



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de São José do Rio Preto

Mariana Souza Costa

**Avaliação da qualidade industrial de linhagens de trigo por
meio de métodos físico-químicos, reológicos e de
panificação**

São José do Rio Preto
2013

Mariana Souza Costa

Avaliação da qualidade industrial de linhagens de trigo por meio de métodos físico-químicos, reológicos e de panificação

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração de Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Célia Maria Landi Franco

Co-orientadora: Dr^a. Maria Brígida dos Santos Scholz

São José do Rio Preto
2013

Costa, Mariana Souza.

Avaliação da qualidade industrial de linhagens de trigo por meio de métodos físico-químicos, reológicos e de panificação / Mariana Souza Costa. - São José do Rio Preto: [s.n.], 2013.

150 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Célia Maria Landi Franco

Co-orientadora: Maria Brígida dos Santos Scholz

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Tecnologia de alimentos. 2. Cereais – Qualidade trigo. 3. Panificação I. Franco, Célia Maria Landi. II. Scholz, Maria Brígida dos Santos. III. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. IV. Título.

CDU – 664.6

Mariana Souza Costa

**Avaliação da qualidade industrial de linhagens de trigo por
meio de métodos físico-químicos, reológicos e de
panificação**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração de Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Célia Maria Landi Franco
UNESP – São José do Rio Preto – S. P.
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Maria Victória Eiras Grossmann
UEL – Londrina – P.R.

Prof. Dr. José Francisco Lopes Filho
UNESP – São José do Rio Preto – S. P.

São José do Rio Preto
Abril de 2013

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar.

Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

(Madre Teresa de Calcuta)

Dedico este trabalho...

À Deus, à minha família e aos meus amigos
pela cumplicidade e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço este trabalho primeiramente a Deus, pois sem Ele, nada seria possível.

À professora Dr^a. Célia Maria Landi Franco, pelo seu esforço e dedicação para passar todos os seus conhecimentos. E, principalmente pelo seu exemplo de caráter e profissionalismo.

A minha co-orientadora Dr^a. Maria Brígida dos Santos Scholz pela amizade e orientação no desenvolvimento do projeto.

Ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) e a toda equipe do Programa de Cereais de Inverno, da Área Melhoramento Genético Vegetal e da Área de Fisiologia Vegetal, em especial ao Dr. Deoclécio Domingos Garbuglio e Dr. Luiz Aberto Cogrossi Campos pela disponibilização das amostras e, aos técnicos Isabel, Cíntia, Ovídio e Benedita pela dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento e Pesquisa – CNPq – pela disponibilização de bolsa ao Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos.

Aos professores e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos.

Aos técnicos Alana, Jesuíno, Luiz, Ginaldo e Newton, pelo convívio diário e auxílio nas dificuldades do laboratório.

A Embrapa Trigo pela análise de dureza do grão, teor de amido danificado e cor da farinha.

A pesquisadora da Embrapa Trigo Dr^a. Martha Z. de Miranda pela disponibilidade do laboratório de qualidade dos grãos e pelas consultas no desenvolvimento do trabalho.

À Professora Dr^a. Maria Victória Eiras Grossmann e ao professor Dr. José Francisco Lopes Filho, pela dedicação e pelas sugestões durante o exame geral de qualificação.

Aos meus pais, José Benedito e Vera Lúcia e aos meus irmãos, Luciana e Guilherme, por todo amor e dedicação.

À minha irmã de coração Marina pela amizade, carinho, paciência, respeito, compreensão e, principalmente, por estar sempre ajudando nas horas mais difíceis e dando apoio para conquistar meus objetivos.

Aos meus amigos, que foram minha família nesta longa caminhada: Ana Karla, Vivian, Aline, Juliana, Ana Beatriz, Vinicius, Luana, Guilherme, Monique, André, Otávio, Jaqueline e Thaísa por estarem sempre ao meu lado, em todos os momentos, dando força para superar as dificuldades e incentivo para realizar um sonho.

Por fim, agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste projeto.

RESUMO

A identificação das propriedades funcionais de farinhas de trigo através de testes específicos possibilita selecionar genótipos de trigo com características adequadas a cada uso industrial. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade tecnológica de dezesseis genótipos de trigo correlacionando as subunidades de gluteninas de alto e baixo peso molecular (HWS-GS e LWS-GS) e as subunidades de gliadinas com a cor, teor de amido danificado, taxa de extração de farinhas, testes das características físico-químicas do grão e com as propriedades físico-químicas, reológicas e de panificação da farinha. Nos grãos, o conteúdo protéico (CP), volume de sedimentação (SDS-VS), índice de sedimentação ($IS = SDS-VS / CP$), número de queda (NQ), peso hectolitro (PH), peso de mil sementes (PMS) e índice de dureza (ID) foram analisados. Testes farinográficos, extensográficos, e viscoamilográficos foram realizados nas farinhas além dos testes de panificação. As subunidades de gluteninas e de gliadinas foram separadas usando SDS-PAGE e para cada HMW-GS foram calculados escores de 1 a 4, sendo o escore total (ET) mínimo de 4 e máximo de 10 para cada genótipo. Os amidos isolados dos diferentes genótipos de trigo foram analisados quanto ao teor de fósforo, lisofosfolídeos (LPL), teor de amilose, propriedades térmicas e propriedades de pasta. Os dados foram submetidos à análise de variância, correlação de Pearson, análise de componentes principais e análise de cluster. Entre as amostras, o CP variou de 13,7 a 17,9 %, o SDS-VS de 8,3 a 14,6 mL e o IS de 0,58 a 1,01, sendo que estes dois últimos parâmetros mostraram forte correlação ($r = 0,83$) entre si. Os alelos 2* no Glu-A1 (43,8%), 7+9 no Glu-B1 (50,0%) e 5+10 no Glu-D1 (81,3%) foram os mais frequentes nas HMW-GS e em função disso os ET mais frequentes foram 9 e 10, mostrando correlação positiva com SDS-VS ($r = 0,52$), IS ($r = 0,51$) e PMS ($r = 0,51$). O alelo c do Glu-A3 (56,3%) foi o mais frequente nas LMW-GS e o alelo b (33,3%) nas subunidades de gliadina. As linhagens T 091099, T 091033, T 091056 e a cultivar IAPAR 78 apresentaram translocação de centeio do tipo 1B/1R. Os genótipos IPR 85, IPR Catuara TM, T 091015 e T 091069 que apresentaram em sua constituição os alelos 1 (Glu-A1), 5 + 10 (Glu-D1), c (Glu-A3) e b (Glu-B3), com exceção do genótipo T 091069, que apresentou o alelo g em vez do b no Glu-B3 se destacaram dos demais, evidenciando possível superioridade na qualidade dos

grãos, os quais apresentaram maior SDS-VS, IS e PMS e produziram farinhas com maior força de glúten e pães com maior volume específico e menor firmeza. Os genótipos T 091006, T 091008, T 091033 e T 091031 produziram farinhas mais extensíveis e pães com menor volume específico e os genótipos T 091056, T 091028 e IAPAR 78 produziram pães mais firmes e com coloração do miolo mais amarelada. Os amidos isolados dos diferentes genótipos de trigo tiveram 0,567 a 0,876% de LPL e 26,57 a 35,35 % de amilose aparente. As propriedades de pasta foram influenciadas pelo LPL e a temperatura de pasta e o *setback* se correlacionaram positivamente com o ID dos grãos. As temperaturas de pico de gelatinização variaram de 58,29 a 61,00 °C e as entalpias de 8,27 a 11,38 J/g. Não houve qualquer correlação entre o teor de amilose dos grãos e suas propriedades de pasta ou térmicas.

Palavras-chaves: Trigo; qualidade industrial, HWS-GS, LWS-GS, testes reológicos testes físico-químicos; amido.

ABSTRACT

Identification of functional properties of wheat flour by specific tests allows the selection of genotypes with appropriate characteristics for specific industrial uses. The aim of this study was to evaluate the technical quality of sixteen wheat genotypes by correlating both glutenin subunits of high and low molecular weight (LWS and HWS-GS-GS) and gliadins subunits with color, damaged starch, rate extraction flours, testing of the physicochemical characteristics of the grain and the physicochemical, rheological and baking flour. In grains, protein content (PC), sedimentation volume (SDS-SV), sedimentation index ($SI = SV / PC$), falling number (FN), hectolitre weight (HW), mass of 1000 seeds (MTS) and hardness index (HI) were analyzed. Farinography, extensography and viscoamylography were performed in addition to the flour baking tests. The glutenin and gliadins subunits were separated using SDS-PAGE and for each HMW-GS scores between 1 and 4 were calculated, with a minimum total score (TS) of 4 and a maximum TS of 10, for each genotype. Starches isolated from different wheat genotypes were analyzed for phosphorus, lysophospholipids (LPL), amylose content, thermal and pasting properties. The data were evaluated using variance analysis, Pearson's correlation, principal component analysis, and cluster analysis. Among the samples, PC ranged from 13.7 to 17.9%, SDS-SV, from 8.3 to 14.6 mL and SI from 0.58 to 1.01, with the latter two parameters showing a strong correlation ($r = 0.83$) between them. The alleles 2* at Glu-A1 (43.8%), 7 +9 at Glu-B1 (50.0%) and 5 +10 at Glu-D1 (81.3%) showed more frequency in HMW-GS and due to this the most frequent TS were 9 and 10, showing a positive correlation with SDS-SV ($r = 0.52$), SI ($r = 0.51$) and MTS ($r = 0.51$). The allele c of Glu-A3 (56.3%) was the most frequent in LMW-GS and allele b (33.3%), in the subunits of gliadin. Lines T 091099, T 091033, T 091056 and IAPAR 78 showed translocation rye type 1B/1R. The genotypes IPR 85, IPR Catuara TM, T 091015 and T 091069 that presented in its constitution, the alleles 1 (Glu-A1) 5+10 (Glu-D1), c (Glu-A3) and b (Glu-B3), with the exception, of genotype T 091069, which presented the allele g instead of b at Glu-B3, differentiated from others, indicating a possible superiority in grain quality, which had higher SDS-SV, SI and MTS, flours with greater strength gluten, and breads with high specific volume and lower firmness. Genotypes T 091006, T 091008, T 091033 and T 091031 produced

more extensible flours and breads with lower specific volume. Whereas the genotypes T 091056, T 091028 and IAPAR 78 produced firmer loaves and more yellowish color of the crumb. Starches isolated from different wheat genotypes presented 0.567 to 0.876% of LPL and 26.57 to 35.35% of apparent amylose. The pasting properties were influenced by LPL and pasting temperature and the setback was positively correlated with the HI of the grain. The gelatinization peak temperatures ranged from 58.29 to 61.00 °C and the enthalpies, from 8.27 to 11.38 J/g. There was no correlation between amylose content and the pasting or thermal properties of the grains.

Keywords: *Wheat, industrial quality, HWS-GS, LWS-GS, rheological tests; physicochemical tests; starch.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	22
2 OBJETIVOS	24
2.1 OBJETIVOS GERAIS	24
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
3.1 TRIGO	25
3.2 ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DO TRIGO	26
3.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO GRÃO E DA FARINHA	28
3.3.1 Umidade	28
3.3.2 Lipídeos	29
3.3.3 Minerais e vitaminas	29
3.3.4 Amido	30
3.3.4.1 Propriedades de pasta	35
3.3.4.2 Propriedades térmicas	37
3.3.5 Proteína	38
3.4 CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO TRIGO	43
3.4.1 Peso hectolitro	44
3.4.2 Peso de mil sementes	45
3.4.3 Número de queda	46
3.4.4 Sedimentação	46
3.4.5 Moagem do trigo	47
3.4.6 Propriedades reológicas da farinha	48
3.4.6.1 Farinografia	50
3.4.6.2 Extensografia	50
3.5 QUALIDADE TECNOLÓGICA DA PANIFICAÇÃO	51
4 MATERIAIS E MÉTODOS	53
4.1 MATERIAL	53
4.2 MÉTODOS	56
4.2.1 Propriedades físicas dos grãos de trigo	56
4.2.1.1 Peso de mil sementes	56
4.2.1.2 Peso hectolitro	56

4.2.1.3 Índice de dureza dos grãos de trigo	56
4.2.2 Avaliação da qualidade dos grãos de trigo	57
4.2.2.1 Teor de umidade	57
4.2.2.2 Conteúdo de proteína	57
4.2.2.3 Número de queda	58
4.2.2.4 Sedimentação	58
4.2.3 Condicionamento dos grãos para a moagem experimental	58
4.2.4 Moagem experimental	58
4.2.5 Propriedades físico-química da farinha de trigo	59
4.2.5.1 Teor de umidade	59
4.2.5.2 Conteúdo de proteína	59
4.2.5.3 Número de queda	59
4.2.5.4 Teor de amido danificado	59
4.2.5.5 Coloração da farinha	60
4.2.5.6 Capacidade de retenção do solvente	60
4.2.6 Propriedades reológicas da farinha de trigo	60
4.2.6.1 Farinografia	60
4.2.6.2 Extensógrafo	61
4.2.7 Propriedades de panificação	61
4.2.8 Avaliação tecnológica da massa e do pão	62
4.2.8.1 Volume da massa	62
4.2.8.2 Volume específico do pão	62
4.2.8.3 Firmeza dos pães	62
4.2.8.4 Coloração da crosta e do miolo do pão	63
4.2.9 Determinação das subunidades protéicas por eletroforese	63
4.2.10 Isolamento do amido de trigo	64
4.2.11 Análises físico-químicas e propriedades do amido isolado	65
4.2.11.1 Teor de fósforo e lisofosfolípídeos	65
4.2.11.2 Afinidade por iodo, teor de amilose aparente e amilose complexada com lipídeos	66
4.2.11.3 Propriedades de pasta	66
4.2.11.4 Propriedades térmicas	67
4.2.12 Análise estatística	67

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS GRÃOS DE TRIGO	68
5.1.1 Peso de mil sementes	68
5.1.2 Peso hectolitro.....	70
5.1.3 Índice de dureza do grão	72
5.1.4 Umidade	73
5.1.5 Proteína	75
5.1.6 Número de queda	76
5.1.7 Volume de sedimentação e índice de sedimentação	76
5.2 EXTRAÇÃO DA FARINHA DE TRIGO.....	77
5.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E REOLÓGICA DA FARINHA DE TRIGO	79
5.3.1 Umidade	79
5.3.2 Proteína	80
5.3.3 Número de queda	81
5.3.4 Teor de amido danificado	82
5.3.5 Cor da farinha	83
5.3.6 Capacidade de retenção do solvente da farinha	86
5.3.7 Farinografia	88
5.3.8 Extensógrafo	91
5.3.9 Avaliação tecnológica da massa e do pão.....	95
5.3.9.1 Volume da massa do pão.....	95
5.3.9.2 Volume específico do pão	96
5.3.9.3 Firmeza dos pães.....	98
5.3.9.4 Cor da crosta e do miolo.....	99
5.4 COMPOSIÇÃO DAS HMW-GS E LMW-GS E DAS SUBUNIDADES DE GLIADINAS.....	102
5.4.1 Efeitos das diferentes HMW-GS e LMW-GS e as subunidades de gliadinas nos parâmetros de qualidade do grão.....	106
5.4.1.1 Análise de componentes principais e análise de cluster.....	109
5.4.2 Efeitos das diferentes HMW-GS e LMW-GS e as subunidades de gliadinas nos parâmetros de qualidade da farinha de trigo.....	112
5.4.2.1 Análise de componentes principais e análise de cluster.....	114

