período de tempo. Isto faz com que os grânulos se rompam e as moléculas de amilose passem para a solução. Este período é normalmente acompanhado por redução na viscosidade até atingir um ponto denominado de viscosidade mínima. A diferença entre as viscosidades mínima e máxima é denominado de quebra na viscosidade (*Breakdown*).

Observou-se um efeito significativo ($p < 0,01$) para a interação genótipo x ambiente, genótipo e ambiente (Tabela 38). Os valores da quebra na viscosidade (Tabela 43) variaram de 27,75 (IAC 17 M em Tatuí) a 65 RVU (IAC 24 em Tietê). Observou-se que os valores da quebra na viscosidade obtidos foram menores no ambiente de Tatuí para todos os genótipos avaliados com a ressalva de que o genótipo Anahuac apesar de também apresentar menor média não diferiu ($p < 0,05$) do ambiente de Capão Bonito sugerindo que os amidos obtidos do trigo produzido nesse ambiente apresentaram maior resistência ao rompimento (Ravi et al., 1999; Shibanuma et al., 1996) do que nos outros dois ambientes de produção.

Tabela 43. Valores de quebra na viscosidade (*Breakdown*), do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo, obtidos através do RVA

Genótipos	Quebra na Viscosidade (<i>Breakdown</i>) em RVU		
	Capão Bonito	Tietê	Tatuí
IAC 17 M	37,21 A e	32,54 B e	27,75 C f
IAC 17	41,46 A de	44,38 A d	34,04 B e
IAC 24 M	57,50 A b	58,00 A b	36,71 B cde
IAC 24	63,42 A a	65,00 A a	49,16 B a
BH 1146 M	48,79 A c	49,67 A c	35,71 B de
BH 1146	49,50 B c	55,08 A b	39,46 C cd
Anahuac M	60,82 A ab	57,59 A b	44,54 B b
Anahuac	42,88 B d	47,42 A cd	40,04 B c

C.V. (%): 3,28

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 4,49

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 4,28

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Comparando-se os genótipos originais e seus respectivos mutantes em cada ambiente de produção observou-se que o IAC 17 Me IAC 17 apresentaram

resultados semelhantes apenas em Capão Bonito e o BH 1146 e BH 1146 M foram semelhantes em Capão Bonito e Tatuí, os outros dois genótipos e respectivos mutantes apresentaram resultados estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) nos três ambientes estudados.

4.3.3.6. Viscosidade final

A viscosidade final a 50°C é o parâmetro que indica a capacidade do material formar uma pasta viscosa ou gel após o cozimento e resfriamento (Newport, 1995).

Pela análise de variância (Tabela 38) verificou-se que houve efeito significativo ($p < 0,01$) para a interação genótipo x ambiente, genótipo e ambiente. Os valores observados (Tabela 44) nos genótipos produzidos nos três ambientes variaram de 242,54 a 302,42 RVU. As menores médias foram observadas no amido do trigo produzido em Tietê, com exceção do IAC 24 M e Anahuac.

Entre o genótipo original e seu respectivo mutante apenas não diferiram entre si o IAC 24 em Capão Bonito e Tietê e o Anahuac em Tietê e Tatuí. Para os demais pares houve diferença significativa ($p < 0,05$) e os valores observados nos mutantes foram mais altos.

4.3.3.7. Retrogradação

Na análise do RVA, após o aquecimento, a mistura amido+água é resfriada ocorrendo em maior ou menor grau a reassociação entre as moléculas de amido, especialmente a amilose. Numa concentração suficiente forma-se um gel cuja viscosidade normalmente aumentará até atingir a viscosidade final. Esta fase na curva envolve a retrogradação ou re-ordenação das moléculas de amido e é denominada de retrogradação (setback) (Newport, 1995).

Tabela 44. Valores de viscosidade final, do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo, obtidos através do RVA

Genótipos	Viscosidade Final (RVU)					
	Capão Bonito		Tietê		Tatui	
IAC 17 M	287,17	A b	262,88	B c	284,21	A b
IAC 17	260,54	A d	250,67	B d	264,04	A cd
IAC 24 M	298,75	A a	294,46	A a	286,84	A b
IAC 24	302,42	A a	289,75	B ab	299,17	A a
BH 1146 M	296,17	A a	284,84	B b	292,75	A ab
BH 1146	252,79	A d	243,13	B d	255,34	A d
Anahuac M	270,63	A c	245,84	B d	268,34	A c
Anahuac	242,54	C e	251,71	B d	268,96	A c

C.V. (%): 1,34

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 9,78

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 8,75

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

A análise de variância conjunta (Tabela 38) indicou que houve efeito significativo para a interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$), genótipo ($p < 0,05$) e ambiente ($p < 0,01$). Observou-se, na Tabela 45, que os valores de retrogradação variaram de 116,13 a 146,38 RVU e que, dependendo do genótipo, os ambientes influenciaram de formas diferentes os parâmetros avaliados. Não se observou correlação significativa entre teor de amilose e retrogradação. A velocidade de retrogradação da amilose é maior que a da amilopectina e depende da temperatura e, portanto, deveria existir uma relação entre o teor de amilose e a retrogradação determinada no RVA. É possível entretanto que a alta temperatura onde essa leitura ocorre (50°C) associada às pequenas diferenças, quando encontradas, no teor de amilose e a concentração do amido utilizada não

possibilitem a diferenciação entre grânulos de amido com diferentes proporções de amilose.

Apenas o IAC 17 não apresentou variações em função do ambiente de produção. Para os genótipos IAC 17 M, BH1146 M a Anahuac M os menores valores foram obtidos no ambiente de Tietê.

Na comparação dos genótipos originais com o seus respectivos mutantes verificou-se que o BH 1146 e o BH 1146 M foram estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes nos três ambientes avaliados sendo que o mutante apresentou valores mais altos que o original. Já os demais apresentaram diferenças em apenas um ambiente ou Tatuí ou Capão Bonito, pois em Tietê não apresentaram valores diferentes.

Tabela 45. Valores de retrogradação do amido isolado de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo, obtidos através do RVA.

Genótipos	Retrogradação (<i>Setback</i>) em RVU		
	Capão Bonito	Tietê	Tatuí
IAC 17 M	130,21 A c	117,67 B b	127,31 A c
IAC 17	120,17 A e	120,17 A b	124,79 A c
IAC 24 M	137,05 A bc	136,75 A a	128,25 B c
IAC 24	146,05 A ab	137,00 B a	144,34 A a
BH 1146 M	146,38 A a	134,75 B a	138,75 B ab
BH 1146	120,75 AB de	116,13 B b	123,71 A c
Anahuac M	129,96 A cd	117,88 B b	127,79 A c
Anahuac	119,25 A e	122,34 B b	131,00 A bc

C.V. (%): 1,91

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 5,87

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 9,28

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

4.4. CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA

4.4.1. Rendimento de extração de farinha (moagem)

O rendimento de extração de farinha, calculado em porcentagem, considerando-se a quantidade obtida de farinha em relação ao peso total das frações obtidas, está apresentado na Tabela 46. Esses resultados referem-se à moagem de apenas uma amostra por genótipo/ambiente e, portanto, não foram avaliados estatisticamente.

Tabela 46. Rendimento de extração de farinha dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipo	Rendimento de extração de farinha (%)		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	66	63	60
IAC 17	64	56	54
IAC 24 M	67	58	60
IAC 24	69	64	65
BH 1146 M	68	66	65
BH 1146	61	60	58
Anahuac M	68	65	63
Anahuac	68	67	66

O rendimento de extração de farinha variou de 54,5 a 69% dependendo do genótipo e ambiente de produção. Os valores obtidos foram próximos daqueles obtidos por Felício et al. (1998b) para os genótipos Anahuac e IAC 24 produzidos no Estado de São Paulo. Constatou-se uma tendência de menor rendimento em Tatui, com exceção do genótipo Anahuac. Neste ambiente também foram constatados os menores valores de peso do hectolitro (PH) e de peso de mil grãos (PMG) para a maioria dos genótipos avaliados, porém, não se observou uma correlação significativa entre o rendimento de extração de farinha e PMG ou PH.

Considerando-se a classificação do potencial de moagem citado por Guarienti (1996), que varia de muito baixo ($\leq 59\%$) a excelente ($\geq 72\%$), de acordo com o percentual de farinha obtido, o rendimento de extração no ambiente de Capão Bonito variou de baixo (apenas o genótipo BH 1146) a muito bom (apenas o genótipo IAC 24). Os demais genótipos foram classificados como bom potencial de extração com exceção do IAC 17 que se classificou como regular. Já no ambiente de Tatui, com exceção do Anahuac, que se apresentou como tendo bom potencial de extração nos três ambientes avaliados, os demais genótipos foram classificados como de muito baixo a regular.

O menor rendimento de extração em Tatui, ambiente teoricamente mais favorável à produção de trigo por ter recebido correção da acidez do solo e suprimento de água, difere dos resultados obtidos por Felício et al. (1998b) e Scalco (2000) que observaram maior rendimento de extração em ambientes que receberam irrigação. Como já comentado anteriormente, outros fatores além da disponibilidade de água podem ter afetado a qualidade tecnológica dos grãos produzidos nesse ambiente.

Vários trabalhos relataram uma relação direta entre o rendimento de moagem e a dureza dos grãos de trigo (Camargo et al., 1993, Pirozzi, 1995, Felício et al. (1998 a e b), Felício et al., 1999), entretanto essa relação não foi evidenciada estatisticamente neste trabalho.

Comparando-se os genótipos originais e seus respectivos mutantes constatou-se que, para os pares do IAC 17 e do BH 1146, houve uma tendência de maior rendimento em farinha para os mutantes nos três ambientes de produção sendo observado acréscimos de 3 a 11% para o IAC 17 M e de 9 a 10,3% para o BH 1146 M. No entanto, para o IAC 24, observou-se que o seu respectivo mutante (IAC 24M) apresentou menor rendimento (de 4 a 9,4%) nos três ambientes de produção e o Anahuac M apresentou menor rendimento em farinha nos ambientes de Tietê e Tatui.

4.4.2. Análises físico-químicas da farinha

As farinhas obtidas foram avaliadas quanto ao teor de umidade, teor de proteína, teor de cinza e índice de queda. O resumo da análise de variância das características avaliadas estatisticamente estão apresentadas na Tabela 47.

Tabela 47. Análise de variância das características avaliadas na farinha de trigo obtida dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Fonte de Variação	Proteína	Cinza	Índice de Queda
Genótipo	**	*	ns
Ambiente	**	**	*
Gen. x Amb.	**	**	**

** : significativo ao valor de 1% de probabilidade pelo teste F

* : significativo ao valor de 5% de probabilidade pelo teste F

ns: não significativo pelo teste F, ao valor de 5% de probabilidade

4.4.2.1. Teor de umidade

O teor de umidade da farinha é o principal fator para sua conservação. Segundo a portaria n.º 354 de 18 de julho de 1996, do Ministério da Saúde (Brasil, 2001), o teor de umidade na farinha de trigo não deve ser superior a 15%. O teor de umidade das amostras de farinha de trigo variaram de 14.4 a 15.9% e os valores obtidos foram utilizados para as correções dos resultados das análises realizadas, de acordo com a base empregada para expressar os mesmos.

4.4.2.2. Teor de proteína

Observou-se pela análise de variância conjunta que houve efeito significativo ($p < 0,01$) para genótipo, ambiente e para a interação genótipo x ambiente (Tabela 47) quanto ao teor de proteína na farinha.

Na Tabela 48 estão apresentados os teores de proteína das amostras de farinhas obtidas dos genótipos de trigo e ambientes de produção avaliados neste estudo. Os valores foram corrigidos para 14% de umidade conforme observado na literatura (Halverson & Zeleny, 1988).

Tabela 48. Teores de proteína nas farinhas obtidas dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo

Genótipos	Teor de proteína na farinha (%) - 14%U		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	10,3 B a	10,1 B ab	11,4 A
IAC 17	10,6 B a	10,4 B a	12,0 A ab
IAC 24 M	10,3 A a	9,2 B cd	10,6 A c
IAC 24	10,5 B a	9,83 C b	11,3 A b
BH 1146 M	9,0 A c	8,7 AB de	8,5 B e
BH 1146	10,8 B a	10,2 C ab	11,5 A b
Anahuac M	9,6 A b	9,7 A bc	9,9 A d
Anahuac	9,3 B bc	8,6 C e	11,0 A bc

C.V. (%): 1,99

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 0,41

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 0,54

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Segundo Halverson & Zeleny (1988) de 1 a 1,5% da proteína de trigo é perdida durante a moagem do grão para transformá-lo em farinha. Nas amostras obtidas nesse experimento observou-se uma variação de 0,5 a 1,6% na diferença entre os valores de proteína da farinha e do grão. Os teores de proteína observados variaram de 8,5 a 12% (base 14% de U).

No ambiente de Tatui, onde houve correção da acidez do solo e irrigação, obteve-se os maiores teores de proteína para 5 das 8 farinhas avaliadas como já

observados para os grãos e no ambiente de Tietê, onde houve apenas a correção da acidez do solo, 4 dos 8 genótipos apresentaram os menores teores de proteína. Em Capão Bonito, ambiente sem irrigação e sem correção da acidez os valores foram ora semelhantes a Tietê ora a Tatuí.

De acordo com Mandarino (1994) o teor de proteína na farinha varia com o cultivar, com as condições ambientais e climáticas de produção dos grãos e com o tipo de processamento utilizado para extração da farinha sendo que esse teor pode variar de 8 a 14%. Lukow & McVetty (1991) verificaram efeito significativo para a interação genótipo x ambiente no teor de proteína da farinha obtida de genótipos de trigo produzidos em 6 diferentes ambientes.

Brusantim (2000) verificou que os teores de proteína das farinhas de trigo obtidas de genótipos produzidos no Estado de São Paulo, incluindo os quatro genótipos não mutantes empregados nesta pesquisa, estavam acima de 11%. Entretanto, a autora não fez referência se os dados foram corrigidos para 14% de umidade ou se estavam em base seca o que impossibilitou a comparação dos resultados. A autora constatou não haver correlação entre a quantidade de proteína e qualidade da farinha para panificação, indicando que esse parâmetro não pode ser utilizado para estimar a qualidade de panificação de uma farinha, apesar de ser necessário a ela.

Farinhas contendo no mínimo 11% de proteína (14% de U) normalmente são preferidas para produção de pães fermentados por levedura (Halverson & Zeleny, 1988). Apenas no ambiente de Tatuí foram observadas farinhas com teores de proteína acima de 11% confirmando que o ambiente de produção afeta o teor de proteína de um genótipo, influenciando o seu destino tecnológico, conforme já discutido no item 4.1.6. referente ao teor de proteína nos grãos.

4.4.2.3. Teor de cinza

A análise de variância conjunta (Tabela 47) revelou que houve efeito significativo para genótipo ($p < 0,05$), ambiente ($p < 0,01$) e para a interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$) quanto ao teor de cinza na farinha.

Na Tabela 49 estão apresentados os resultados de teor de cinza obtidos nas amostras das farinhas avaliadas. Observou-se pelo teste Tukey ($p < 0,05$) que no ambiente de Tietê ocorreram as maiores médias de teor de cinza na farinha referentes a 5 dos 8 genótipos avaliados. Também foi constatado que os grãos produzidos no ambiente de Tietê apresentaram os maiores teores de cinza, como já discutido no item 4.1.7. Essa observação está de acordo com Mandarino (1993) que relatou que o teor de cinza da farinha pode ser influenciado pelo teor de cinza presente nos grãos e também pelo grau de extração da farinha durante a moagem.

Tabela 49. Teores de cinza nas farinha obtidas dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.