5.4.3 Efeitos das diferentes HMW-GS e LMW-GS e as subunidades de gliadinas nas características reológicas da farinha e nos parâmetros de qualidade do pão.....	117
5.4.3.1 Análise de componentes principais e análise de cluster.....	118
5.5 CARACTERIZAÇÃO DOS AMIDOS DE TRIGO	121
5.5.1 Teor de fósforo e lisofosfolípídeo	121
5.5.2 Afinidade por iodo, teor de amilose aparente e teor de amilose complexada com lipídeos.....	122
5.4.3 Propriedades de pasta	124
5.4.4 Propriedades térmicas	127
6 CONCLUSÃO.....	132
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	133

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do grão de trigo (HOSENEY, 1991)	27
Figura 2 – Estrutura química da amilose (CORREDINI et al., 2005)	31
Figura 3 – Estrutura química da amilopectina (CORRADINI et al., 2005)	32
Figura 4 – A) Classificação das cadeias da amilopectina em tipo A, B e C. B) Estrutura da amilopectina formando as regiões amorfas e cristalinas do grânulo de amido. C) Modelo da estrutura interna do grânulo de amido com a visualização dos anéis de crescimento e hilum. Adaptados de Parker e Ring (2001)	33
Figura 5 - Classificação das proteínas do glúten. Adaptados de Shewry e Tatham (1990)	40
Figura 6 – Localização dos genes que codificam as subunidades de gluteninas e gliadinas de trigos. Adaptado de Macritchie e Lafiandra (1997)	41
Figura 7 – Dados de precipitação pluvial e de temperatura média	53
Figura 8 – Características internas e externas dos pães dos diferentes genótipos..	98
Figura 9 – Perfil eletroforético das HMW-GS e LMW-GS avaliadas por SDS-PAGE. (1) T 091028, (2) T 091015, (3) T 091031, (4) T 091008, (5) T 091088, (6) T 091027, (7) LD 101108, (8) T 091056, (9) T 0910169, (10) T 091033, (11) T 081099, (12) T 091006, (13) IPR Catuará TM, (14) IPR 85, (15) IPR 130 e (16) IAPAR 78	103
Figura 10 – Perfil eletroforético das subunidades de gliadinas avaliadas por SDS-PAGE. (P1) padrão da subunidade <i>h</i> , (1) T 091028, (2) T 091008, (3) T 091088, (P2) padrão da subunidade <i>f</i> , (4) T 091069, (5) T 091006, (6) IAPAR 78, (7) T 091033, (8) T 081099, (9) IPR 85, (10) T 091015, (11) T 091031, (12) IPR Catuará TM, (P3) padrão da subunidade <i>i</i> , (13) T 091027, (14) LD 101108, (P4) padrão da subunidade <i>e</i> e a presença da translocação do tipo 1A/1R, (15) IPR 130 e (16) T 0910156	103
Figura 11 – Análise de Componentes Principais da caracterização físico-química dos grãos de trigo e as HMW-GS de 16 genótipos de trigo.▲Variáveis: CP: conteúdo protéico. VS: volume de sedimentação. PMS: peso de mil sementes. PH: peso hectolitro. ET: escore total.●Genótipos.....	110
Figura 12 – Dendrograma resultante da análise de 16 genótipos de trigo com base nos parâmetros físico-químicos dos grãos e na avaliação das HMW-GS e LMW-GS e das subunidades de gliadinas. Grupo I: T 091008, T 081099, T 091006 e IPAR 130. Grupo II: T 091056, LD 101108, T 091088, T 091027, T 091033 e T 091031. Grupo	

III: IPR Catuara, IPR 85, T 091069 e T 091015..... 111

Figura 13 – Análise de componentes principais das propriedades físico-químicas e reológicas da farinha de trigo e as HMW-GS de 16 genótipos de trigo. a) genótipos b) Variável: AA: absorção de água; AD: teor de amido danificado; AL: absorção no ácido láctico; C: absorção em carbonato de sódio; E: estabilidade; E 135: extensibilidade no tempo de 135 min; ET: escore total; ITM: índice de tolerância a mistura; IS: índice de sedimentação; L*: luminosidade; R 135: resistência à extensão no tempo de 135 min; Rm 135: resistência máxima no tempo de 135 min; S: absorção da sacarose; TD: tempo de desenvolvimento; VS: volume de sedimentação..... 115

Figura 14 – Dendrograma resultante dos 16 genótipos de trigo em relação às características físico-químicas e reológicas da farinha de trigo e na avaliação das HMW-GS. Grupo I: T 091027 e IPR 85; Grupo II: T 091028, T 091015 e IPR Catuara TM; Grupo III: T 091069, T 091056, T 091033 e LD 101108; Grupo IV: T 091088 e IPR 130; Grupo V: T 081099, T 091031, T 091006, T 091008 e IAPAR 78.. 116

Figura 15 – Análise de Componentes Principais das propriedades dos pães e as HMW-GS de 16 genótipos de trigo. a) Genótipos. b) Variáveis: CL*: luminosidade da crosta; Cb*: cromaticidade b da crosta; E: estabilidade; E 135: extensibilidade no tempo de 135 min; ET: escore total; FP: firmeza do pão; IS: índice de sedimentação; ML*: luminosidade do miolo; Mb*: cromaticidade b do miolo; R 135: resistência à extensão no tempo de 135 min; Rm 135: resistência máxima no tempo de 135 min; TD: tempo de desenvolvimento; VP: volume específico do pão; VS: volume de sedimentação..... 119

Figura 16 – Dendrograma obtidos dos 16 genótipos de trigo a partir das propriedades de panificação e na avaliação das HMW-GS. Grupo I: T 091027 e IPR 85; Grupo II: T 091028, T 091015 e IPR Catuara TM; Grupo III: T 091069, T 091056, T 091033 e LD 101108; Grupo IV: T 091088 e IPR 130; Grupo V: T 081099, T 091031, T 091006, T 091008 e IAPAR 78..... 120

Figura 17 – Perfil viscoamilográfico dos amidos isolados de diferentes genótipos de trigo 125

Figura 18 – Perfil endotérmico dos amidos de diferentes genótipos de trigo; (a) IAPAR 78, (b) IPR 130, (c) IPR 85, (d) IPAR Caturá TM, (e) LD 101108, (f) T 081099, (g) T 091028, (h) T 091006, (i) T 091088, (j) T 091069, (k) T 091056, (l) T 091033, (m) T 091031, (n) T 091027, (o) T 091015 e (p) T 091008..... 127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais tipos de proteínas presentes no trigo	39
Tabela 2 - Cruzamento dos genótipos avaliados	54
Tabela 3 - Características agronômicas dos genótipos de trigo	55
Tabela 4 – Classificação do índice de dureza dos grãos de trigo	57
Tabela 5 - Formulação da massa para o teste de panificação.....	62
Tabela 6 - Características físicas dos grãos de trigo	69
Tabela 7 - Textura dos grãos de trigo avaliada em sistema de caracterização individual de sementes (SKCS – Single Kernel Characterization System).....	72
Tabela 8 - Caracterização físico-química dos grãos dos diferentes genótipos de trigo	74
Tabela 9 – Rendimentos da farinha de quebra, farinha de redução e extração da farinha dos genótipos de trigo	78
Tabela 10 – Caracterização físico-química das farinhas de trigo dos genótipos analisados	80
Tabela 11 – Teor de amido danificado dos diferentes genótipos de trigo	83
Tabela 12 – Cor da farinha de trigo dos diferentes genótipos determinada pelo sistema CIEL* a* b*, através dos parâmetros luminosidade (L*) e coordenadas de cromaticidade (a* e b*)	85
Tabela 13 – Capacidade de retenção do solvente das farinhas de trigo obtidas dos diferentes genótipos	86
Tabela 14 – Características farinográficas ¹ dos diferentes genótipos de trigo.....	89
Tabela 15 – Características extensográficas dos diferentes genótipos no tempo de 45 min.....	92
Tabela 16 – Características extensográficas dos diferentes genótipos no tempo de 90 min.....	93
Tabela 17 – Características extensográficas dos diferentes genótipos no tempo de 135 min.....	94
Tabela 18 – Volume da massa apresentada pelos diferentes genótipos	96
Tabela 19 – Volume específico e fimeza dos pães produzidos pelos diferentes genótipos.....	97

Tabela 20 – Parâmetros de cor instrumental da crosta do pão.....	100
Tabela 21 – Parâmetros de cor instrumental do miolo do pão.....	102
Tabela 22 – Frequência alélicas das HMW-GS, LMW-GS e das subunidades de gliadinas dos 16 genótipos analisados.....	104
Tabela 23 – Composição das HMW-GS e LMW-GS e das subunidades de gliadinas nos 16 genótipos analisados, detectados por SDS-PAGE.....	106
Tabela 24 – Frequência alélica e efeitos das HMW-GS sobre os parâmetros físico-químicos nos 16 genótipos de trigo.....	107
Tabela 25 - Frequência alélica e efeitos das LMW-GS sobre os parâmetros físico-químicos nos 16 genótipos de trigo.....	108
Tabela 26 - Análise de variância dos parâmetros físico-químico ¹ dos grãos de trigo com relação às subunidades de gliadinas e a presença da translocação de centeio do 1B/1R.....	109
Tabela 27 - Teor de fósforo e lisofosfolípídeos dos amidos analisados.....	121
Tabela 28 - Afinidade por iodo e teores de amilose aparente e complexada com lipídeo dos amidos de trigos analisado.....	123
Tabela 29 – Propriedades de pasta ¹ dos amidos isolados de diferentes genótipos de trigo.....	126
Tabela 30 - Propriedades de gelatinização ¹ dos amidos de trigo.....	129
Tabela 31 – Propriedades de retrogradação ¹ dos amidos de trigo.....	130

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é de grande importância econômica e nutricional, por isso é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo. O principal produto obtido do trigo é a farinha de trigo que pode apresentar diferentes utilizações industriais (pães, bolos e biscoitos), sendo que o maior volume da farinha de trigo comercializada no Brasil é destinado à fabricação de pães.

Os principais constituintes do trigo são as proteínas e o amido, os quais determinam as características tecnológicas e de cozimento de diferentes produtos alimentícios. O trigo é o único cereal com propriedades de panificação, pois a farinha de trigo ao ser hidratada e sujeita a um trabalho mecânico forma uma massa viscoelástica capaz de reter gás durante o processo de fermentação, na produção de pães, conferindo textura e estruturas únicas ao produto final. Esta capacidade se deve a estrutura de suas proteínas de reserva (glúten).

Essas proteínas estão relacionadas com a extensibilidade e elasticidade da massa, sendo que uma farinha de trigo com qualidade adequada para a panificação deve apresentar frações qualitativas e quantitativas de gluteninas e gliadinas, as quais influenciam diretamente as propriedades reológicas do glúten. As propriedades estruturais e funcionais do amido, por sua vez, influenciam a textura, consistência, umidade, aparência e a vida de prateleira dos alimentos.

O principal objetivo a ser alcançado nos programas de melhoramento genético é melhorar as características agrônomicas e a qualidade industrial dos grãos, desenvolvendo cultivares que possuam alto rendimento associado à capacidade de produzir uma farinha de qualidade, atendendo a demanda dos agricultores, moinhos, panificadores e consumidores.

A qualidade do trigo é influenciada por fatores hereditários, principalmente por suas proteínas que estão ligadas ao patrimônio genético. Entretanto as condições de solo e de clima, o manejo da cultura, a fertilidade do solo e a incidência de pragas podem sobressair às características genéticas influenciando a qualidade das cultivares.

A identificação das propriedades de farinhas através de testes rápidos e específicos para cada tipo de produto possibilita a seleção de cultivares com

características adequadas a cada uso industrial em menor tempo, garantindo a aceitabilidade e sucesso da nova cultivar.

Os programas de melhoramento da qualidade tecnológica de trigo podem ser incrementados com o uso de testes específicos na seleção para qualidade industrial, com a caracterização do germoplasma disponível associado a um eficiente programa de melhoramento genético. Assim, a seleção de uma nova cultivar de trigo deve contemplar todas as características agronômicas e de qualidade industrial para assegurar a sua adoção pelos diferentes agentes da cadeia produtiva do trigo e justificar todo o esforço empregado na sua obtenção.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade tecnológica de dezesseis genótipos (12 linhagens e 4 cultivares) de trigo participantes dos blocos de cruzamentos do programa de melhoramento genético do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar as características físico-químicas dos grãos dos dezesseis genótipos de trigo.
- Caracterizar as propriedades reológicas e de panificação da farinha de trigo obtida dos dezesseis genótipos de trigo;
- Identificar, por eletroforese (SDS-PAGE), as subunidades de gluteninas de alto e baixo peso molecular e as subunidades de gliadinas e correlacioná-las com as propriedades físico-químicas do grão, propriedades reológicas e de panificação da farinha.
- Avaliar as características estruturais e físico-químicas dos amidos de trigo obtidos do diferentes genótipos de trigo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 TRIGO

Os cereais possuem importante papel na alimentação humana, no âmbito da saúde como fonte de nutrientes e fibras e, tecnologicamente, devido às variadas formas em que podem ser utilizados para consumo humano (SCHEUER et al., 2011). Os grãos de trigo requerem diferentes qualidades para processar diversos produtos (GROVE et al., 2009).

O trigo é o cereal mais consumido pelo homem. Seu cultivo é amplamente difundido em todo o mundo. Pesquisas históricas indicam que o cultivo do trigo iniciou-se por volta de 8.000 anos a.C., na região compreendida entre os rios Jordão, Nilo, Tigre e Eufrates, conhecida na antiguidade como Crescente Fértil (atualmente compreende a região de Israel, Cisjordânia e Líbano, bem como partes da Jordânia, da Síria, do Iraque, do Egito e do sudeste da Turquia), (AYKROYD; DOUGHTY, 1971; MCKEVITH, 2004).