Genótipos	Teor de cinza na farinha (%) – 14%U					
	Capão Bonito		Tietê		Tatui	
IAC 17 M	0,33	B e	0,41	A c	0,34	B d
IAC 17	0,37	A cde	0,39	A c	0,33	B d
IAC 24 M	0,43	C ab	0,54	A b	0,48	B ab
IAC 24	0,41	C bc	0,59	A a	0,52	B a
BH 1146 M	0,38	B cd	0,43	A c	0,42	A c
BH 1146	0,35	B de	0,41	A c	0,33	B d
Anahuac M	0,40	C bc	0,55	A ab	0,44	B bc
Anahuac	0,48	B a	0,52	A b	0,53	A a

C.V. (%): 2,5

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 0,05

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 0,04

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

Scalco (2000) observou uma correlação significativa entre teor de cinza no grão e teor de cinza na farinha e entre teor de cinza na farinha e rendimento de extração de farinha. Entretanto, neste estudo, a correlação entre teor de cinza no grão e teor de cinza na farinha foi muito baixa ($r = 0,45$; $p < 0,05$) e a correlação entre teor de cinza na farinha e rendimento de extração de farinha ($r = 0,393$; $p < 0,06$).

4.4.2.4. Número de queda

Pela análise de variância conjunta (Tabela 47) constatou-se que houve efeito significativo para a interação genótipo x ambiente ($p < 0,01$) e para ambiente ($p < 0,05$) e não significativo para genótipo quanto ao número de queda na farinha obtida, como também observado na análise dos grãos. Os valores obtidos, nas amostras de farinha, variaram de 232,5 a 559 segundos (Tabela 50).

Segundo Pizzinato (1997) farinha de trigo boa para panificação deve apresentar valor de número de Queda de 200 a 300 segundos. Os valores de número de queda da farinha apresentados na Tabela 50 indicam que várias amostras apresentam baixa atividade da enzima α -amilase (>300 segundos) havendo, possivelmente, necessidade de se suplementar as mesmas com enzima (α -amilase fúngica por exemplo) para utilização. A amostra de farinha referente ao genótipo BH 1146 M produzido no ambiente de Tietê apresentou o menor valor de número de queda como ocorreu também para os grãos avaliados. Observou-se uma correlação ($p < 0,001$; $r = 0,67$) entre o número de queda determinado para grãos e para farinhas.

Tabela 50. Valores de número de queda das farinhas obtidas dos grãos dos genótipos de trigo produzidos em 3 ambientes do Estado de São Paulo.

Genótipos	Número de queda na farinha (segundos)		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	451,0 B b	537,0 A a	503,5 A b
IAC 17	502,0 B a	390,0 C c	521,0 A ab
IAC 24 M	355,5 B c	387,0 B c	454,0 A c
IAC 24	333,5 C c	389,5 B c	559,0 A a
BH 1146 M	232,5 C d	357,0 B c	445,0 A c
BH 1146	365,0 A c	360,5 A c	356,0 A d
Anahuac M	321,0 C c	385,0 B c	429,5 A c
Anahuac	338,5 C c	486,5 A b	356,5 B d

C.V. (%): 2,5

d.m.s. 5% entre ambientes para um mesmo genótipo: 33,4

d.m.s. 5% entre genótipos para um mesmo ambiente: 44,3

Cada valor representa a média de 2 determinações

valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna não são estatisticamente ($p < 0,05$) diferentes

C.V. (%): coeficiente de variação médio entre determinações

d.m.s 5%: diferença mínima significativa ($p < 0,05$)

4.4.3. Análise reológica da massa por farinografia

A farinografia é um dos testes mais completos e sensíveis para avaliar a qualidade de mistura da farinha de trigo (Guarienti, 1996). A quantidade de água e o tempo de mistura necessários para que a massa atinja uma consistência ótima para manipulação, são verificados na análise de farinografia pelos parâmetros absorção de água e tempo de desenvolvimento da massa, respectivamente. Esta análise avalia também a capacidade de resistência da massa ao trabalho mecânico (estabilidade). Todas as fases dessa mistura ficam registradas em um gráfico denominado farinograma (Tipples, 1978; AACC, 1995).

Farinhas fortes têm normalmente alto teor de proteína e são caracterizadas por uma alta absorção de água, e maior tempo de desenvolvimento da massa e baixo índice de tolerância à mistura (Bloksma & Bushuk, 1988).

Na tabela 51 estão apresentados os resultados referentes à análise farinográfica de todas as farinhas avaliadas. De maneira geral observou-se que as diferenças entre os ambientes de produção contribuíram para influenciar a qualidade da farinha dos genótipos avaliados no que diz respeito às propriedades de massa, o que está de acordo com os resultados observados por Felicio et al. (2000) e Scalco (2000). Os tipos de farinogramas, segundo Holas & Tipples (1978) variam de acordo com o genótipo, com o efeito das condições ambientais, com o teor de proteína e com o tipo de farinha analisada. Assim dentro de cada ambiente estudado as variações foram observadas de acordo com as características de cada genótipo.

A absorção, ou seja a quantidade de água necessária para uma massa atingir uma determinada consistência (AACC, 1995), obtida para as amostras de farinhas dos genótipos e ambientes avaliados variaram de 53,8 a 65%. Nas farinhas dos trigos produzidos no ambiente de Tietê observou-se os menores valores de absorção (0,4 a 2,8% menores) em relação aos outros dois ambientes, com exceção do genótipo IAC 17. Comparando-se o genótipo original e seu respectivo mutante em relação à absorção verificou-se que o genótipo BH 1146 M apresentou valores menores do que o BH 1146 nos três ambientes de produção sendo em média 7,7% inferior. Já o Anahuac M apresentou valores de absorção em média 3,3% superiores ao Anahuac. Os demais genótipos apresentaram diferenças que variaram de 0,3 a 2,5 % dependendo do genótipo e ambiente.

A estabilidade da farinha indica o quanto a massa pode receber ação mecânica sem perder suas propriedades viscoelásticas o que é um fator importante para caracterização da qualidade da farinha (Felicio et al., 1998a). A estabilidade era um dos parâmetros empregados, até janeiro de 1999, para classificação do trigo como melhorador, superior, intermediário ou comum de

acordo com a norma de identidade, qualidade embalagem e apresentação do trigo de 1994. Empregando-se essa classificação e pelos resultados apresentados na Tabela 51 pode-se verificar que a estabilidade variou de acordo com o ambiente de produção e para cada genótipo o ambiente influenciou de maneira distinta.

Scalco (2000) avaliando um cultivar de trigo produzido sob diferentes condições de irrigação observou que a estabilidade da massa durante o processo de mistura decresceu com o aumento da quantidade de água aplicada na irrigação. Felicio et al. (2000) também constataram a influencia do ambiente na estabilidade de genótipos de trigo produzidos no Estado de São Paulo em três regiões distintas. Entretanto em trabalho anterior Felicio et al. (1998b) não observaram diferenças entre a estabilidade na farinha obtida de grãos de diversos genótipos de trigo produzidos sob condições de sequeiro e de irrigação no Estado de São Paulo.

Tabela 51. Resultados de Absorção (%), Estabilidade (min.), Tempo de Desenvolvimento (min) e Índice de Tolerância (UF) obtidos na farinografia das amostras de farinha de genótipos de trigo produzidos em três ambientes no Estado de São Paulo

Genótipo	Absorção (%)			Estabilidade (min.)			TDM ¹ (min.)			ITM ² (UF) ³		
	Capão Bonito	Tietê	Tatui	Capão Bonito	Tietê	Tatui	Capão Bonito	Tietê	Tatui	Capão Bonito	Tietê	Tatui
IAC 17 M	62,8	60,1	61,8	2,0	1,7	1,5	3,1	2,7	3,1	110	130	140
IAC 17	63,5	62,6	62,3	1,7	1,8	1,5	2,5	2,7	3,0	130	110	110
IAC 24 M	65,0	63,2	65,8	6,1	9,0	5,5	4,8	4,5	4,8	50	20	60
IAC 24	64,7	62,3	64,7	5,0	6,2	5,6	4,0	3,0	4,5	30	20	60
BH 1146 M	53,8	52,2	53,0	5,7	2,5	4,7	4,0	2,6	3,0	50	90	60
BH 1146	61,2	60,3	60,7	1,8	2,5	2,0	3,0	2,7	3,5	120	110	120
Anahuac M	63,3	62,5	63,0	6,0	4,5	4,2	6,0	3,7	4,0	70	60	70
Anahuac	60,0	58,7	60,3	10,5	11,7	12,7	6,0	4,5	8,0	40	40	20

¹ TDM: Tempo de Desenvolvimento da Massa

³ UF: Unidades Farinográficas

² ITM: Índice de Tolerância à Mistura

Empregando a classificação, quanto a estabilidade, apresentada por Guarienti (1996), e comparando-se o genótipo original e seu respectivo mutante observou-se que as farinhas dos genótipos IAC 17 e IAC 17 M não apresentaram diferenças entre si sendo classificados como farinhas muito fracas (estabilidade ≤ 2 min.) ou seja com qualidade de glúten fraca. Os genótipos IAC 24 e IAC24 M foram classificados como apresentando farinhas de força média-fraca em Capão Bonito e Tatui e no ambiente de Tietê o IAC 24 M passou a média-forte. As farinhas dos genótipos BH 1146 e BH 1146 M não diferiram entre si quanto à classificação apenas no ambiente de Tietê, porém nos ambientes de Capão Bonito e Tatui os valores observados nas farinhas do mutante foram 3,2 e 2,4 minutos superiores em relação ao genótipo original, respectivamente, o que alterou a classificação de farinhas muito fracas para farinha de força média fraca. Este fato evidencia a importância de se avaliar a qualidade da farinha do trigo produzidos em diferentes ambientes.

Na avaliação das farinhas dos genótipos Anahuac e Anahuac M, observou-se que o genótipo mutante apresentou farinha com menores valores de estabilidade do que as do genótipo original nos três ambientes estudados. Estes valores variaram de 4,5 a 8,5 minutos, o que fez com que fossem classificadas como de força média-fraca enquanto as do genótipo original apresentaram estabilidade superior a 10 minutos, indicativo de farinha de glúten forte, e, portanto, classificadas como farinhas fortes.

O tempo de desenvolvimento da massa (TDM) é definido como o tempo em minutos que a massa leva para atingir a linha das 500 Unidades Farinográficas ou seja, o ponto de máxima consistência. As farinhas são classificadas numa faixa que varia de muito fracas se o TDM for menor do que 2 minutos até muito fortes se o TDM for maior do que 10,1 minutos, de acordo com a tabela apresentada por Guarienti (1996). Desse modo, observou-se que as farinhas obtidas dos genótipos IAC 17 e IAC 17 M e BH 1146 e BH 1146 M foram classificadas como fracas (TDM $>2,0$ a 4,0 minutos) em todos os ambientes de produção. As farinhas referentes ao

genótipo IAC 24 produzido nos ambientes de Capão Bonito e Tietê foram classificadas como fracas, no entanto quando produzido no ambiente de Tatui a farinha foi classificada como sendo de média força-fracas. Já as farinhas obtidas do IAC 24 M apresentaram-se como sendo de força média-fracas em todos os ambientes de produção. As farinhas obtidas dos genótipos Anahuac M apresentaram-se classificadas como de força média-fracas no ambiente de Capão Bonito e fracas em Tietê e Tatui e as farinhas obtidas dos genótipos Anahuac foram classificadas como força média -fracas em Capão Bonito e Tietê e força média-forte em Tatui, indicando que dependendo do genótipo o ambiente pode afetar de maneira distinta o TDM.

O índice de tolerância à mistura (ITM) é calculado através da diferença, em unidades farinográficas, entre o topo da curva do pico e o topo da curva medido 5 minutos após atingido o pico máximo. O ITM indica a tolerância da massa durante a mistura, sendo que quanto maior essa diferença menor a tolerância à mistura.

A farinha obtida dos genótipos IAC 17 e IAC 17 M foram classificadas como farinhas fracas nos 3 ambientes de produção, não existindo diferenças entre o genótipo original e o mutante. Os genótipos Anahuac M e Anahuac e os genótipos BH 1146 M e BH 1146 produziram farinhas que também não apresentaram diferenças quanto a classificação em função do ambiente de produção, no entanto as farinhas referentes ao genótipo Anahuac M foram classificadas como de força média-forte e ao Anahuac como forte. Para o genótipo BH 1146 as farinhas referentes ao mutante foram classificadas como média força-forte enquanto àquelas referentes ao genótipo original como fracas. Quanto ao genótipos IAC 24 e IAC 24 M as farinhas foram classificadas como forte ou de força média-forte dependendo do ambiente de produção.

5. CONCLUSÕES

Nas condições ambientais em que foram cultivados os genótipos IAC 17, IAC 24, Anahuac, BH 1146 e seus respectivos mutantes IAC 17 M, IAC 24 M, Anahuac M, BH 1146 M, os resultados obtidos nesta pesquisa permitiram concluir que:

- a) A interação genótipo x ambiente afetou as características de qualidade dos grãos quanto ao peso do hectolitro, peso de mil grãos, dureza, teor de proteína, teor de cinza, teor de amido e índice de queda. Para cada genótipo as condições ambientais afetaram as características de qualidade de maneira distinta.
- b) Os genótipos mutantes, em geral, apresentaram menores valores de PH do que os genótipos originais.
- c) O genótipo BH 1146 M apresentou teor de proteína menor do que o BH 1146 e o Anahuac M apresentou maior teor de proteína que o original.
- d) As características físico-químicas e funcionais dos amidos isolados, diferiram entre os genótipos, dependendo do ambiente de produção.
- e) Existiu interação genótipo x ambiente para as características físico-químicas e características funcionais do amido. No entanto, esta variou dependendo do genótipo e da característica avaliada.
- f) Para as características de gelatinização do amido, avaliadas pelo DSC, observou-se que a T_o , T_p e T_c foram menos afetadas e a ΔH foi mais afetada pelo ambiente de produção para a maioria dos genótipos.
- g) Para as propriedades de pasta, medidas no RVA, a viscosidade máxima e a quebra de viscosidade (*breakdown*) foram afetadas pelo ambiente de produção para todos os genótipos avaliados

- h) Para as características físico-químicas e funcionais do amido, de uma maneira geral, os genótipos mutantes diferiram de seus respectivos originais, embora as variações observadas dependeram do genótipo e da característica avaliada.
- i) A existência da interação genótipo x ambiente nas características físico-químicas e características funcionais do amido avaliadas indicam que nos programas de melhoramento a seleção do trigo para as propriedades do amido, se realizados em um único ambiente de produção pode levar a resultados enganosos
- j) O rendimento da extração do amido dos grãos afetou a distribuição dos grânulos de amido em todas as faixas de tamanho avaliadas sugerindo que há necessidade de se melhorar o procedimento de extração ou fazer as avaliações da distribuição dos grânulos e das propriedades físico-químicas e funcionais em amostras da farinha em vez do amido para evitar a extração de amido e conseqüentemente a perda de grânulos.
- k) As diferenças entre os ambientes de produção dos grãos de trigo influenciaram o rendimento e a qualidade das farinhas obtidas, em relação às características físico-químicas e às propriedades de massa medidas no farinógrafo (absorção, estabilidade, TDM, ITM). A existência e magnitude das variações observadas foram dependentes do genótipo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**, 9 ed. St Paul, Minnesota, AACC, v.1 e 2, 1995
- BATEY, I.L.; CURTIN, B.M.; MOORE, S.A. Optimization of rapid-visco analyser test conditions for predicting Asian noodle quality. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.74, n.4, p. 497-501, 1997.
- BAYMA A. C. **Trigo**. Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola. Ministério da Agricultura. 1960. 443 p. (Estudos técnicos, nº 14).
- BEQUETE, R. K., Influence of variety and environment on wheat quality. **Bulletin of Association of Operative Millers**, p. 5443-5450, May, 1989.
- BETCHEL, D.B.; ZAYAS, I.; DEMPSTER, R.; WILSON, J.D. Size distribution of starch granules isolated from hard red winter and soft red winter wheats. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n.2, p. 238- 240, 1993.
- BETCHEL, D.B.; ZAYAS, I.; KALEIKAU, L.; POMERANZ, Y. Size distribution of wheat starch granules during endosperm development. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 67, n.1, p. 59-63, 1990.
- BILLIADERIS, C.G.; MAURICE, T.J. ; VOSE, J.R. Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry. **Journal of Food Science**, Local, v.45, n.6, p. 1669-1674, 1980.
- BLOKSMA, A. H. & BUSHUK, W. Rheology and chemistry of dough. In: Pomeranz, Y. **Wheat: Chemistry and Technology**. 3. ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988.vol. 2, p. 131-217.
- BLUMENTHAL, C.; BEKES, F.; GRAS, P. W.; BARLOW, E. W. R; WRIGLEY, C. W. Identification of wheat genotypes tolerant to the effects of heat stress on grain quality. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.72, n. 6, p.539-544, 1995.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Norma de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do trigo**. Porto Alegre: Emater/RS, 1994. 11p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos. Portaria nº.354, de 18 de julho de 1996. In. Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação. **Compêndio da legislação de alimentos**. São Paulo: ABIA, 2001 v.1A.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instruções Normativas n.1, de 27/01/99. **Diário Oficial da União**, Brasília,. n.20, p. 132-134, 29 jan., 1999. Seção 1.