O trigo, pertencente à família *Poaceae*, sub-família *Pooideae* e ao gênero *Triticum*, é classificado em diferentes espécies, conforme o número de cromossomos: *Triticum monococcum* com 14 cromossomos, *Triticum durum* com 28 cromossomos e *Triticum aestivum* com 42 cromossomos, este último, o trigo comum (POPPER; SCHÄFER; FREUND, 2006). O gênero *Triticum* é de ciclo anual cultivada durante o inverno e a primavera. Os trigos comerciais são resultantes do cruzamento e seleção genética natural ao longo dos séculos (PEÑA, 2009).

Atualmente, o trigo é cultivado em todos os continentes exceto na Antártica. Existem aproximadamente 30.000 variedades de trigo de 14 espécies diferentes. Destas, 1.000 variedades são comercializáveis. Particularmente o *Triticum aestivum* L. tem grande aplicação comercial por ser o principal trigo utilizado na produção de pães, biscoitos e bolos, sendo também chamado trigo comum. O *Triticum durum* L. apresenta também de grande expressão comercial por ser usado principalmente na fabricação de massas alimentícias (PEÑA, 2009).

O *Triticum aestivum* L. é a principal cultivar do Brasil e através de estudos de melhoramento genético estão sendo desenvolvidas linhagens adaptadas às condições do solo brasileiro e com características agronômicas satisfatórias de

rendimento em grãos, altura das plantas, fertilidade, resistência às doenças (GALVANI, 1996).

Segundos os dados da CONAB (2012), a estimativa é de que o Brasil tenha produzido 5.788,6 toneladas de grãos de trigo neste ano, sendo que a região Sul foi responsável por 95% da produção, destacando os estados do Paraná e Rio Grande do Sul. De acordo com o Sindicato da Indústria de Trigo no Estado do Paraná (Sinditrigo/PR) e a Federação de Indústrias do Paraná (Fiep) (2012), a classe de Trigo Pão (51 %) foi comprada em maiores proporções pelos moinhos paranaenses, seguida do Trigo Melhorador (25 %) e Trigo Brando (24 %). Deste trigo processado no Paraná 44,66% foi destinado a Linha Industrial, para a produção de biscoitos, massas e produtos de panificação; 27,5 % destinado a Linha de Mistura, para a panificação artesanal, pizzas e produtos integrais; 23,5 % para Linha Doméstica, para a produção de farinha branca de uso doméstico e; 1,3 % foram destinados para Linha de outros produtos, para a fabricação de cola e outros produtos (MOREIRA; ALEGRANSI, 2012).

A ampla utilização do trigo na fabricação de produtos alimentícios está associada às suas propriedades tecnológicas e nutricionais, devido a seus constituintes, tais como carboidratos, proteínas e lipídeos, e em menor quantidade, fibras, vitaminas e minerais, que satisfazem parte das necessidades energéticas da população (ORTOLAN, 2006).

Dentre os componentes do grão de trigo, as proteínas e o amido são os mais abundantes, sendo responsáveis por suas propriedades tecnológicas e pelas características de cozimento de produtos panificáveis. A principal forma de consumo do grão de trigo é sob a forma de farinha, a qual apresenta melhor qualidade tecnológica para elaboração desses produtos (ORTOLAN, 2006).

3.2 ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DO TRIGO

O grão de cereal é um fruto-semente denominado cariopse, em que a parte do fruto está aderida à semente. A cariopse é formada por uma cobertura do fruto, o pericarpo, o qual rodeia a semente e se adere fortemente a ela. Esta por sua vez é constituída pelo embrião e pelo endosperma, recobertos pelas camadas de hialina e testa (GUTKOSKI, 2009).

As cariopses dos cereais se desenvolvem dentro de coberturas florais que, na realidade, são folhas modificadas. Estas se chamam glumas e formam parte da palha. Em arroz e na maioria dos cultivares de cevada e de aveia, as coberturas florais envolvem as cariopses tão firmemente que permanecem aderidas a elas após a colheita e se constituem na casca destes grãos. Em trigo, milho, centeio e sorgo os grãos se desprendem facilmente da casca durante a colheita, sendo denominados de grãos desnudos (HOSENEY, 1991).

O grão de trigo tem tamanho entre 4 e 7 mm, cor variável, formato oval e as extremidades arredondadas. Numa das extremidades encontra-se o germe e na outra, os tricomas. O grão é constituído, basicamente, por pericarpo (7,8 a 8,6 %), endosperma (87 a 89 %) e gérmen (2,8 a 3,5 %) (QUAGLIA, 1991), os quais estão representados na Figura 1.

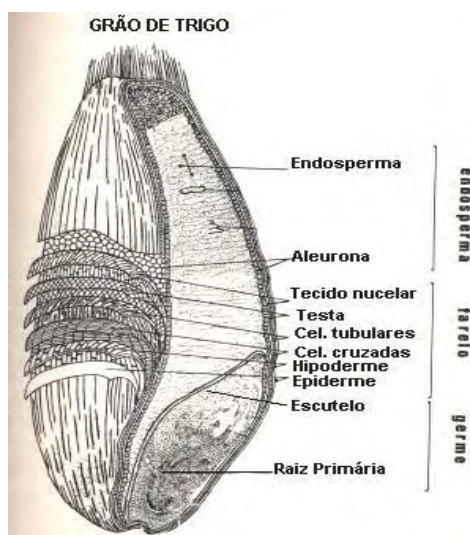


Figura 1 - Estrutura do grão de trigo (HOSENEY, 1991).

O pericarpo é composto pelas camadas de epiderme, hipoderme, células finas, células intermediárias, células cruzadas e células tubulares (HOSENEY, 1991). O pericarpo também é rico em fibras e sais minerais, constituindo a camada mais externa e protetora do grão (ATWELL, 2001; POPPER; SCHÄFER; FREUND, 2006). A semente é formada pelo endosperma e pelo germe, os quais estão recobertos pelas camadas de testa, hialina e aleurona. Botanicamente a aleurona é parte do endosperma, mas no processo de moagem ela é separada juntamente com o farelo (HOSENEY, 1991).

O endosperma consiste numa matriz protéica, onde estão inseridos grande número de grânulos de amido (HADDAD et al., 2001), desta forma, o endosperma constitui a farinha de trigo branca propriamente dita (HOSENEY, 1991).

3.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO GRÃO E DA FARINHA

3.3.1 Umidade

O conteúdo de umidade é um dos fatores importantes que afetam a qualidade do grão de trigo e seus produtos (RASPER; WALKER, 2000), influenciando seu peso específico, rendimento de moagem, conservação e características tecnológicas (QUAGLIA, 1991).

A água disponível é o fator mais importante a afetar a germinação, o crescimento da planta e o desenvolvimento de fungos ricos em nutrientes (MAGAN; LACEY, 1988). O teor de umidade corresponde à relação percentual entre a quantidade de água e o peso da massa total de uma quantidade de grãos. Para a perfeita conservação do grão é necessária a redução deste teor a níveis que inibam as reações do seu metabolismo (respiração e transpiração), atividade enzimática, além de outras ações prejudiciais (SILVA, 2003).

Os grãos secos e sadios podem ser armazenamentos apropriadamente por muitos anos, mas grãos úmidos podem se deteriorar rapidamente em poucos dias (HANSEN; ROSE, 1996; MCKEVITH, 2004).

De acordo com a Legislação Brasileira, é recomendado controlar a umidade do grão de trigo para que não ultrapasse 13% (BRASIL, 2001) e a da farinha, para que não seja superior a 15% de umidade (BRASIL, 2005), pois não só os aspectos econômicos são importantes, uma vez que o trigo e a farinha são comercializados em base úmida, mas também por sua importância na conservação e processamento. Assim, os limites de umidade caracterizam-se como aspectos importantes para a conservação do grão e da farinha e para respectiva comercialização (MIRANDA et al., 2008).

3.3.2 Lipídios

O conteúdo de lipídio no grão de trigo varia de 1,5 a 2 %, porém não se encontra distribuído de forma homogênea localizando-se principalmente no gérmen, rico em vitamina E (QUAGLIA, 1991), o qual é retirado no processo de moagem do grão (ATWELL, 2001).

Os principais ácidos graxos encontrados no trigo são o ácido linoléico C18:2 (54,5 %) e em menor quantidade o ácido palmítico C16:0 (23 %) e ácido oléico C18:1 (19 %) (HOSENEY, 1994; SALDÍVAR; OTHÓN, 2010).

A classificação dos lipídios como lipídios amídicos e livres (não ligados aos grânulos de amido), é baseada na sua solubilidade em condições de extrações seletivas (MURRAY; MOSS, 1990; HOSENEY, 1994; ELIASSON, 1996).

Os lipídeos ligados ao amido denominados lisofosfolipídeos, em particular, a lisofosfatidilcolina ou lisolecitina, são importantes constituintes de amidos de cereais por serem positivamente correlacionados com o teor de amilose (MORRISON; GADAN, 1987). O complexo entre os lipídeos e a amilose é formado durante o processo de gelatinização do amido, mas esta interação também pode ocorrer, em menor grau, no amido nativo (MORRISON; LAW; SNAPE, 1993).

Os lipídeos livres afetam a qualidade da massa durante sua produção, pois os amídicos estão ligados aos grânulos de amido estando comprometidos no processo de gelatinização. Quando os lipídeos apolares são adicionados às farinhas, o volume de pães produzidos com ela é reduzido (ELIASSON; LARSSON, 1993). Segundo MacRitichie (2010) o ácido linoléico (18:2), o ácido mirístico (14:0) e o ácido palmítico (16:0) apresentam um efeito negativo sobre o volume do pão. Os lipídeos polares também podem ter este efeito prejudicial, mas em altas concentrações eles aumentam o volume dos pães (ELIASSON; LARSSON, 1993).

3.3.3 Minerais e vitaminas

O conteúdo mineral (cinzas) é considerado um importante critério de qualidade de farinha de trigo (MANDARINO, 1993; RASPER; WALKER, 2000). A análise de cinzas pode ser utilizada como um indicador de qualidade por determinar a eficiência do processo de moagem, pois a aleurona e o farelo contêm teores mais

elevados de cinzas do que o endosperma. Industrialmente, o conteúdo de cinzas é utilizado para o cálculo da curva de cinzas, a qual mede a eficiência do processo de moagem (GUARIENTI, 1996; POSNER, 2000).

Segundo Guarienti (1996) a maior concentração desses minerais situa-se na parte externa do grão, no farelo, daí conclui-se que, quanto maior a quantidade de farelo na farinha, maior será o teor de cinzas resultante. O conteúdo de cinzas nos grãos de trigo varia de acordo com a variedade, condições de plantio e aplicação de fertilizantes no solo, no caso do trigo, os principais minerais encontrados são fosfatos e sulfatos de potássio, cálcio e magnésio.

De forma geral os cereais contêm cerca de 1,5 a 2,5 % de minerais (SCHEUER et al., 2011; DEWETTINCK et al., 2008). O fósforo é o mineral que aparece em maior concentração, 16 a 22 % do total de conteúdo de cinzas, no trigo. Além do fósforo o trigo é uma fonte importante de selênio, um micronutriente essencial aos humanos, com efeitos anticancerígenos, antiviral (LYONS et al., 2005) e antioxidante (YU; ZHOU, 2004).

De acordo com Dewettinck et al. (2008), o trigo apresenta na sua constituição cerca de 410 mg de fósforo, 580 mg de potássio, 60 mg de cálcio, 180 mg de magnésio, 6 mg de ferro, 0,8 mg de cobre, 5,5 mg de manganês, 4,4 mg de zinco e 4,6 mg de sódio /100g de trigo, em base seca.

3.3.4 Amido

O amido é a principal fonte de carboidratos na alimentação humana, sendo responsável por 80 a 90% dos polissacarídeos consumidos na dieta. Ele se encontra distribuído em diversos vegetais como carboidrato de reserva, sendo amplamente distribuídos em grãos de cereais (40 a 90 % do peso seco), leguminosas (30 a 50 % do peso seco), tubérculos (65 a 85 % do peso seco) e frutas imaturas (40 a 70 % do seu peso seco) (LAJOLO; MENEZES, 2006).

O amido é responsável pelas propriedades tecnológicas que caracterizam grande parte do produto processado, por contribuir nas diversas propriedades de textura em alimentos, podendo ser usada na indústria como espessantes, estabilizador de coloides, agente gelificante e de volume, adesivo, na retenção de umidade e texturizantes (THOMAS; ATWELL, 1997; SINGH et al., 2003).

Estruturalmente, o amido consiste de resíduos de α -D-glicose, sendo considerado um homopolissacarídeo composto por dois tipos de α -glucanas, amilose e amilopectina, as quais representam 98-99 % do seu peso seco (TESTER; KARKALAS; QI, 2004; BULÉON et al., 1998). A proporção de amilose e amilopectina é de 1:3 para a maioria dos amidos. À proporção que essas estruturas aparecem é variável com a fonte botânica, variedade de uma mesma espécie e de acordo com o grau de maturação (TESTER; KARKALAS; QI, 2004).

A amilose, cuja estrutura química está representada na Figura 2, é um polímero essencialmente linear formada por unidades de D-glicose ligadas em α -(1 \rightarrow 4), com poucas ramificações (0,1 a 2,2 %) de ligações α -(1 \rightarrow 6) (BULÉON et al., 1998). A massa molecular desse polímero é variável com a fonte botânica e as condições de processamento empregadas na extração do amido, podendo conter de 200 a 2000 unidades de glicose (WURZBURG, 1986 apud FRANCO et al., 2001) com massa molecular na ordem de 250.000 Daltons (DENARDIM; SILVA, 2009). O grau de polimerização dessas moléculas em média é de 324-4920 unidades de resíduos de glicose com aproximadamente 9 a 20 pontos de ramificação (TESTER; KARKALAS; QI, 2004).

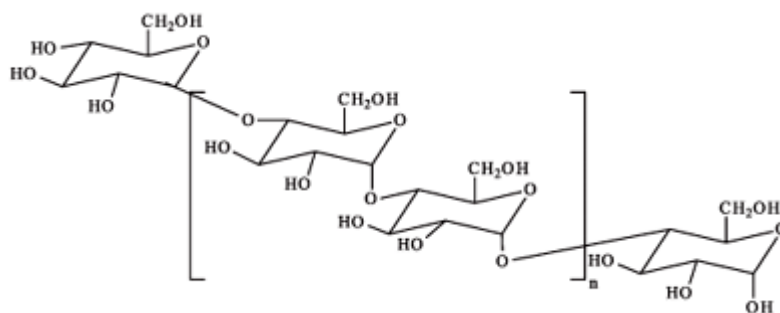


Figura 2 - Estrutura química da amilose (CORRADINI et al., 2005).

A amilopectina é o componente ramificado do amido (Figura 3), sendo formada por unidades de D-glicose ligadas em α -(1 \rightarrow 4) e com 5 a 6 % de ligações α -(1 \rightarrow 6) nos pontos de ramificações (BULÉON et al., 1998). A massa molecular da amilopectina varia de 50 a 500×10^6 Daltons (LAJOLO; MENEZES, 2006) e seu grau de polimerização varia de 4700 a 12800 unidades de resíduos de glicose (VANDEPUTTE; DELCOUR, 2004).