- BRUSANTIN, R.C.V. **Composição protéica e qualidade tecnológica de trigos desenvolvidos no Estado de São Paulo** Piracicaba, 2000. 115p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- BUSHUK, W. Flour proteins: structure and functionality in dough and bread. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v.30 n.7 p. 447- 451. 1985.
- CAMARGO, C.E.O.; FELÍCIO, J.C.; ROCHA JUNIOR, L.S. Trigo: tolerância ao alumínio em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 2, p. 183 -190, 1987.
- CAMARGO, C.E.O. Controle genético da tolerância do trigo à toxicidade de alumínio em soluções nutritivas. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.2, p. 215-225, 1998.
- CAMARGO, C.E.O.; FELÍCIO, J.C.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; BARROS, B.C.; PEREIRA, J.C.V.N.; PETINELLI JUNIOR, A. Comportamento agrônomo de linhagens de trigo no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.1, p.35-44, 2001
- CAMARGO, C.E.O. Trigo. In: FURLANI, A.M.C.; VIÉGAS, G.P. (Eds). **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993, p.433-488.
- CAMARGO, C.E.O., FERREIRA FILHO, A.W.P. Tolerância ao alumínio e características agrônômicas em populações híbridas de trigo: estimativas de variância, herdabilidade e correlações. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.2 p. 449-457, 1999.
- CHANG, C.S. Measuring density and porosity of grain kernels using a gas pycnometer. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.65, n.1 p.13-15, 1988.
- CIACCO, C.F. & CHANG, Y.K. **Massas: tecnologia e qualidade**. São Paulo: Ícone/Campinas: Editora da Unicamp, 1986. 127p.
- COOKE, D.; GIDLEY, M.J. Loss of crystalline and molecular order during starch gelatinisation: origin of the enthalpic transition. **Carbohydrate Research**, New York, v. 227, n.6, p. 103 -112, 1992.
- CROSBIE, G.B. The relationship between starch swelling properties, paste viscosity and boiled noodle quality in wheat flours. **Journal of Cereal Science**, London, v.13, n.2, p.145-50, 1991.
- CROSBIE, G.B.; ROSS, A.S.; MORO, T.; CHIU, P.C. Starch and protein quality requirements of japanese alkaline noodles (ramen). **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.76, n.3, p.328-34, 1999.
- CUBADA, R. Evaluation of durum wheat, semolina, and pasta in Europe. In: FABRIANI, G.F.; LINTAS, C., ed., **Durum wheat: chemistry and technology**. Saint Paul: AACCC, 1988. cap.11, p.217 - 228.

- D'APPOLONIA, B.L. & GILLES, K.A. Effect of various starches in baking. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.48, n.6, p. 625-636, 1971
- DARLINGTON H.F.; TECSI, L.; HARRIS, N.; GRIGGS, D.L.; CANTRELL, I.C.; SHEWRY, P.R. Starch granule associated proteins in barley and wheat. **Journal of Cereal Science**, London, v.32, n.1, p. 21-29., 2000.
- DENGATE, H.N. & MEREDITH, P. Variation in size distribution of starch granules from wheat grain. **Journal of Cereal Science**, London, v.2, n.2, p.83-90, 1984a.
- DENGATE, H.N. & MEREDITH, P. Do cultivar, season and location of growth affect wheat starch pasting? **Starch**, Weinheim, v. 36, n.12, p. 419-25, 1984b.
- DENGATE, H.N. Swelling, pasting and gelling. In: POMERANZ, Y. **Advances in Cereal Science and Technology**, Saint Paul, American Association of Cereal Chemists, 1984, cap. 2, p. 49-82.
- DENNETT, K.; STERLING, C. Role of starch in bread formation. **Starch**, Weinheim, v.31, n.6, p. 209-213, 1979.
- DEXTER, J.E., MATSUO, R.R.; MARTIN, D.G. The relationship of durum wheat test weight to milling performance and spaghetti quality. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v.32, n.10, p. 772-77, 1987.
- DICK, J.W ; MATSUO, R.B. Durum wheat and pasta products In: Pomeranz, Y., ed. **Wheat chemistry and technology**. 3 ed, Saint Paul: AACC, 1988, vol 2 , p. 507-47.
- DONOVAN, J.W.; LORENZ, K.; KULP, K. Differential scanning calorimetric of heat moisture treated wheat and potato starch. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.60, n.5, p. 381-387, 1983.
- DUFFUS, C.M. & MURDOCH, S.M. Variation in starch granule size distribution and amylose content during wheat endosperm development. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.56, n.5, p.427-429, 1979.
- ELIASSON, A.C. Effect of water content on the gelatinization of wheat starch. **Starch**, Weinheim, v.32, n.8, p. 270-272, 1980.
- ELIASSON, A.C. & KARLSSON, R. Gelatinization properties of different size classes of wheat starch granules measured with differential scanning calorimetry. **Starch**, Weinheim, v. 35, n.4, p. 130-133, 1983.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA)
Recomendações da comissão centro sul brasileira de pesquisa de trigo para 1999. Dourados:Embrapa, 1999. 128p. (Documentos 1)
- EVERS, A.D. The size distribution among starch granules in wheat endosperm. **Starch**, Weinheim, v. 25, n.9, p.303-304, 1973.

- EVERS, A.D.; BLAKENEY, A.B.; BRIEN, L.O. Cereal structure and composition. **Australian Journal of Agriculture Research**, Collingwood, v. 50, p. 629-50, 1999.
- FELLET, P. & DEXTER, J.E. Quality requirements of durum wheat for semolina milling and pasta production. In: KRUGER, J.E.; MATSUO, R.B.; DICK, J.W. ed. **Pasta and noodle technology**. Saint Paul: AACC, 1996 p.95-131.
- FELÍCIO, J.C.; CAMARGO, C.E.O.; GERMANI, R.; GALLO, P.B.; CASTRO, J.L.; KANTHACK, R.A.D. Melhoramento genético do trigo:XXXII. Avaliação de novos genótipos derivados do IAC 24 quanto às características agronômicas e à qualidade tecnológica. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.1, p. 61-80, 1998a.
- FELÍCIO, J.C.; CAMARGO, C.E.O.; GERMANI, R.; MAGNO, C.P.R.S. Interação entre genótipo e ambiente na produtividade e na qualidade tecnológica dos grãos de trigo no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.1, p. 149-61, 1998b.
- FELÍCIO, J.C.; CAMARGO, C.E.O.; GERMANI, R.; FREITAS, J.G.; FERREIRA FILHO, A.W.P. Rendimento de grãos e qualidade tecnológica de genótipos de trigo em três zonas tritícolas do Estado de São Paulo no biênio 1994-95. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.1, p. 59-68, 2000.
- FELICIO, J.C.; CAMARGO, C.E.O.; GERMANI, R.; MAGNO, C.P.R.S.; FREITAS, J.G.; BORTOLETTO, N.; PETTINELLI JÚNIOR, A.; GALLO, P.B.; PEREIRA, J.C.V.N.A. Novos genótipos de *Triticum durum* L.: rendimento, adaptabilidade e qualidade tecnológica **Bragantia**, Campinas, v.58, n.1, p. 83-94, 1999.
- FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **AGRIANUAL 2001**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2001 p. 525-531: Trigo.
- FRANCO, C.M. L; WONG, K. S.; YOO, S.; JANE, J. Structural and Functional Characteristics of Selected Soft Wheat Starches **Cereal Chemistry**. v.79, n.2, p.243-48, 2002.
- FRANCO, C.M.L. & CIACCO, C.F. Factors that affect the enzymatic degradation of natural starch granules – effect of the size of the granules. **Starch**, Weinheim, v.44, n. 11 p. 422-426, 1992
- FREITAS, J.G.; CANTARELLA, H.; CAMARGO C.E.O., FERREIRA FILHO, A.W.P; FELICIO, J. C. PETTINELLI JR, A.; RAMOS, V.J. Efeito do calcário e do fósforo na produtividade de grãos e seus componentes nos cultivares de trigo. **Bragantia**, Campinas v.58, n.2 , p. 375-386, 1999.
- FRIZZONE, J.A.; MELLO-JUNIOR, A.V.; FOLEGATTI, M.V.; BOTREL, T.A. Efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p. 425-434, 1996.