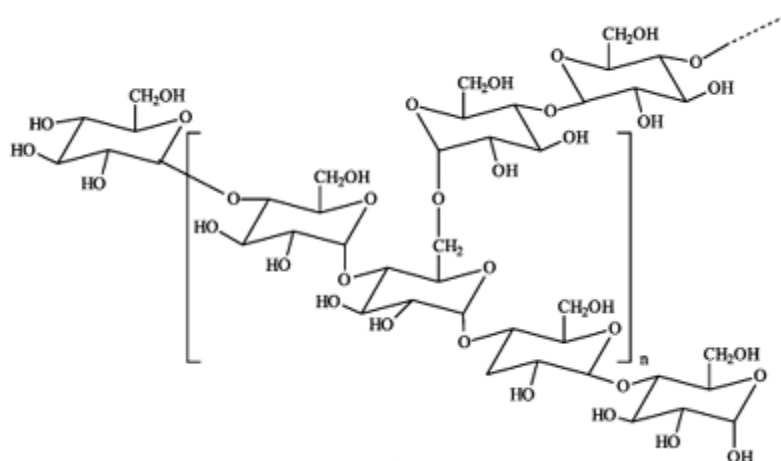


Figura 3 - Estrutura química da amilopectina (CORRADINI et al., 2005).

A organização das cadeias de amilopectina é baseada na identificação das cadeias A, B e C. As cadeias A ficam nas regiões periféricas e podem ser conectadas às cadeias B ou C via ligações α -(1 \rightarrow 6), mas não carregam qualquer ramificação. As cadeias B são ramificadas, podem ser conectadas a outras cadeias por ligações α -(1 \rightarrow 6), possuem uma ou mais cadeias A e B ligadas nos pontos de ramificação. Elas podem ser classificadas como B1-B4 dependendo do número de “clusters” em que a cadeia toma parte (TESTER; KARKALAS; QI, 2004). A cadeia C carrega o grupo redutor do polissacarídeo, e, numerosas ramificações, cadeias A e B as quais formam duplas hélices (FRENCH, 1973; ROBIN et al., 1974). Cada cluster possui uma região com pontos de ramificação (área amorfa) e uma região com segmentos curtos da cadeia de amilopectina que forma duplas hélices (área cristalina) (BALL et al., 1996; SMITH et al., 1997). Um esquema com a classificação das cadeias da amilopectina, sua estrutura em clusters e o modelo da estrutura interna do grânulo de amido é apresentada na Figura 4.

Os grânulos do amido apresentam uma estrutura hierárquica que pode ser observada em microscopia óptica e eletrônica. As múltiplas camadas concêntricas dos anéis de crescimento se estendem do hilum (o centro de crescimento) até a superfície dos grânulos. Nesses anéis de crescimento estão alternadas as regiões cristalinas e amorfas (COPELAND et al., 2009). Dentro das lamelas, as camadas cristalinas concêntricas são formadas quando as duplas hélices da amilopectina se empacotam de forma ordenada, enquanto que as camadas amorfas contêm

moléculas de amilose e amilopectina em uma conformação desordenada (JANE, 2007; COPELAND et al., 2009).

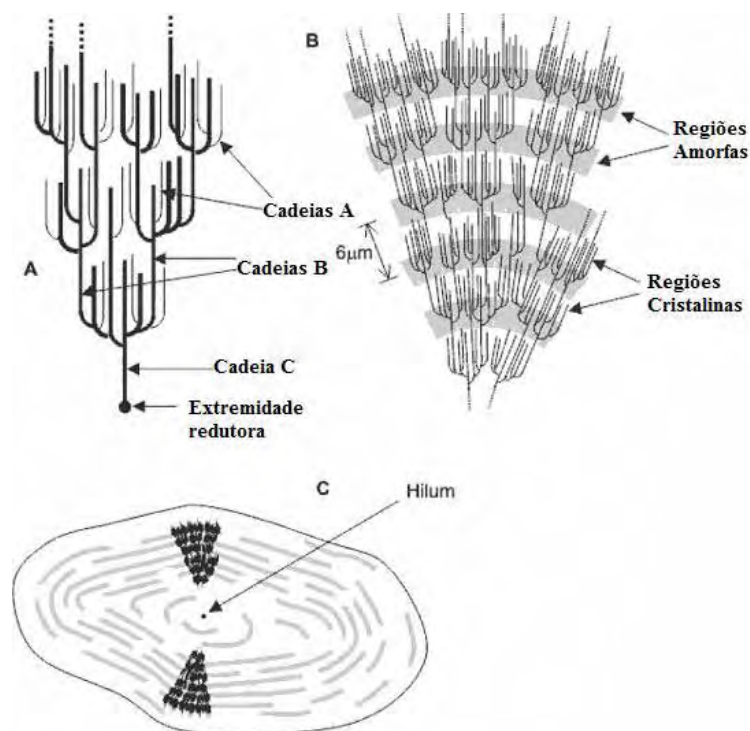


Figura 4 - A) Classificação das cadeias da amilopectina em tipo A, B e C. B) Estrutura da amilopectina formando as regiões amorfas e cristalinas no grânulo de amido. C) Modelo da estrutura interna do grânulo de amido com a visualização dos anéis de crescimento e hilum. Adaptados de Parker e Ring (2001).

A amilose está localizada nas camadas de baixa densidade dos anéis de crescimento, embora essas moléculas também possam estar intercaladas com a amilopectina nas camadas cristalinas, interrompendo o empacotamento cristalino da amilopectina (JANE, 2007; COPELAND et al., 2009).

Massaux et al. (2008) analisaram dez cultivares de trigo mole Europeu semeadas no ano de 2001, 2002, 2003 e 2004 e observaram que o teor de amilose, na presença do lipídeo, variou de 25,2 a 27,0 % em 2002, 26,7 a 28,4 % em 2003 e de 26,9 a 28,4 % em 2004, não havendo variação significativa no teor de amilose dos grãos semeados no mesmo ano. Já Blazek et al. (2009) analisaram doze cultivares de trigo Australianas, sendo dez cultivares com alto teor de amilose. O

teor de amilose total encontrado variou de 36 a 43 %, a amilose aparente variou de 28 a 33 % e a amilose complexada com o lipídeo variou de 6 a 14 %. Correlações positivas entre o teor de lisofosfolipídeos e o teor de amilose, também foram observadas, indicando que a amilose se acumula tanto nas lamelas cristalinas como nas lamelas amorfas dos grânulos, afetando diretamente a organização das lamelas dos grânulos semi-cristalinos.

Os componentes secundários associados ao amido em pequenas quantidades são compostos por proteínas, lipídios e cinzas (minerais e sais).

Os lipídios representam a fração mais importante associados com os grânulos de amido. Altos conteúdos de lipídeos são geralmente observados em amidos de cereais como trigo (0,8 – 1,2 %) e milho normal (0,6 – 0,8 %). Os amidos de cereais são caracterizados pela presença de ácidos graxos livres (AGL) e lisofosfolípidios (LFL), os quais são positivamente correlacionados com o teor de amilose (MORRISON; LAW; SNAPE, 1993). Os amidos de trigo, cevada, centeio e triticale contêm altos teores de LPL, enquanto outros cereais apresentam quase exclusivamente AGL (BULÉON et al., 1998). Estudos realizados para avaliar o efeito do lipídeo nas propriedades funcionais do amido têm demonstrado uma correlação do monoacil lipídeo com as propriedades funcionais dos amidos de cevada, trigo e aveia (MORRISON; MILLIGAN; AZUDIN, 1984; TESTER; MORRISON, 1990; WANG; WHITE, 1994). Os monoacil lipídeos induzem a formação do complexo amilose-lipídeo durante a gelatinização. Esse complexo restringe a dispersão, o inchamento do grânulo dos amidos e a solubilização da amilose, gerando pastas opacas com viscosidade reduzida e altas temperaturas de pastas (BULÉON et al., 1998).

Os amidos apresentam pequenas quantidades de minerais os quais não interferem nas suas propriedades funcionais, com exceção do fósforo que desempenha um importante papel nas suas propriedades funcionais (LIM; KASEMSUWAN; JANE, 1996). O fósforo pode ser encontrado em três formas principais: monoésteres de fosfatos, fosfolipídios e fosfatos inorgânicos (KASEMSUWAN; JANE, 1996; TESTER; KARKALAS; QI, 2004). O fósforo está ligado covalentemente em muitos amidos nativos, causando um grande impacto nas propriedades reológicas de amidos isolados (BLENNOW et al., 2000).

Os amidos de cereais contêm fósforo na forma de fosfolipídios que podem se complexar com a amilose, reduzindo a capacidade de ligação do amido com a água tornando suas pastas mais opacas e menos viscosas. Já nos amidos de raízes e tubérculos, o fósforo se apresenta na forma de monoésteres de fosfato propiciando a natureza hidrofílica do amido, por introduzir grupos fosfatos carregados negativamente nas cadeias de amido aumentando sua capacidade de ligação com a água e poder de inchamento, sendo uma vantagem para muitas aplicações industriais (TESTER; MORRISON, 1990; BLENNOW et al., 2000; FRANCO et al., 2001; HOOVER, 2001).

3.3.4.1 Propriedades de pasta

Os grânulos de amido são insolúveis em água fria, mas quando aquecidos, sofrem um inchamento irreversível, produzindo uma pasta viscosa (WHISTLER; BeMILLER, 1997). Esse fenômeno, chamado de gelatinização, ocorre durante o aquecimento do amido em excesso de água, causando a perda da cristalinidade e da organização estrutural dos grânulos (COPELAND et al., 2009).

A gelatinização inicia no hilum e se expande para a periferia, ocorrendo inicialmente nas regiões amorfas onde as ligações de hidrogênio são mais fracas. Quando a estrutura cristalina é rompida, as moléculas de água expõem seus grupos hidroxil formando pontes de hidrogênio entre a amilose e amilopectina, causando um aumento no inchamento e na solubilidade do grânulo (SINGH, 2003). À medida que os grânulos de amido incham, ocorre a ruptura dos mesmos e a amilose é lixiviada resultando em um aumento na viscosidade (COPELAND et al., 2009).

O poder de inchamento e solubilidade variam com a fonte do amido, evidenciando a interação entre as cadeias de amido dentro dos domínios amorfos e cristalinos. O poder de inchamento e as propriedades de gelatinização são controlados, em parte, pela massa molecular e comprimento de cadeias ramificadas da amilopectina (unidade, extensão da ramificação, massa molecular e polidispersão), composição do amido (proporção de amilose e amilopectina, conteúdo de fósforo) e arquitetura dos grânulos (proporção de regiões cristalinas e amorfas) (SINGH, 2003).

A retrogradação consiste em transformações que ocorrem durante o resfriamento e armazenamento das pastas de amido gelatinizado. É o processo que ocorre quando as moléculas de amido gelatinizadas começam a reassociar favorecendo uma estrutura mais ordenada. Sob condições favoráveis, esta estrutura ordenada pode se desenvolver em forma cristalina (ATWELL et al., 1988). A forte interação das cadeias entre si promove a saída de água do sistema, sendo essa expulsão chamada de sinérese (DENADIN; SILVA, 2009).

A retrogradação é um processo contínuo que ocorre por um período prolongado. As características de retrogradação da amilose e amilopectina são cineticamente diferentes. A amilose retrograda rapidamente, reassociando com moléculas de amilose adjacentes por meio de pontes de hidrogênio, formando uma estrutura cristalina de dupla hélice. A amilose apresenta uma endotérmica de 140 a 180 °C (DENADIN; SILVA, 2009). A amilopectina retrograda mais lentamente e é caracterizada pela formação de regiões cristalinas em função da associação das ramificações de cadeias curtas (RING et al., 1987) e sua endoterma de fusão é menor, aproximadamente 45 a 60 °C (DENADIN; SILVA, 2009).

A retrogradação é influenciada pela temperatura e tempo de armazenamento, pH, fonte de amido, presença de outros componentes (lipídios, açúcares e eletrólitos) e condições de processamento. A principal influência da retrogradação é observada na textura, na aceitabilidade e na digestibilidade dos alimentos que contêm amido (ELIASSON, 2004).

As mudanças que ocorrem no amido durante a gelatinização são as principais determinantes do comportamento de pasta desses amidos, as quais têm sido medidas principalmente pelas mudanças de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento de dispersões de amido usando equipamentos como Viscoamilógrafo Brabender e Rápido Visco Analisador (RVA) (THOMAS; ATWELL, 1999). Os parâmetros normalmente determinados no RVA são a temperatura de pasta, viscosidades de pico, de quebra, final, e a retrogradação (*setback*).

Singh et al. (2009) avaliaram as propriedades estruturais, térmicas e de pasta de amidos de trigo de diferentes variedades da Índia e verificaram que o comprimento de cadeias laterais da amilopectina afetaram a temperatura de pasta, o *setback* e as temperaturas de gelatinização dos amidos. As temperaturas de pasta foram positivamente correlacionadas com GP 6-10 e negativamente com o GP 25-

27, sendo que a presença de cadeias curtas ($GP < 10$) diminui a estabilidade da dupla hélice da amilopectina reduzindo a temperatura de gelatinização e a entalpia.

3.3.4.2 Propriedades térmicas

As características estruturais e composição dos amidos afetam as propriedades térmicas do amido. A composição química dos amidos muda de acordo com a fonte botânica, e assim, o amido exibe diferentes temperaturas de transição e entalpia de gelatinização.

As propriedades térmicas determinam as funcionalidades do amido (KRIEGER et al., 1997). As propriedades de gelatinização, retrogradação, temperatura de transição vítrea e cristalização podem ser medidas usando Calorímetro Diferencial de Varredura (DSC) (YU; CHRISTIE, 2001), o qual mede a quebra das ligações (principalmente ligações de hidrogênio que estabilizam as duplas hélices) dentro dos grânulos de amido quando eles são aquecidos em água e quantifica a temperatura e energia envolvidas (entalpia) na transição de um grânulo semi-cristalino para um gel amorfo. Esta técnica pode também ser empregada para medir maiores transições de temperaturas em amidos quando complexos amilose-lipídeo se dissociam (TESTER, 1997).

O DSC determina a temperatura inicial (T_o), que reflete o início do processo de gelatinização, a temperatura de pico (T_p) e a temperatura de conclusão (T_c), e sua entalpia de gelatinização (ΔH). O processo de gelatinização observado no DSC envolve o aquecimento do amido em excesso de água, causa um inchamento irreversível, ocorrendo à dissociação das duplas hélices (TESTER, 1997).