- FUJITA, S.; IIDA, T.; FUJIYAMA, G. Relationship between gelatinizing temperature and enthalpy of starch from gramineous crops by differential scanning calorimetry. **Starch**, Weinheim, v. 44, n. 12, p. 456-461, 1992.
- GAINES C.S.; FINNEY, P.L.; ANDREWS, L.C. Influence of kernel size and shriveling on soft wheat milling and baking quality. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.74, n.6, p.700-704, 1997.
- GERMANI, R.; BENASSI, V.T.; CARVALHO, J.L.; WATANABE, E.; CAMPOS, J.E.; CARVALHO, C.W.P. **Curso de controle de qualidade tecnológica do grão e da farinha de trigo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 60p.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 14^a ed. Nobel: Piracicaba, 2000. 477p.
- GOTTSCHALD S.K.B. **Caracterização da qualidade de novos genótipos de trigo obtidos do cruzamento de um cultivar (*T. aestivum* L.) com uma linhagem de trigo duro (*T. durum* L.) (*T. durum* L.)**. Campinas, 1996. 96 p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos Campinas, Universidade de campinas.
- GUARIENTI, E.M. **Qualidade industrial de trigo**. 2. ed. Passo Fundo: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1996. 36p. (Documentos, 27).
- GUARIENTI, E.M. **Efeito de variáveis meteorológicas na qualidade industrial de trigo (*Triticum aestivum*)**. Campinas, 2001. 240p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas.
- GUERRA, A.F. & ANTONINI, J.C. Época de suspender as irrigações da cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.11, p.823-828, 1996.
- HALVERSEN, J.; ZELENY, L. Criteria of wheat quality. In: Pomeranz, Y. **Wheat: chemistry and technology**. 3. ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. vol. 1, p.15-45.
- HIRANO, J. Effects of rain in ripening period on the grain quality of wheat. **Japan Agricultural Research Quaterly**, Ibaraki, v.10, n.4, p.168-173, 1976.
- HOSENEY, R.C.; FINNEY, K.F.; POMERANZ, Y.; SHOGREN, M.D. Functional (breadmaking) and biochemical properties of whet flour components. VIII. **Starch**. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 48, n.2, p.191-201, 1971.
- HOSENEY, R.C.; LINEBACK, D. R.; SEIB, P.A. Role of starch in backed foods. **Bakers Digest**, Chicago, v.57, n. 4, p.65-71 , 1983.
- HOSENEY, R.C.; WADE, P.; FINLEY, J.W. Soft wheat products. In: POMERANZ, Y. **Wheat: chemistry and technology**. 3.ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. vol.2, p.407-56.

- HUEBNER-FR; BIETZ-J.A. Quantitative variation among gliadins of wheats grown in different environments. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.65, n.4, p. 362-366, 1988.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Norme internationale: Riz-détermination de la teneur em amylose**. s.l., 1987. 5p. (ISO 6647)
- JANE, J.; KASEMSUWAN, T.; CHEN, J. F. Phosphorus in rice and other starches. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 41, n. 11 , p. 827-832, 1996.
- JANE, J.; CHEN, Y.Y.; LEE, L.F.; McPHERSON, A.E.; WONGK, S.; RADOSAVLJEVIC, M.; KASEMSUWAN, T. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.76, n.5, p.629-37, 1999.
- JIA, Y.Q.; FABRE, J.L.; AUSSENAC, T. Effects of growing location on response of protein polymerization to increased nitrogen fertilization for the common wheat cultivar Soissons: relationship with some aspects of the breadmaking quality. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.73, n.5, p. 526-532, 1996.
- KALCKMANN, R.E. **Regiões de trigo no Brasil Pelotas** : Ibge, 1965
- KARLSSON, R.; OLERED, R.; ELIASSON, A.C. Changes in starch granule size distribution and starch gelatinization properties during development and maturation of wheat, barley and rye. **Starch**, Weinhein, v.35, n.10, p. 335-340, 1983.
- KASEMSUWAN, T.; JANE, J.; SCHNABLE, P. STINARD, P.; ROBERTSON, D. Characterization of dominant mutant amylose-extender (*Ae1-5180*) maize starch. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 72 ,n. 5 , p. 457-64, 1995.
- KENT, N.L. Chemical composition of cereal. In: KENT, N.L. **Technology of cereals with special reference to wheat**. Oxford: Pergamon Press, 1975. cap. 3, p.43-73.
- KIM, S.K. & D'APPOLONIA, B.L. The role of wheat flour constituents in bread staling. **Bakers Digest**, Chicago, v. 51, n.1, p. 38-42, 44, 57, 1977
- KONIK, C.M.; MISKELLY, D.M.; GRAS, P.W. Starch swelling power, grain hardness and protein: relationship to sensory properties of Japanese noodles. **Starch**, Weinhein, v.45, n.4, p. 139-44, 1993.
- KONIK, C.M.; MIKKELSEN, L.M.; MOSS, R.; GORE, P.J. Relationships between physical starch properties and yellow alkaline noodle quality, **Starch**, Weinhein, v.46, n.8, p. 292-299, 1994
- KOSMOLAK, F.G. Grinding time: a screening test for kernel hardness in wheat. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.58, n.2, p.415-20, 1978.

- KRUGER, J.E.; MATSUO, R.R. Comparison of alfa-amylase and simple sugar levels in sound and germinated durum wheat during pasta processing and spaghetti cooking. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.59, n.1, p. 26-31, 1982.
- KULP, K. Characteristics of small-granule starch of flour and wheat. **Cereal Chemistry**, Sain Paul, v. 50, n. 6, p. 666-679, 1973.
- LEACH, H.W.; McCOWEN, L.D.; SCHOCH, T. Structure of te starch granule. I. swelling and solubility patterns of various starch. **Cereal Chemistry**, Sain Paul, v. 36, n. 11(nov), p.534-544, 1959.
- LELIEVRE, J.; LORENZ, K.; MEREDITH, P.; BARUCH, D.W. Effects of starch granule size and protein content on breadmaing performance. **Starch**, Weinhein, v.39, n.10, p. 347-352, 1987.
- LINEBACK, D.R. & RASPER, V.F. Wheat carbohydrates In: POMERANZ, Y. **Wheat: chemistry and technology**. Saint Paul, American Association of Cereal Chemists, 1988. Cap 6, p. 277-372, v.1
- LINTAS, C. carbohydrates of durum wheat. In: LINTAS, C. **Durum wheat: chemistry and technology**. Saint Paul, American Association of Cereal Chemists, 1988. Cap. 6, p. 121- 138.
- LONEY, D.P.; JENKINS, L.D.; MEREDITH, P. The developing starch granule. II. The role of amylose and amylopectin in the amylograph pasting properties of flour and starch of developing and mature wheats of diverse genetic origins. **Starch**, Weinhein v.27,n.5, p. 145-151, 1975.
- LOPEZ-BELLIDO, L.; FUENTES, M.; CASTILLO, J.E.; LOPEZ-GARRIDO, F.J. Effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat grain quality grown under rainfed Mediterranean conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.57, n. 3, p.265-276, 1998.
- LUKOW,O.M.; MCVETTY,P.B.E. Effect of cultivar and environment on quality characteristics of spring wheat. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.68, n. 6, p. 597-601, 1991.
- MACRITCHIE, F. Physicochemical aspects of some problems in wheat research. **Advances in Cereal Science nad technology**, Saint Paul, American Association of Cereal Chemists, 1980. v.3, p.271-326,.
- MCDONALD, A.M.L. & STARK, J.R. A critical examination of procedures for the isolation of barley starch **Journal of the Institute of Brewing**, London, v. 94, n.2, p.125-132, 1988.
- MANDARINO, J.M.G. **Aspectos importantes para qualidade do trigo**. Londrina: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de soja, 1993. 32p. (Documentos, 60).