Depois de atingida a temperatura de conclusão (T_c), toda dupla hélice da amilopectina é dissociada, embora a expansão da estrutura granular possa ser conservada até que temperaturas mais altas e cisalhamento sejam aplicados. Acima de 95 °C um gel amorfo é formado. O intervalo de temperatura ($T_c - T_o$) representa a faixa de temperatura de gelatinização (BLENNOW et al., 2000).

Segundo Blennow et al. (2000) a cristalinidade do amido pode ser estimada pela entalpia (ΔH) requerida para fundir os segmentos de duplas hélices. As temperaturas de gelatinização (inicial e de pico) podem ser usadas como medida da

estabilidade ou perfeição das regiões cristalinas, e a largura do pico endotérmico como estimativa da heterogeneidade da estrutura cristalina.

As propriedades de gelatinização e inchamento são controlados em parte pela estrutura da amilopectina, sendo que a maior proporção de cadeias longas na amilopectina contribui para aumentar a temperatura de gelatinização, devido a essas cadeias formarem duplas hélices longas resultando em regiões cristalinas mais longas, e assim mais energia térmica ser necessária para romper a barreira cinética, para que a completa dissociação ocorra (YUAN; THOMPSON; BOYER, 1993; FRANCO et al., 2002).

Na retrogradação do amido, o valor da entalpia fornece uma medida quantitativa da transformação de energia que ocorre durante a fusão e recristalização da amilopectina, resultando em uma medida precisa da temperatura de transição (T_o , T_p e T_c) deste evento endotérmico. O comportamento de amidos gelatinizados quando armazenados e resfriados, geralmente expresso como retrogradação, é de grande interesse para cientistas na área de alimentos, pois afeta a qualidade, aceitabilidade e a vida de prateleira de muitos alimentos baseados em amido (KARIM; NORZIAH; SEOW, 2000).

Singh et al. (2010) estudaram 18 variedades de amido de trigo da Índia e avaliaram a relação entre a distribuição do tamanho de grânulos e estrutura da amilopectina com as propriedades térmicas e de pasta. Quanto maior a proporção de cadeias curtas de amilopectina (GP 6 - 12), menor as temperaturas de gelatinização (inicial, de pico e final), sendo que os amidos com maior cristalinidade apresentaram maior entalpia de gelatinização e menor poder de inchamento.

3.3.5 Proteína

As proteínas do trigo são classificadas em quatro categorias (Tabela 1): albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas (HOSNEY, 1991). No trigo as proteínas estão divididas em proteínas solúveis (albuminas e globulinas) e proteínas de reserva (gliadina e gluteninas) (SGARBIERI, 1996). As albuminas e as globulinas representam aproximadamente 15 % da proteína total do grão, enquanto que as proteínas de reserva do trigo representam 85 %, sendo compostas por prolaminas

(gliadina) e glutelinas (glutenina), as quais que estão distribuídas no grão, em uma proporção de 1:1, aproximadamente (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

As características reológicas da farinha dependem da quantidade e da qualidade das proteínas presentes no grão de trigo. De acordo com BUSHUK (1995), o teor de proteína do grão de trigo varia em função de fatores agronômicos e ambientais, enquanto que a qualidade das proteínas é uma característica genotípica.

As proteínas de reserva são os componentes mais importantes do grão de trigo e definem a sua qualidade, sendo que as gluteninas e gliadinas são proteínas formadoras de glúten e juntas conferem viscoelasticidade à massa (HOSENEY, 1991; OLÁN et al., 2010). As principais propriedades do glúten são a elasticidade e a extensibilidade. A elasticidade é uma propriedade característica do glúten de trigos próprios para a panificação. Essa propriedade da massa permite sua distensão, quando submetida a uma força, voltando à forma inicial tão logo cesse essa força. Por outro lado, a extensibilidade é uma propriedade de distensão no sentido da força aplicada e a permanência na posição final, sem rompimento da estrutura da massa (LOMBARDI, 2001).

Tabela 1 - Principais tipos de proteínas presentes no trigo.

Proteína	Peso molecular	Solubilidade
Albuminas	20.000-50.000	Solúveis em água
Globulinas	300.000	Solúveis em soluções salinas
Prolaminas (gliadina)	20.000-50.000	Solúveis em soluções de água e álcool
Glutelinas (glutenina)	100.000	Parcialmente solúveis em água e soluções de ácidos diluídos

Fonte: BOBBIO; BOBBIO (2001).

As gliadinas são prolaminas de baixo peso molecular (40.000), pobres em cisteínas e são responsáveis pela coesividade da massa (pegajosa). As gluteninas (glutelinina) são polímeros de alto peso molecular (acima de 100.000) que se mantêm estáveis por pontes de dissulfeto que se formam a partir da ligação dos resíduos de cisteína e são responsáveis pelo comportamento elástico da massa, ou seja, apresentam propriedade de resistência à extensão (HOSNEY, 1994). A diferença

entre gliadinas e gluteninas está relacionada com as ligações dissulfeto (S-S). Nas gliadinas, as ligações são intramoleculares e resultam em baixo peso molecular e baixa elasticidade. Nas gluteninas, além das ligações intramoleculares, também ocorrem ligações intermoleculares, o que justifica seu alto peso molecular e elasticidade (GUTKOSKI, 2002a; ZANATTA et al., 2002).

O teste de eletroforese SDS-PAGE é um método tradicional que permite a separação dos componentes (subunidades) das proteínas "formadoras de glúten" e onde as subunidades de gluteninas de alto e baixo peso molecular podem ser detectadas (PAYNE et al., 1987; GRUPTA et al., 1994). Tais proteínas, do ponto de vista tecnológico, conferem à massa as características viscoelásticas adequadas para fabricação de pão (LAWRENCE et al., 1987; GERMANI; DASH; CAMPOS, 1994). A Figura 5 mostra um esquema de classificação das proteínas do glúten.

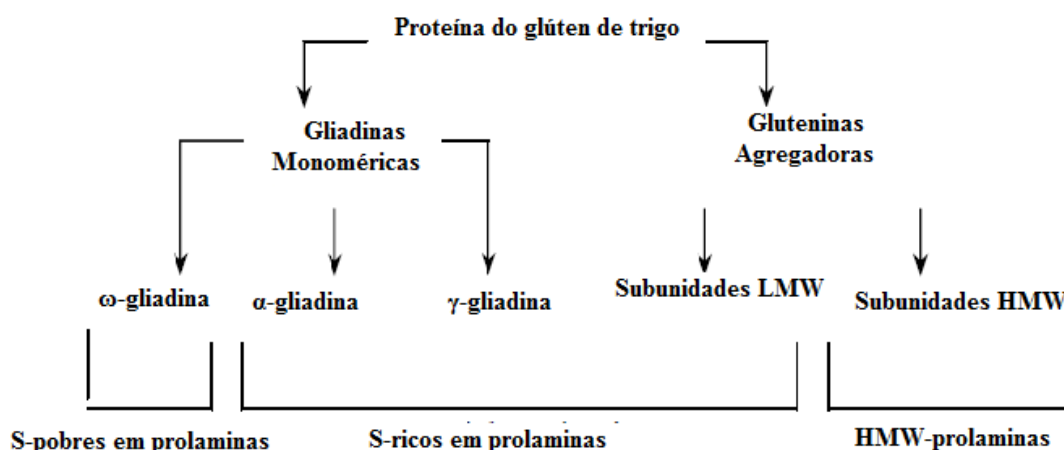


Figura 5 - Classificação das proteínas do glúten. Adaptados Shewry e Tatham (1990).

As gluteninas são compostas por dois tipos de subunidades, uma de alto peso molecular (HMW-GS) com 90.000-150.000 Da e outro de baixo peso molecular (LMW-GS) 30.000-51.000 Da, codificadas por diferentes genes (PAYNE et al., 1987; GRUPTA; BEKES; WRIGLEY, 1991). Em função destas características é que as proteínas de reserva do trigo, HMW-GS e LMW-GS, apresentam significado funcional, sendo responsáveis pelas propriedades viscoelásticas da massa (ZANATTA et al., 2002).

As HMW-GS são codificadas pelos genes do loci Glu-A1, Glu-B1 e Glu-D1 localizados no braço longo do cromossomo 1A, 1B e 1D, respectivamente (PAYNE et al., 1984). As LMW-GS são codificadas pelos genes do loci Glu-A3, Glu-B3 e Glu-D3 localizados no braço curto do cromossomo 1A, 1B e 1D, respectivamente (WEEGELS; HAMER; SCHOFIELD, 1996), como apresentado na Figura 6.

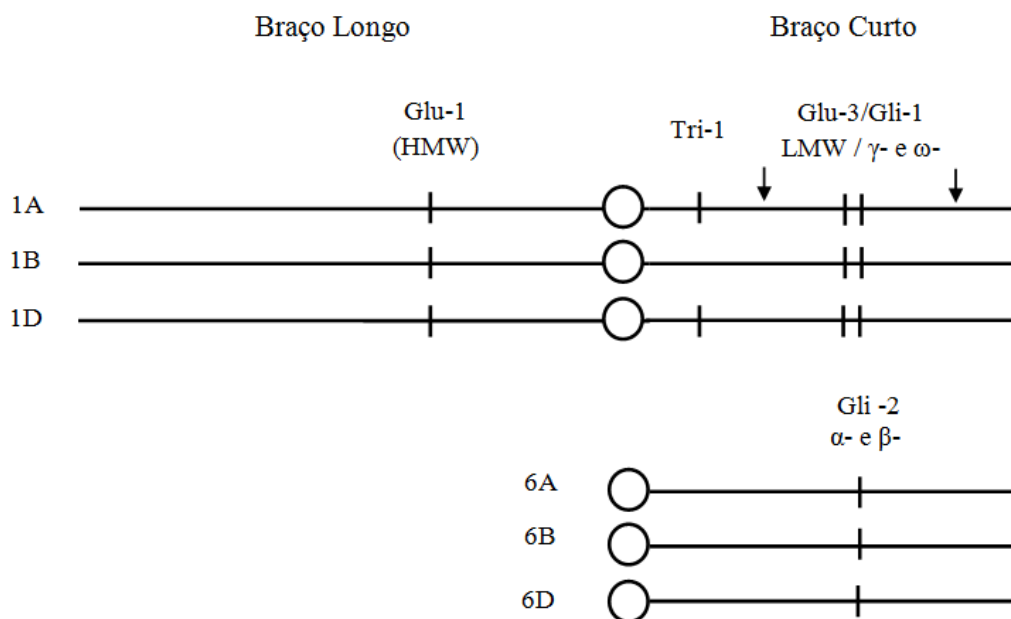


Figura 6 – Localização dos genes que codificam as subunidades de gluteninas e gliadinas de trigos. Adaptados de Macritchie e Lafiandra (1997).

A translocação de centeio constitui um fator negativo na qualidade de panificação do trigo. Segundo Chai (2006) a translocação de centeio 1B/1R foi selecionada na década de 70 na China, por conferir resistência a doenças. Com relação às características agrônômicas a translocação favorece o alto desempenho e estabilidade da cultura do trigo, porém em termos de qualidade, trigo com translocação apresenta baixa tolerância à mistura e baixo volume do pão. A principal causa do efeito negativo da translocação 1B/1R sobre as propriedades de panificação é devido à perda do loci Glu-B3 e Gli-B1 que determinam a redução do tamanho e qualidade do macropolímero do glúten, devido à substituição de proteínas poliméricas por monoméricas (LELLEY et al., 2004).

As HMW-GS tem sido as mais estudadas em função da influência que parecem ter sobre as propriedades reológicas das massas e a qualidade de panificação

(PEÑA et al., 2005; OURY et al., 2009; LI et al., 2010; ZHENG et al., 2011). As subunidades 1 e 2* do Glu-A1 são descritas como tendo um melhor efeito nos parâmetros de qualidade de panificação em relação à subunidade Nulo (D'OIDIO; ANDERSON, 1994; GRUPTA et al., 1994; HE et al., 2005). As subunidades 5+10 do Glu-D1 estão associadas à maior força da massa, enquanto as subunidades 2+12 estão associadas a uma menor qualidade de panificação (BRANLARD; DARDEVET, 1985; GIANIBELLI et al., 2001). Nas LMW-GS a subunidade *b* do Glu-A3 foi descrita como tendo um efeito positivo sobre o volume de sedimentação e índice de sedimentação (relação entre o volume de sedimentação e teor protéico) do grão. A subunidade *g* do Glu-B3 foi o que apresentou melhor efeito sobre volume de sedimentação e força de glúten (*W*) (LIANG et al., 2010).

No trabalho realizado por Peña et al. (2005) foram correlacionadas as propriedades reológicas da massa de farinha de trigo tipo pão com a quantidade de proteínas presente no endosperma de 28 cultivares e sua composição alélica. Esses autores constataram que nem a força da massa (*W*) nem a tenacidade/extensibilidade (*P/L*) se correlacionaram com a composição alélica dos cultivares. Diferentes farinhas, mas com a mesma composição alélica (em relação às gluteninas) mostraram propriedades reológicas diferentes. As gluteninas, especialmente as HMW-GS foram os componentes que mais influenciaram as *W* e *P/L*. Estas proteínas parecem aumentar a *W* e são os principais constituintes da rede de glúten. Ainda segundo esses autores, as gliadinas e as LMW-GS parecem agir como um “solvente”, e, assim modificam reologicamente as propriedades da massa interferindo na polimerização das HMW-GS ou alterando as quantidades relativas dos diferentes tipos de gluteninas avaliados.

Hernández et al. (2012) estudaram o efeito das HMW-GS e LMW-GS de 36 linhagens de trigo sobre o módulo elástico do relaxamento de estresse do grão, volume de sedimentação e parâmetros mixográficos. Eles observaram uma correlação entre o locus Glu-B3 e o volume de sedimentação, tempo de mistura da massa no mixógrafo e com a força do glúten. A força de deformação plástica, realizada no teste de compressão para avaliar as propriedades da massa, correlacionou-se com os loci Glu-A1, Glu-D1, Glu-A3 e Glu-B3. Esses autores concluíram que alelos específicos 1 ou 2* no Glu-A1, 7+9 ou 17+18 no Glu-B1, 5+10

no Glu-D1, *b* e *c* do Glu-A3 e *g*, *h* e *d* do Glu-B3 são fatores predominantes que afetam as constantes nos tempos de estresse e relaxamento do trigo.

Segundo Shewry (2009), a relação entre as HMW-GS e a força da massa foi estabelecida pela primeira vez há mais de 25 anos, por Payne et al. (1979), e as formas alélicas associadas à boa qualidade industrial do trigo vem sendo usadas por melhoristas de plantas há mais de duas décadas através da técnica de SDS-PAGE. A relação estabelecida entre o número de genes expressos nas HMW-GS, a quantidade total dessas subunidades de proteínas e a força da massa resultaram em genes de HMW-GS que conferem maior qualidade ao grão. Essa relação vem sendo alvo de estudos para a transformação genética de modo a aumentar os genes associados à melhor qualidade, desenvolvendo trigos com maior força de glúten.