- MANDARINO, J.M.G. **Componentes do trigo**: características físico-químicas, funcionais e tecnológicas. Londrina: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de soja, 1994. 36p. (Documentos, 75)
- MANNERS, D.J. Some aspects of structure of starch. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v.30, n.7, p.461-467, 1985.
- MATTERN, P.J. Wheat. In: LORENZ, K.L. & KULP, K. (Eds.). **Handbook of Cereal Science and Technology**. 1991. Cap 1: p. 1-53,
- McCORMICK, K.M.; PANOZZO, J.F.; HONG, S.H. A swelling power test for selecting potential noodle quality wheats. **Australian Journal of Agriculture Research**, Collingwood, v. 42, , p. 317-323, 1991.
- MEDCALFL, D.G.; GILLES, K.A. Wheat starches I: comparison of physicochemical properties, **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 42, n.6, p. 558-568, 1965.
- MELLADO, Z.; MALDONADO, I.; GRANGER, Z.D. Efecto de la lluvia, posterior a la madurez de cosecha, sobre el grano de trigo. **Agricultura Tecnica**, Santiago, v.45, n.3, p.247-251, 1985.
- MEREDITH, P. Large and small starch granules in wheat – are they really different? **Starch**, Weinheim, v. 33, n.2, p. 40-44, 1981.
- MILLER, D.L. Industrial uses of flour. In: INGLETT, G.E. ed., **Wheat: production and utilization**. AviPubl. Co., Westport. 1974 p. 398-411.
- MIURA, H.; TANII, S. Endosperm starch properties in several wheat cultivars preferred for Japanese noodles. **Euphytica** (Netherlands). v. 72, n.3, p. 171-175, 1994.
- MORRISON, W.R.; TESTER, R.F.; SNAPE, C.E.; LAW, R.; GIDLEY, M.J. Swelling and gelatinization of cereal starches, IV: some effects of lipid-complexed amylose and free amylose in waxy and normal barley starches. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.70, n.4, p.385-391, 1993.
- MORRISON, W.R. & SCOTT, D.C. Measurement of the dimensions of wheat starch granule populations using a coulter counter with 100-channel analyser. **Journal of Cereal Science**. London, v.4, n.1, p. 13-21, 1986.
- MORRISON, W.R. Starch lipids and how they relate to starch granule structure and functionality. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v.40, n.6, p.437-446, 1995.
- MORRISON, W.R. & LAIGNELET, B. An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. **Journal of Cereal Science**, London, v.1, n.1, p. 9-20, 1983.
- MORRISON, W.R. Starch lipids and how they relate to starch granule structure and functionality. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v.40, n.6, p. 437- 446, 1995.

- MORRISON, W.R. Lipids in cereal starches: a review. **Journal of Cereal Science**. London v.1, n.8, p.1-15, 1988.
- MORRISON, W.R. Uniqueness of wheat starch. In: POMERANZ, Y. **Wheat is Unique: structure, composition, processing, end-use properties, and products**, Saint Paul, American Association of Cereal Chemists, 1989, cap.12, p. 193-214.
- MOSS, H.J. & MISKELLY, D.M. Variation in starch quality in Australian flour. **Food Technology in Australia**, Sydney, v. 36, n.2, p. 90-91, 1984.
- MOSS, H.J.; DERERA, N.F.; BALAAM, L.N. Effect of pre-harvest rain on germination in the ear and α -amylase activity of Australian wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 23, n.5, 769-777, 1972.
- MOSS, H.J. Flour paste viscosities of some Australian wheats **Journal of Science and Food Agriculture**, London, v.18, dez, p.610-612 1967
- MOTA, F.S. Clima e Zoneamento para triticultura no Brasil In: OSÓRIO, E. (ed) **Trigo no Brasil**, Fundação Cargill, 1982, cap. 2, p.27-61.
- NEWPORT SCIENTIFIC. **Operation manual for series 4: Instructions Manual**. Warriewood, Australia, 1998. 123p. (catálogo).
- PEDROLLO, I. Interpretação dos resultados de análises de farinha de trigo e consequência em sua utilização. In: **SEMINÁRIO "DESMITIFICANDO A QUALIDADE DE TRIGO NO BRASIL"**. Londrina, 1999. Londrina. ACP Agribusiness, Consultoria e Planejamento S/C Ltda, 1999. 1v.
- PERTEN, H. Application of falling number method for evaluating alpha-amylase activity. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.41, n3, p.127-140, 1964.
- PETERSEN, D.G. & FULCHER, R.G. Variation in Minnesota HRS wheats: starch granule size distribution. **Food Research International**, London, v.34, n.4, p. 357-363, 2001.
- PETERSON, C.J.; JOHNSON, V.A.; MATTERN, P.J. Influence of cultivar and environment on mineral and protein concentrations of wheat flour, bran and grain. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.63, n3, p.183-186, 1986.
- PIROZI, M.R. **Avaliação da qualidade tecnológica das variedades de trigo (*Triticum aestivum*) durante o armazenamento**. Lavras, 1995. 149 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras
- PIZZINATO, A. **Qualidade da farinha de trigo: conceitos, fatores determinantes, parâmetros de avaliação e controle**. Campinas: ITAL, 1997, 62 p.
- POMERANZ, Y. Grain Quality. In: POMERANZ, Y. **Modern cereal science and technology**. New York:VHC, 1987. cap. 7, p.72-145
- POMERANZ, Y. & WILLIAN P.C. Advances in cereal Science and technology). Wheat hardness: its genetic, structural and biochemical background,

- measurement and significance In POMERANZ, Y. **Advances in cereal science and technology**. Saint Paul, American Association of Cereal Chemists, 1990. v.10, p.471-554
- POORE, M.H.; MOORE, J.A.; SWINGLE T.P.; BROWN, W.H. Wheat straw or alfafa in diets with 30% neutral detergent fiber for lactating holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n.9, p.3152-59, 1991.
- PUZZI, D. Padronização de cereais, grãos leguminosos e café. In PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. cap. 22, p.573-580.
- RAEKER, M.O.; GAINES, C.S.; FINNEY, P.L.; DONELSON, T. Granule size distribution and chemical composition of starches from 12 soft wheat cultivars. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.75, n.5, p. 721-728, 1998.
- RAHMAN,S; LI, Z.; BATEY, I.; COCHRANE, M.P.; APPELS, R. MORELL, M. genetic alteration of starch functionality in wheat. **Journal of Cereal Science**. London, v. 31, n.1, p. 91-110, 2000.
- RAIJ, B., van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônômico, Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).
- RASPER, V.F. Quality evaluation of cereals and cereal products. In: LORENZ, K.J. & KULP, K., ed. **Handbook of Cereal Science and Technology**. New York:Marcel Dekker, 1991. cap. 15, p. 595-638.
- RAVI, R.; MANOHAR, R.S.; RAO, P.H. U se of rapid visco analyser (RVA) for measuring the pasting characteristics of wheat flour as influenced by additives. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 79, n. 12, p.1571-1576, 1999.
- ROSA , O.S. & ROSA FILHO, O. Trigo brasileiro: acredite nessa idéia. **Correio Agrícola Bayer**, São Paulo, v.1, p.8-12, 1998.
- SAHLSTROM, S.; BRATHEN, E.; LEA, P.; AUTIO, K. Influence of starch granule size distribution on bread characteristics. **Journal of Cereal Science**, London, v.2, n. 2, p. 157-164, 1998.
- SANDERS, E.B.;THOMPSON, D.B.; BOYER, C.D. Thermal behavior during gelatinization and amylopectin fine structure for selected maize genotypes as expressed in four inbred lines. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.67, n.6, p. 594-602, 1990.
- SARRUGE, J.R.& HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, ESALQ, 1974, p.56.
- SASAKI, T.; YASUI, T.; MATSUKI, J. Effect of amylose content on gelatinization, retrogradation, and pasting properties of starches from waxy and nonwaxy

- wheat and their F1 seeds. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.77, n.1,p. 58-63, 2000.
- SCALCO, M.S. **Características agronômicas e de qualidade industrial do trigo sob irrigação e adubação nitrogenada**. Lavras 2000. 143 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras.
- SCHOCH, T.J. Swelling power and solubility of granular. In: WHISTLER, R.L.; SMITH, R.J.; BEMILLER, J.N; WOLFROM, M.L. **Methods in carbohydrate chemistry**. New York: Academic Press, 1964. vol. 4, p. 106-108.
- SEBECIC, B. I. & SEBECIC, B. Wheat flour starch granule-size distribution and rheological properties of dough. part 2. extensographic measurements. **Nahrung**, Weinheim, v. 39, n.2, p. 117-123, 1995.
- SEBECIC, B. I. & SEBECIC, B. Wheat flour starch granule-size distribution and rheological properties of dough. Part 3. Amylographic measurements. **Nahrung**, Weinheim, v.40, n.4, p.209-12, 1996a.
- SEBECIC, B. I. & SEBECIC, B. Wheat flour starch granule-size distribution and rheological properties of dough. Part 4. farinographic measurements. **Nahrung**, Weinheim, v.40, n.5, p.256-60, 1996b.
- SHELLENBERGER, J.A. Advances in milling technology. **Advances in cereal science and technology**. Saint Paul, American Association of Cereal Chemists, 1980. v.3, cap. 6, p.227-270.
- SHELTON, D.R. & D'APPOLONIA, B.L.. Carbohydrate functionality in the baking process. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v.30, n.7, p. 437-42, 1985.
- SHI, Y.; SEIB, P.A; BERNARDIN, J.E. Effects of temperature during grain-filling on starches from six wheat cultivars. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 71, n.4, p. 369-83, 1994.
- SHIBANUMA, Y.; TAKEDA, Y.; HIZUKURI, S. Molecular and pasting properties of some wheat starches. **Carbohydrate Polymers**. v. 29, n. 4, p. 253-261, 1996.
- SILVA, E.M.; LUCHIARI JUNIOR, A.; GUERRA, A.F.; GOMIDE, R.L. Recomendações sobre o manejo de irrigação em trigo para a região dos cerrados. In: Reunião da Comissão Norte Brasileira de Pesquisa de Trigo, 10. Campinas, 1984. **Anais**. Brasília, EMBRAPA-CNPAC, 1984. 60p.
- SOULAKA, A.B. & MORRISON, W.R. The amylose and lipid contents, dimensions, and gelatinisation characteristics of some wheat starches and their A-and B granule fractions. **Journal of Science of Food Agriculture**, London, v.36,n.8, p.709-18, 1985a.
- SOULAKA, A.B. & MORRISON, W.R. The bread baking quality of six wheat starches differing in composition and physical properties. **Journal of Science of Food Agriculture**, London, v.36, n.8, p.719-27, 1985b.

- TESTER, R.F.; SOUTH, J.B.; MORRISON, W.R.; ELLIS, R.H. The effects of ambient temperature during the grain-filling period on the composition and properties of starch from barley genotypes. **Journal of Cereal Science**, London, v.13, n.2, p. 113-127, 1991.
- TESTER, R.F. & MORRISON, W.R. Swelling and gelatinization of cereal starches. I – effects of amylopectin, amylose and lipids. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.67, n.6, p.551-557, 1990.
- TESTER, R.F.; MORRISON, W.R.; ELLIS, R.H.; PIGGOTT, J.R.; BATTS, G.R.; WHEELER, T.R.; MORISON, J.I.L.; HADLEY, P.; LEDWARD, D.A. Effects of elevated growth temperature and carbon dioxide levels on some physicochemical properties of wheat starch. **Journal of Cereal Science**, London, v. 22, n.1, p. 63-71, 1995.
- TIPPLES, K.H.; MEREDITH, J.O.; HOLAS, J. Factors affecting farinograph and baking absorption. II. Relative influence of flour components. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 55, n.5, p. 652-660, 1978.
- WOOTTON, M. & KENSINGTON, A. Application of differential scanning calorimetry to starch gelatinization. **Starch**, Weinheim, v.31, n.8, p.262-264, 1979
- YUN, S. & QUAIL, K. RVA pasting properties of Australian wheat starches. **Starch**, Weinheim, v.51, n.8-9, p.274-280, 1999.
- ZENG, M.; MORRIS, C.F.; BATEY, I.L.; WRIGLEY, C.W. Sources of variation for starch gelatinization, pasting, and gelation properties in wheat. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.74, n.1, p. 63-71, 1997.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **Sanest**: sistema para análise estatística em microcomputadores. Pelotas, UPELI, 1991, 102p.

Errata

1. Página 3 (verificar o efeito da interação genótipo X ambiente **na qualidade tecnológica** (grãos e farinhas...), leia-se (verificar o efeito da interação genótipo X ambiente **sobre alguns parâmetro de qualidade dos grãos e farinhas**)
2. Página 13 (primeiro parágrafo - favorece **alto o teor** de proteína), leia-se (favorece **o alto teor** de proteína)
3. Página 20 (primeiro parágrafo - Além disso, quanto maior a quantidade **de grãos** grandes menor a maciez da massa), leia-se (Além disso, quanto maior a quantidade **de grânulos** grandes menor a maciez da massa).
4. Página 25. (primeiro parágrafo- o volume do pão e a firmeza inicial da crosta **estão inversamente relacionadas** com a temperatura de gelatinização do amido de trigo), leia-se (o volume do pão e a firmeza inicial da crosta **estão correlacionadas** com a temperatura de gelatinização do amido de trigo).
5. Página 26 (quarta linha - o que elevou a temperatura de gelatinização **e também o poder de inchamento**), leia-se (o que elevou a temperatura de gelatinização **e diminuiu o poder de inchamento**)
6. Página 51 na Tabela 9 (dados referentes ao IAC 17M: 77,17 **A c**; 79,32 **B b** 75,98 **b**) leia-se, (77,17 **B c**; 79,32 **A b**; 75,98 **C b**) e (para os valores referentes ao ambiente de Tatui: 75,98 **b**; 76,22 **B b**; 72,92 **C d**; 73,09 **d**; 71,67 **e**; 78,23 **a**; 74,45 **c**; 70,34 **f**) leia-se, (75,98 **C b**; 76,22 **B b**; 72,92 **C d**; 73,09 **C d**; 71,67 **C e**; 78,23 **C a**; 74,45 **C c**; 70,34 **C f**).
7. Página 72 (segundo parágrafo – quanto ao teor **de fósfo**), leia-se (quanto ao teor **de fósforo**).
8. Página 77 (no último parágrafo – com o teor de AM_i e **negativamente**), leia-se (com o teor de AM_i e **negativamente com o teor de ΔAM_L**)
9. Página 98 (segundo parágrafo - A variação na proporção de lipídeos complexados com amilose e **lipídeo livre de amilose**), leia-se (A variação na proporção de lipídeos complexados com amilose e **amilose livre de lipídeos**).
10. Página 108 (segundo parágrafo – (Tabela 3), leia-se (**Tabela 38**)).
11. Página 108 (segundo parágrafo – dentre os genótipos, o **IAC 17**), leia-se (dentre os genótipos, o **IAC 17M**).
12. Página 115 (segundo parágrafo - Constatou-se uma tendência de menor rendimento em Tatui, com exceção **do genótipo Anahuac**) leia-se (Constatou-se uma tendência de menor rendimento em Tatui, com exceção **dos genótipos IAC 24 e IAC 24M**).