O teor de proteína no trigo é considerado importante pelo seu fator nutricional e de qualidade, pois, a quantidade e o tipo de proteína presente na farinha de trigo são importantes para sua utilização (ELIASSON; LARSSON, 1993). Nos estudos realizados por Finney (1985) e Pomeranz e Bass (1988), observou-se uma relação positiva entre o teor de proteína no grão e o volume e textura dos pães. Um aumento na concentração de proteína das farinhas de 10 a 14 % resultou em um aumento no volume do pão de quase 50% (FINNEY; BARMORE, 1948).

Assim, trigos com melhor qualidade de panificação são aqueles com melhor concentração e qualidade de proteínas. O conteúdo de proteína total e a proporção de gluteninas e gliadina são os principais fatores que afetam a qualidade do pão (GUPTA; BATEY; MACRITCHIE, 1991; OSMAN; STRUIK; BUEREN, 2012). Resultados semelhantes foram observados por Uthayakumaran et al. (2000), que concluíram que o conteúdo de proteína e proporção de gluteninas e gliadina têm diferentes efeitos na determinação dos parâmetros de qualidade da massa e do pão.

3.4 CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO TRIGO

A qualidade tecnológica do trigo pode ser definida como o resultado da interação do potencial genético da cultivar e dos efeitos das condições de solo e de clima, da incidência de pragas e doenças, do manejo da cultura, bem como nas operações de colheita, de secagem e de armazenamento (GUARIENTI, 1996; SHEWRY et al., 2003).

A qualidade tecnológica do trigo está relacionada com o destino industrial da farinha produzida, sendo assim os parâmetros de qualidade mudam conforme o destino industrial que se dará à farinha originada dos diversos tipos de trigo. A identificação das propriedades de farinhas através de testes específicos para cada tipo de produto possibilita a seleção de genótipos com características adequadas a cada uso industrial.

Nos grãos, a qualidade é identificada por parâmetros físicos, como peso hectolitro, peso de mil sementes, dureza e cor dos grãos, e físico-químicos, como umidade, cinzas, teor de proteína e número de queda. Na farinha de trigo, a qualidade é identificada por parâmetros físico-químicos e reológicos, sendo comumente verificados umidade, cinzas, proteínas, número de queda, teor e força de glúten, absorção de água, propriedade de mistura, capacidade elástica e extensível da massa, capacidade de retenção de gás, e volume do pão (POMERANZ, 1978, GUTKOSKI; NETO, 2002a).

3.4.1 Peso hectolitro

O peso hectolitro (PH), medida que indica o peso específico do grão, expressos em quilogramas por 100 litros, é utilizado como medida tradicional de comercialização em vários países (COSTA et al., 2008). O PH é influenciado pela uniformidade, forma, densidade e tamanho do grão e pelo teor de matérias estranhas e grãos quebrados da amostra, servindo como indicativo da sanidade do grão (MIRANDA; MORI; LORINI, 2008).

O PH é amplamente utilizado para análise da qualidade do grão, pois é um método rápido de ser realizado, influenciado por fatores como grão mal formado e impurezas, que reduzem a qualidade (MUNDSTOCK, 1998). A alteração do PH também está ligado com o teor de proteína, fator que é resposta da interação entre genótipo e ambiente (GUARIENTI, 1996).

No PH, estão associadas várias características do grão, como a forma, a textura do tegumento, o tamanho, o peso e as características extrínsecas ao material, como a presença de palha, de terra e outras matérias estranhas (GUARIENTI, 1996). Entretanto, deve se considerar que classificação do grão estima o potencial genético da variedade, quando cultivada em condições

adequadas. A classificação de um lote comercial específico depende das condições de clima e solo, tratos culturais, secagem e armazenamento (COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 2006).

Segundo Mazzuco et al. (2002), quanto maior o valor do PH, maior a aceitação e valorização de mercado do produto, mas o fato de um genótipo de trigo ter PH alto não assegura que o mesmo seja de melhor qualidade.

3.4.2 Peso de mil sementes

O peso de mil sementes (PMS) é expresso em gramas por 1.000 sementes, avaliadas em função do tamanho e densidade do grão (HALVERSEN; ZELENY, 1988 apud DOMINGUES, 2002). Ele também melhor define a densidade das sementes no plantio do trigo e também indica a qualidade do grão pelo fato de expressar o enchimento (tamanho dos grãos), geralmente, este parâmetro indica a sanidade do grão (GUTKOSKI; NORADI; NETO, 2003).

O PMS classifica o trigo pelo tamanho, sendo que grãos de tamanho excessivo não são desejados pela indústria, pois podem provocar perdas devido às dificuldades de regulagem dos equipamentos de limpeza e moagem, enquanto grãos pequenos podem passar pelas peneiras de limpeza e causar perdas na produção de farinha pela diminuição da quantidade de trigo moído (GUARIENTI, 1996). A diferença entre os tamanhos dos grãos exerce influência na quantidade de água absorvida durante o condicionamento do grão anterior à moagem. (POSNER, 1990; GUARIENTI, 1996).

Existe uma correlação mais forte do PMS com o rendimento da moagem do que o PH, pois os grãos maiores e densos apresentam maior proporção de endosperma do que grãos menores e menos densos (HALVERSEN; ZELEY, 1988 apud DOMINGUES, 2002). Os grãos pequenos ou murchos têm percentualmente mais farelo e germe, apresentando maior conteúdo de cinzas e fibras que os grãos grandes e cheios. O teor de cinzas do trigo tem uma relação inversa com o rendimento da farinha (GAINES; FINNEY; ANDREWS, 1997).

3.4.3 Número de queda

O número de queda (NQ) tem por finalidade verificar a atividade da α -amilase, do grão e da farinha de trigo, a fim de detectar danos causados na germinação da espiga (PERTEN, 1964). O teste se baseia na viscosidade do amido gelatinizado, de forma a demonstrar a atividade da α -amilase na amostra. Quanto mais viscosa a pasta, maior é o NQ e menor é a atividade da α -amilase. O primeiro efeito causado pela hidrólise da enzima α -amilase é a diminuição da viscosidade devido a quebras no interior da molécula de amido (FANORI et al., 2002).

A α -amilase hidrolisa o amido presente na farinha de trigo, formando dextrinas que são posteriormente hidrolisadas pela β -amilase, resultando em moléculas de maltose (OWENS, 2001). A maltose, dissacarídeo na forma solúvel, quando hidrolisada e quebrada em moléculas de glicose, que são utilizadas como substrato pelas leveduras na fermentação, liberando gás carbônico. A formação de dextrinas é importante na coloração da crosta do pão. A α -amilase tem várias funções na produção do pão e a mais importante é a liberação de açúcares do amido durante a fermentação. Esses açúcares servem de substrato para as leveduras que produzem gás carbônico (FANORI et al., 2002).

A elevada ação da enzima α -amilase, baixos número de queda, na farinha de trigo têm sido relacionada a três fatores principais, germinação antecipada do grão de trigo imaturo, síntese de α -amilase durante a maturação retardada do grão, e germinação do grão após superação da dormência devido à colheita atrasada (INDRANI; RAO, 2007; XU; BIETZ; CARRIERE, 2007). Produtos com altos teores de α -amilase tendem a fornecer produtos pegajosos e de baixo volume (MIRANDA; EL-DASH, 2002).

3.4.4 Sedimentação

O volume de sedimentação mede a força do glúten tanto para trigos próprios para a panificação quanto para trigos *durum*, adequados à produção de pastas alimentícias (MANDARINO, 1993), sendo um teste rápido, econômico e que requer pequena quantidade de amostra.

O teste de sedimentação com sulfato dodecil de sódio é empregado para estimar o potencial de panificação (força do glúten) de uma cultivar em programas de melhoramento genético. É um teste rápido e econômico e requer uma quantidade pequena de amostra (1 g), facilitando as análises de segregantes dos programas de pesquisas. Os valores de sedimentação são influenciados pela qualidade e pela quantidade do glúten (GUARIENTI, 1996).

Os volumes de sedimentação também são altamente influenciados pelo ambiente, ano-safra, e suas interações com cultivar (BASSETT; ALLAN; RUBENTHALER, 1989; GRAYBOSCH et al., 1996; CARTER; MORRIS; ANDERSON, 1999). No entanto, volumes de sedimentação são altamente dependentes das características genéticas e podem ser utilizados para a seleção entre progênies de primeira geração (MATUZ, 1998).

No estudo realizado por Oelofse, Labuschagne e Deventer (2010) observou-se uma relação altamente significativa entre volume de sedimentação e tempo de desenvolvimento da massa (TDM), sendo que esta relação era esperada, uma vez que ambos os parâmetros são influenciados pelo glúten. Portanto, nas fases iniciais dos programas de melhoramento a seleção de linhagens de trigo com maior volume de sedimentação pode resultar em cultivares que apresentem boas características de força da massa. No início do processo de seleção de linhagens de trigo, com potencial de panificação, o material disponível é insuficiente para realizar testes reológicos, sendo que, o volume de sedimentação é considerado uma análise de fácil execução e que fornece uma boa previsão da qualidade. Contudo, nas gerações avançadas é necessário avaliar as características reológicas e de panificação dos materiais produzidos para realizar a seleção dos genótipos.

3.4.5 Moagem do trigo

O grão de trigo é constituído de 2-3 % de gérmen, de 15 % de farelo e de 78-84% de endosperma. No processo de moagem ocorre a separação do farelo e do gérmen, reduzindo o endosperma à farinha branca, sem perdas significativas no farelo (QUAGLIA, 1991).

A etapa inicial da moagem consiste no acondicionamento ou umidificação do grão de trigo para facilitar a separação da casca. A presença de água no grão de

trigo torna o endosperma mais macio e o farelo (fibra) mais elástico e resistente reduzindo a fragmentação na moagem (ELIASSON; LARSSON, 1993).

O processo de moagem do trigo compreende uma diminuição gradual no tamanho das partículas, primeiro entre os rolos de quebra, corrugados e por último entre os rolos de redução, lisos. Esta separação é possível devido as diferentes propriedades físicas do farelo, do germe e do endosperma. O farelo é resistente devido o seu alto conteúdo de fibra enquanto o endosperma é mais quebradiço. O germe, em função de seu alto conteúdo de óleo, forma flocos ao passar entre os rolos de redução. Além destas diferenças físicas, as partículas das várias partes do grão de trigo diferem em densidade. Isto torna possível sua separação pelo emprego de correntes de ar. As diferenças na fragmentação do farelo e do endosperma são acentuadas pelo condicionamento do trigo, que envolve adição de água até um nível ótimo de umidade, realizado antes da moagem. A adição de água endurece o farelo e amacia o endosperma, facilitando ainda mais a separação das frações (POMERANZ, 1988).

As propriedades físicas do endosperma, tais como a dureza, estão intimamente relacionadas com o processo de moagem que pode afetar o teor de amido danificado, tamanho de partícula, distribuição de sêmola e tamanho dos grânulos de amido presentes na farinha e rendimento da moagem. A dureza do grão é, portanto, um dos fatores mais importantes na avaliação do trigo para fins comerciais e desempenha um papel importante no que diz respeito à adequação da moagem em moinho comercial. A dureza e a suavidade são as características de moagem relacionadas com a forma como o endosperma se quebra (HRUŠKOVÁ; ŠVEC, 2009).

3.4.6 Propriedades reológicas da farinha

As propriedades viscoelásticas da massa de trigo são os principais fatores na determinação da qualidade de panificação, sendo essas propriedades resultantes da estrutura e interações das proteínas do glúten (SHEWRY; TATHAM; HALFORD, 1999).

As características de qualidade do trigo estão relacionadas com as cultivares que melhor interagem com o ambiente em comparação a outras (FELICIO et al.,

1998), sendo que as propriedades reológicas da farinha de trigo são altamente hereditárias e a qualidade da farinha de trigo depende, principalmente, da qualidade do grão que a originou e das condições de moagem utilizadas (PRABHASANKAR; SUDHA; RAO, 2000).

Os parâmetros de qualidade da farinha de trigo são definidos pela sua composição (umidade, teor de proteína, teor de cinzas) e suas propriedades reológicas (alveografia, farinografia e extensografia) (MOUSIA et al., 2004). As propriedades tecnológicas do trigo são dependentes das proteínas que estão intimamente ligadas ao patrimônio genético de uma variedade (proteínas formadoras do glúten: gliadina e glutenina), as quais sofrem alterações causadas por fatores ambientais (KHATKAR et al., 2002).

Avaliar as propriedades viscoelásticas da massa de um produto alimentar específico (pão, bolo ou massa) é fundamental para avaliar e prever a qualidade do produto final (DOBRASZCZYK, 2004).

Os testes físicos da massa são usados para avaliar o potencial de panificação, a força e o desempenho da farinha sob condições mecanizadas (OLIVER; ALLEN, 1992). Segundo Rao e Rao (1993), a avaliação tecnológica ajuda a prever o comportamento da massa e a qualidade dos produtos finais. A análise das características tecnológicas da massa desempenha um papel importante no controle de qualidade e na definição da especificação de ingredientes dos produtos elaborados (ELIASSON et al., 1993; GUTKOSKI; NODARI; NETO, 2003).

A qualidade da farinha de trigo e suas características próprias para a produção dos seus diferentes produtos derivados são determinadas através de diversas análises de qualidade. As análises tecnológicas são baseadas nas características reológicas da massa, com e sem adição de leveduras e com hidratação constante ou variável (MANDARINO, 1993).

As medidas destas propriedades reológicas da farinha de trigo são largamente utilizadas para a seleção de novas cultivares, para a qualidade e controle de moinhos e padarias, e na concepção e adaptação de processos nas indústrias de moagem e panificação (MANDARINO, 1993).

3.4.6.2 Farinografia

A farinografia é um dos mais completos e sensíveis testes para a avaliação da qualidade de mistura da massa de farinha de trigo. Alguns parâmetros determinados pela farinografia são absorção de água, tempo de chegada, tempo de desenvolvimento, tempo de saída e estabilidade (GUARIENTI, 1996).

A partir do aparelho farinógrafo obtém-se o tempo de mistura que é interpretado como o tempo de desenvolvimento da massa. O ponto de máxima resistência é identificado como o desenvolvimento ótimo da massa, e é seguido de uma diminuição na consistência e resistência à mistura (POMERANZ, 1988). A absorção de água que representa a quantidade de água necessária para que a massa atinja a consistência ótima de 500 unidades Brabender (BU) também é analisada. A absorção de água aumenta com o aumento da quantidade de proteína, melhorando a qualidade do glúten. O farinograma também fornece informação a respeito do tempo ótimo de mistura, estabilidade da massa, que é o tempo que a massa permaneça consistente durante o batimento, e o índice de tolerância à mistura é a diferença de consistência da massa (em UF) entre o topo da banda no ponto máximo e o topo da banda cinco minutos após o ponto máximo ser atingido. Quanto maior o ITM, menor é a tolerância da farinha à mistura. (POMERANZ, 1988).

3.4.6.3 Extensografia

A extensografia é a medida da resistência da massa à extensão, enquanto ela é esticada a velocidade constante após um período de descanso (BRABENDER, 2008). No teste do extensógrafo, as características da massa são medidas em diferentes períodos de descanso, o que permite avaliar a influência do tempo de fermentação no desempenho da farinha em panificação. Essa medida é importante na retenção de gás (HRUSKOVA; SVEC; JIRSA, 2006). No extensógrafo também pode se avaliar a resposta da farinha a aditivos melhoradores.

3.5 QUALIDADE TECNOLÓGICA DA PANIFICAÇÃO

O pão é obtido pela cocção da massa preparada com farinha de trigo, água, levedura, sal, açúcar e gordura, em condições tecnológicas adequadas (BRASIL, 2000). As propriedades viscoelásticas da massa de trigo são os principais fatores na determinação da qualidade de panificação, sendo essas propriedades resultantes da estrutura e interações das proteínas do glúten (SHEWRY; TATHAM; HALFORD, 1999). Um pão de boa qualidade deve ter uma aparência de massa cozida, cor, simetria e aroma característicos. A cor da crosta deve ser dourada homogênea e brilhante. A simetria deve ser uniforme e bem definida, indicando que o processamento ocorreu de forma adequada. Segundo Roussel (1991), os cortes devem estar bem separados, sendo regulares e desenvolvidos.

As transformações na massa dependem dos componentes usados e ocorrem em três etapas: a primeira, durante o tratamento mecânico dos ingredientes a frio, que resulta na homogeneização da mistura, formação de emulsão de lipídios, proteínas e água (formação do glúten), solubilização dos açúcares e crescimento (aumento do volume). As leveduras produzem CO₂ e pequenas quantidades de etanol na massa a frio, em repouso após a homogeneização; na segunda etapa, ocorrem transformações durante o cozimento da massa: desnaturação de proteínas, gelatinização do amido, crescimento da massa, reação de Maillard, caramelização e diminuição de água livre. Nessa etapa, há formação das estruturas, dos aromas e da cor características, devido à reação de Maillard e caramelização superficial; a terceira etapa é o envelhecimento da massa, que está relacionada com a perda de umidade (BOBBIO; BOBBIO, 2001; OWENS, 2001).

Os fatores que afetam a formação e as características do glúten são: o teor de água que pode ser insuficiente; o excesso de manuseio mecânico que, para o trigo mole diminui sua resistência; o excesso de oxidação, reduzindo a extensibilidade; a presença de enzimas proteolíticas, que destroem a cadeia peptídica, reduzindo ou destruindo a resistência do glúten; a falta de lipídios, afetando as propriedades mecânicas, principalmente a extensibilidade; e o excesso de fermento, o que acarreta na rigidez da massa (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

A temperatura de cozimento também pode ser considerada um interferente, pois quando a temperatura inicial é mantida muito baixa, em relação à temperatura

de desnaturação do glúten há aumento de pressão e perda de gases durante a desnaturação e conseqüentemente rigidez da estrutura. Temperaturas muito altas no cozimento inicial causam enrijecimento nas superfícies e impedem um bom crescimento ou formam fendas nas partes superiores quebrando as superfícies já parcialmente enrijecidas (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Neste trabalho, 16 genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.), dentre eles 4 cultivares e 12 linhagens: IPR Catuara TM, IPR 85, IPR130, IAPAR 78, LD 101108, T 081099, T 091006, T 091008, T 091015, T 091027, T 091028, T 091031, T 091033, T 091056, T 091069 e T 091088, foram utilizados. Esses genótipos são oriundos do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) do Programa de Cereais de Inverno participantes dos blocos de cruzamentos da estação experimental de Londrina – PR.

As sementes foram semeadas e colhidas na estação experimental de Londrina –PR, no ano de 2010. A colheita das parcelas foi realizada após os grãos atingirem a maturação da colheita (estágio fenológico 11.4, da escala de Feekes). Em todas as amostras, a secagem dos grãos foi ao ar livre. Realizou-se amostragem dos grãos em que foram separados 6 Kg de cada material. Os genótipos foram armazenados em câmara fria, a 4 °C, até o momento de sua utilização.

Os dados de precipitação pluvial e de temperatura relativos ao período da cultura tritícola, obtidos junto a Estação Metrológica do IAPAR em Londrina-PR, está apresentado na Figura 7.

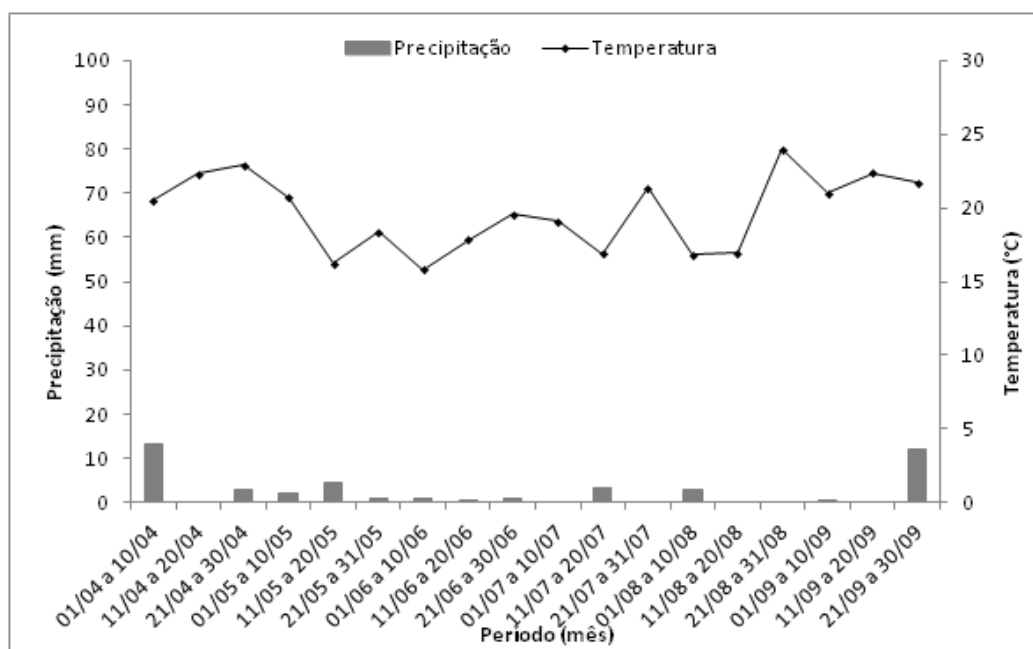


Figura 7 - Dados de precipitação pluvial e de temperatura média.

Os genótipos analisados apresentaram cruzamentos e características agrônômicas distintos, como apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2 - Cruzamento dos genótipos avaliados.

Linhagem/Cultivar	Cruzamento
IAPAR 78	VEERY "S" / BOBWHITE "S"
IPR 85	IAPAR 30 / BR 18
IPR Catuara TM	LD 975 / IPR 85
IPR130	RAYON//VEE#6/TRAP#1
LD 101108	AVANTE/LD 975
T 081099	IPR 118/IPR 84
T 091006	BR 18/AVANTE
T 091008	BRS 208/RUBI
T 091015	IA 0209/IPR 85
T 091027	LD 2004/PF 940366
T 091028	LD 2007/SD 0010
T 091031	AVANTE/WT 99116
T 091033	LD 975/PF 973518
T 091056	IPR 118/BRS 220
T 091069	LD 2011/IA 0208
T 091088	OC 14//IAPAR 29/AC MINTO/3/BRS 208

Tabela 3 - Características agronômicas dos genótipos de trigo.

Genótipo	ESP* (dias)	AP* (cm)	MAT* (dias)	PHS*	Al+3*	AC*
IAPAR 78	71	88	120	M	MR	MR
IPR 85	60	85	113	MR	MR	MS
IPR Catuara TM	59	87	112	MR	MR	MS
IPR130	63	79	119	MS	MS	MR
LD 101108	59	75	119	MR	1	0
T 081099	60	85	125		MR	3
T 091006	63	83	116	MR	2	0
T 091008	63	88	118	MR	5	1
T 091015	66	95	120	MR	1	0
T 091027	64	85	118	R	0	0
T 091028	64	88	117	MR	5	1
T 091031	63	85	123	MS	3	1
T 091033	69	83	123	MS	0	1
T 091056	60	88	117	MR	1	0
T 091069	68	83	124	MR	2	0
T 091088	60	90	119	R	0	2

ESP= dias ao espigamento; AP= altura da planta; MAT= dias até a maturação; PHS= nível de resistência à germinação pré-colheita; AC= Acamamento; Al+3= tolerância ao alumínio tóxico do solo. MT= moderadamente tolerante; MR= moderadamente resistente; MS= moderadamente suscetível; R= resistente. *0-9= notas de 0 (ausência) a 9 (suscetível).

Os reagentes utilizados nas análises estavam puros (p.a.) e foram utilizados sem qualquer purificação

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Propriedades físicas dos grãos de trigo

4.2.1.1 Peso de mil sementes

A massa de 1000 sementes foi obtida mediante a contagem e pesagem de oito repetições de 100 sementes de trigo. A média desses valores foi multiplicada por 10 para obtenção do valor da massa de 1000 sementes (BRASIL, 2009).

4.2.1.2 Peso hectolitro

Determinou-se a massa de 100 litros, expressa em quilogramas por hectolitro (Kg/hL), utilizando o medidor G800 (GEHAKA AGRI).

4.2.1.3 Índice de dureza dos grãos de trigo

O índice de dureza (ID) dos grãos foi determinado segundo o método 55-31, da AACC (2000) usando equipamento SKCS - *Single Kernel Characterization System* (sistema de caracterização individual da semente), modelo 4100, da Perten Instruments, empregando amostra de 300 grãos para cada determinação, com duas repetições para cada amostra, para estimar o índice de dureza do grão (ID) e o diâmetro externo do grão. A dureza do grão foi determinada pela medida experimental da força necessária para triturar o grão de trigo, segundo o manual de operação do SKCS que classifica o índice de dureza do grão de trigo conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação do índice de dureza dos grãos de trigo.

Categoria	Índice de dureza
Extra duro	Acima de 90
Muito duro	81 – 90
Duro	65 – 80
Semi-duro	45 – 64
Semi-mole	35 – 44
Mole	25 – 34
Muito mole	10 – 24
Extra mole	Abaixo de 10

FONTE: Adaptado do AACC (2000).

4.2.2 Avaliação da qualidade dos grãos de trigo

Os grãos de trigo de cada genótipo foram moídos em moinho de martelo (Perten Laboratory Mill 3100) com granulometria de 0,8 mm. Desse material foi determinado o teor de umidade, teor de proteína, o volume de sedimentação e o número de queda, sendo as análises realizadas em triplicata.

4.2.2.1 Teor de umidade

O teor de umidade dos grãos foi determinado de acordo com o método 44-15 A do Approved Methods of the American Association of Cereals Chemists (AACC, 2000).

4.2.2.2 Conteúdo de proteína

O teor de nitrogênio foi determinado de acordo com o método 46-13 – Método de Kjeldahl – do AACC (2000). O fator de correção 5,7 foi utilizado para o cálculo da proteína total.

4.2.2.3 Número de queda

O número de queda foi determinado no aparelho “Falling Number” (FN 1500 – Perten Instruments), de acordo com o método 56-81 B do AACC (2000).

4.2.2.4 Sedimentação

O volume de sedimentação foi determinado utilizando o método descrito por Peña et al. (1990). O reagente SDS- ácido-láctico foi preparada por dissolução de 20 g de SDS em 1 L de água e adição de 20 mL de solução stock de ácido láctico diluído (uma parte do ácido láctico, mais oito partes de água por volume). Em seguida, 1 g de farinha integral foi brevemente colocadas em 25 ml de uma proveta graduada, foi adicionado 6 ml de água contendo Coomassie Brilliant Blue R250 e a proveta foi agitada em vórtex durante 5 minutos. Em seguida, 19 mL de reagente de SDS-ácido-láctico foi adicionado, e o conteúdo da proveta foi misturado durante 5 min. Finalmente, as provetas foram colocadas numa posição vertical, e o volume de sedimentação foi determinada 14 min mais tarde. O índice de sedimentação foi calculado como a relação entre o volume de sedimentação e o teor de proteína.

4.2.3 Condicionamento dos grãos para a moagem experimental

Para o condicionamento dos grãos, o método 16-10 da AACC (2000) foi utilizado. Inicialmente a umidade do trigo foi determinada para calcular a quantidade de água necessária para que o trigo atinja a umidade de 16 % (Equação 1).

$$\text{Água a ser adicionada} = \frac{(100 - \text{umidade original (\%)} - 1)}{100 - \text{umidade desejada (\%)}} \times \text{peso amostra (g)} \quad (1)$$

4.2.4 Moagem experimental

A moagem experimental foi realizada de acordo com o método nº 26-10 da AACC (2000), no moinho Chopin, modelo CD1 reproduzindo o processo industrial para avaliar o percentual de extração da farinha. Os produtos da moagem gerados

foram: farinha da trituração, farinha da redução, farelo grosso da trituração e farelo fino da redução. O rendimento de moagem foi determinado em função da massa total de grãos após o condicionamento (Equação 2) e a extração da farinha foi calculada em função da farinha de trituração e redução de acordo com a Equação 3.

$$\% \text{Rendimento} = \frac{\text{Farinha extraída}}{\text{Massa de grãos}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Extração da farinha} = [\% \text{ de farinha de trituração} + \% \text{ de farinha de redução}] \quad (3)$$

4.2.5 Propriedade físico-química da farinha

4.2.5.1 Teor de umidade

O teor de umidade da farinha foi determinado de acordo com o método 44-15 A da AACC (2000).

4.2.5.2 Conteúdo de proteína

O teor de nitrogênio foi determinado de acordo com o método 46-13 – Método de Kjeldahl – do AACC (2000). O fator de correção 5,7 foi utilizado para o cálculo da proteína total.

4.2.5.3 Número de queda

O número de queda foi determinado no aparelho “Falling Number” (FN 1500 – Perten Instruments), de acordo com o método 56-81 B do AACC (2000).

4.2.5.4 Teor de amido danificado

O teor de amido danificado na farinha de trigo foi determinado de acordo com o método do AACC 76-33 (2000), utilizando o método amperométrico em equipamento SDSmatic-Chopin. O equipamento detecta a quantidade de iodo

absorvido pelos grânulos de amido da farinha testada e determina a média do amido danificado.

4.2.5.5 Coloração da farinha

A cor das farinhas foi avaliada em colorímetro CR-400/410 – Konica Minolta, segundo Kim e Flores, (1999). O aparelho foi calibrado com o padrão fornecido pelo fabricante e ajustado para medir a luminosidade (L), o componente cromático verde-vermelho (a^*) e o componente cromático azul-amarelo (b^*).

4.2.5.6 Capacidade de retenção do solvente

O teste de capacidade de retenção de solvente foi realizado segundo método 56-11 da AACC (2000). Cinco gramas de farinha de trigo foram suspensas em 25g de água, de carbonato de sódio a 5%, de sacarose a 50% e de ácido láctico a 5%. As amostras foram agitadas durante 25 minutos e centrifugadas a 100 g durante 15 minutos. Cada precipitado obtido foi pesado e a capacidade de retenção de solvente foi calculada.

4.2.6 Propriedades reológicas da farinha de trigo

4.2.6.1 Farinografia

O método de farinografia foi realizado de acordo com o método nº 54-21 da AACC (2000), em que foram determinadas as propriedades de mistura da farinha, por meio da medida da resistência de uma massa contra a ação de mistura. Os seguintes parâmetros foram determinados pela análise no farinógrafo: absorção de água, tempo de chegada, tempo de desenvolvimento, tempo de saída e estabilidade da massa e índice de tolerância à mistura.

4.2.6.2 Extensografo

O método de extensógrafo foi realizado de acordo com o método nº 54-10 da AACCC (2000), para medir a resistência da massa à extensão, de forma uniaxial, enquanto ela é esticada à velocidade constante, após períodos de descanso de 45, 90 e 135 min.

4.2.7 Propriedades de panificação

Os pães foram elaborados segundo método descrito por Oliveira (2010), com modificações. Para cada amostra foi calculada a quantidade de farinha de trigo (corrigidos em 14 % de umidade) e a quantidade de água adicionada foi calculada utilizando a capacidade de absorção de água da farinha determinada no farinógrafo. A formulação utilizada está apresentada na Tabela 5.

A massa foi misturada em uma batedeira planetária Brastemp Kitchen Aid com batedor tipo gancho. Primeiro a farinha de trigo, a gordura vegetal e o açúcar foram misturados por 1 min, em seguida foram adicionados o fermento biológico e parte da água e misturados por 1 min. O restante da água foi diluído com o sal e a solução foi adicionada à massa. O tempo de batimento para o desenvolvimento do glúten foi determinado no farinógrafo. A massa permaneceu em descanso por 15 min em estufa tipo BOD a 32°C e 80% de umidade. Após esse período a massa foi dividida em porções de 100 g, as quais foram boleadas e permaneceram em repouso por mais 15 min. As massas foram mecanicamente laminadas, enroladas (*Universo, MQ, Brasil*) e enformadas, em formas de 15 x 8 cm. O descanso final foi realizado a 32 °C e 80 % UR durante 1 hora. Os pães foram forneados a 150 °C por 15 min com injeção de vapor de 3 segundos. Em seguida, os pães foram esfriados por duas horas a temperatura ambiente antes da realização das análises.

Tabela 5 - Formulação da massa para o teste de panificação.

Ingredientes	Quantidade de Ingrediente (%)
Farinha de trigo*	100
Gordura Vegetal	3
Sal	1,5
Açúcar	3
Fermento Biológico	2
Água	Absorção de 60%

*corrigida para 14% de umidade

4.2.8 Avaliação tecnológica da massa e do pão

4.2.8.1 Volume da massa

O aumento do volume das massas de pão durante a fermentação foi determinado de acordo com o método 22-14 da AACC (2000), usando-se um cilindro graduado, e foi calculado pela diferença entre o volume final e o volume inicial da massa multiplicado por 100.

4.2.8.2 Volume específico do pão

O volume do pão foi determinado usando o método de deslocamento de sementes, de acordo com método 10-05 da AACC (2000). O volume específico foi calculado pela relação volume/peso (cm^3g^{-1}). Foram utilizados 3 pães de cada formulação e a análise foi realizada em triplicata para cada pão

4.2.8.3 Firmeza dos pães

A firmeza do miolo dos pães foi determinada com o uso de um texturômetro (*modelo – TA – XT2i, Stable Micro Systems*) de acordo com método 74-09 da AACC (2000). A força em (Newton) máxima requerida para comprimir uma fatia do miolo com 25 mm de espessura a 40% de sua altura original, usando uma sonda circular (probe P/36R) foi determinada e usada como o valor da firmeza do miolo. O

programa Exponent foi utilizado para o processamento dos dados. Todas as determinações foram realizadas com seis repetições.

4.2.8.4 Coloração da crosta e do miolo do pão

Os parâmetros L, a*, b*, C* e h* da cor instrumental do miolo dos pães foram analisados utilizando um colorímetro *ColorFlex (Hunter lab)* e software universal com fonte de iluminação D65 e ângulo de visão de 10°, ajustado para refletância especular incluída. Fatias de 1,25cm de espessura foram analisadas.

4.2.9 Determinação das subunidades protéicas por eletroforese

Para identificação das subunidades de gluteninas de alto e baixo peso molecular foi utilizada a eletroforese unidimensional em gel de poliacrilamida com dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE). A extração das proteínas do trigo (gliadina / glutenina) foi realizada de acordo com método de Peña, González e Cervantes (2004). No preparo das amostras os grãos de trigo foram macerados em almofariz para obtenção da farinha integral. Foram pesados 20 mg de farinha integral em tubos eppendorf de 2 mL e adicionados 0,75 mL de propanol 50 % para separar as frações de gliadina e glutenina. Os tubos foram agitados em vortex por 5 min, incubados a 65°C/30 min, novamente agitados e centrifugados a 10.000 rpm/2 min. O sobrenadante (contendo a gliadina) foi evaporado por aproximadamente 24 horas a 65 °C. Após evaporação do álcool, 300 µL da solução extração de gliadina (2 % SDS, 40 % glicerol, 0,02 % Comassie Blue R250, pH 8) foram adicionados e os tubos foram agitados em vortex por 5 min. A mistura foi incubada a 90°C/5 min e centrifugada a 10.000 rpm/5 min. Alíquotas de 6 µL do sobrenadante (gliadina) foram utilizadas para a eletroforese.

Ao precipitado (glutenina) foi adicionado 100 µL da solução de 1,4 % DTT (Ditiotreitol) e a mistura foi incubada a 65°C por 30 minutos, agitada em vortex e posteriormente centrifugada a 10.000 rpm. Após centrifugação, 100 µL da solução de 1,5% Viril Piridina foi adicionada e a mistura foi homogeneizada em vortex, incubada a 65°C/15 min e centrifugada a 10.000 rpm/5 min. Alíquotas de 100 µL do sobrenadante foram misturadas a 100 µL da solução extração de glutenina (2 %

SDS, 40 % glicerol, 0,02 % de Comassie Blue R 250, pH 6,8), homogeneizadas em vortex, incubadas a 90°C/5 min e centrifugadas a 10.000 rpm/5 min. Alíquotas de 6 µL do sobrenadante (glutenina) foram utilizadas para a eletroforese.

O gel de eletroforese SDS-PAGE, tinha 155 mm de altura e 1,5 mm de espessura com pente (carril) para 20 amostras. O gel de corrimento tem concentração de 13% de acrilamida e o gel concentrador 4,8% de acrilamida. A solução tampão utilizada foi a Tris-Glicina (0,025 M Tris, 0,192 M Glicina e SDS 1 %) 10 x concentrada a pH 8,3. O tempo de corrida do gel foi de 17 horas a uma intensidade de 12,5 mA por gel, sob refrigeração a 15 °C.

Os alelos de gluteninas de alto peso molecular (Glu-A1, Glu-B1 e Glu-D1) foram identificados de acordo com a nomenclatura proposta por Payne et al. (1987), e as de baixo peso molecular (Glu-A3 e Glu-B3) de acordo com Shing, Shepherd e Cornish (1991) e Branlard et al. (2003).

Para estimar o efeito da seleção usando as HMW-GS na qualidade foi calculado o Escore Total (ET), de acordo com a Equação 4.

$$ET = [\text{Glu-A1 (valor}_1) + \text{Glu-B1 (valor}_2) + \text{Glu-D1 (valor}_3)] \quad (4)$$

Os valores de Glu1 foram avaliados: no Glu-A1 a subunidade 1 (valor₁=3), 2* (valor₁=3) e Nulo (valor₁=2); no Glu-B1 as subunidades 17+18 (valor₂=3), 7+8 (valor₂=3) e 7+9 (valor₂=2); no Glu-D1 as subunidades 5+10 (valor₃=4) e 2+12 (valor₃=2). Um genótipo pode apresentar ET mínimo de 4 e máximo de 10 (PAYNE et al., 1987).

Quando o genótipo apresentou translocação de centeio, o ET foi ajustado conforme proposto por Zanatta et al. (2002), subtraindo 3, 2 ou 1 pontos de seu escore, para os genótipos com escore entre 8 e 10, 5 e 7 ou 4, respectivamente.

4.2.10 Isolamento do amido de trigo

O amido foi isolado dos grãos de trigo de acordo com o método de Raeker et al. (1998) com algumas modificações. Os grãos de trigo (~200 g) foram grosseiramente triturados em moinho de rolos e macerados com HCl 0,02 M (10 mL/g de grãos de trigo) a 4 °C durante 18 horas. Após esses período a água de

maceração foi neutralizada com NaOH 0,2 M. Os grãos então foram triturados em liquidificador, em velocidade baixa durante 30 segundos, utilizando quantidades suficientes de água de maceração neutralizada. A mistura foi então filtrada em peneira de nylon de 110 µm, com auxílio do vácuo e agitação. A fração retida na peneira foi repetidamente triturada em liquidificador com água destilada, até que não se observasse mais amido presente na mesma. O filtrado foi passado em peneira de nylon de 65 µm com auxílio do vácuo e agitação para a separação das fibras. O amido presente no filtrado foi recuperado, através de centrifugação a 1500 g durante 10 min. O amido bruto foi ressuspensão em água destilada e novamente centrifugado, para separar a camada de amido (inferior) da camada superior de coloração verde/marrom (proteína), a qual foi removida, com o auxílio de espátula. Esse procedimento foi repetido quatro vezes para a retirada da camada superior. Em seguida, o amido obtido foi purificado com adição de tolueno:solução de NaCl 0,2 M (1:5, v/v) e agitação forte durante 30 min. Após a 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 o restante foi centrifugado para a recuperação do amido ainda presente nessa solução. A etapa de purificação com tolueno:solução de NaCl foi repetida mais duas vezes. O amido purificado foi ressuspensão em água destilada e centrifugado a 1500 g durante 10 min, procedimento que foi repetido mais cinco vezes. O amido foi seco em estufa com circulação de ar a 40 °C durante 12 horas.

4.2.11 Análises físico-químicas e propriedades do amido isolado

4.2.11.1 Teor de fósforo e lisofosfolídeos

O teor de fósforo total dos amidos foi determinado em triplicata de acordo com o método colorimétrico de Smith e Caruso (1964). A quantificação foi realizada empregando curva padrão de fósforo.

De acordo com Morrison (1995), 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. Para o amido de trigo, o

teor de fósforo multiplicado por 16,39 fornece o teor de lisofosfolípídeo (MORRISON, 1988). Dessa forma, foi utilizado o teor total de fósforo para calcular o teor de lisofosfolípídeo.

4.2.11.2 Afinidade por iodo e teor de amilose aparente

Os amidos nativos foram previamente desengordurados conforme descrito por Franco et al. (2002) com modificações. Amostras de 0,5 g de amido foram dispersas em 25 mL de DMSO 90 %, colocadas sob agitação em banho de água fervente por 1 h, e, agitadas por mais 16 h à temperatura ambiente. Os amidos foram precipitados com aproximadamente 75 mL de etanol anidro e centrifugados a 12000 g por 10 min. Em seguida, os amidos precipitados foram novamente dispersos em etanol anidro, filtrados a vácuo, e secos em estufa com circulação forçada de ar a 38 °C por 24 h.

A afinidade por iodo (AI) dos amidos desengordurados foi determinada usando um autotitulado potenciométrico (716 DMS Titrino, Metrohm, Suíça). Os teores de amilose aparente foram determinados usando a metodologia descrita por Schoch (1964) com modificações de Kasemsuwan et al. (1995). Todas as determinações foram realizadas, no mínimo, em triplicata. O teor de amilose aparente foi calculado segundo a Equação 5.

$$AM_{ap} = 100 \times AIA / 20\% \quad (5)$$

Em que:

AM_{ap} = teor de amilose aparente

AIA = afinidade por iodo do amido integral

20% = afinidade por iodo da amilose pura (TAKEDA; HIZUKURI, 1987).

4.2.11.3 Propriedades de pasta

As propriedades de pasta dos amidos de trigo foram determinadas utilizando um Rápido Visco Analisador (RVA-4, Newport Scientific, Austrália) de acordo com o procedimento descrito por Franco et al. (2002). Suspensões de amido (8 % m/m, num total de 28 g) foram colocadas em recipientes de alumínio próprios do equipamento, e estes acoplados ao RVA. No início da análise, o RVA foi mantido a

50 °C durante 1 min; após este tempo, foi aquecido a 95 °C a uma razão de 6 °C/min e permaneceu nesta temperatura por 5 min; então o RVA foi resfriado a 50 °C também a uma taxa de 6°C/min e permaneceu nesta temperatura até o final da análise. Foram necessários 23 min para completar o experimento. Durante todo o experimento o RVA manteve as suspensões sob agitação a 160 rpm. O programa Termoclines for Windows, versão 2.2 (Newport Scientific, Austrália) foi utilizado para o processamento dos resultados. Todas as determinações foram realizadas em duplicata.

4.2.11.4 Propriedades térmicas

As propriedades térmicas dos amidos foram determinadas utilizando um Calorímetro Diferencial de Varredura (DSC-Pyris 1, Perkin Elmer, EUA) de acordo com o método descrito por Franco et al. (2002), com modificações. Amostras de 2 mg (b. s.) dos amidos foram pesados em pequenos recipientes de alumínio, próprios para o equipamento. Água deionizada (6 µL) foi adicionada e os recipientes foram selados em prensa universal (Perkin Elmer, EUA). Os recipientes selados foram mantidos por 2 horas em temperatura ambiente e então aquecidos a uma razão de 5°C/min de 25 a 125 °C. Um recipiente de alumínio vazio foi utilizado como referência. Cada recipiente de alumínio contendo a amostra de amido gelatinizado foi armazenado durante 15 dias a uma temperatura de 5 °C. As amostras foram então analisadas quanto às propriedades térmicas dos amidos retrogradados usando o mesmo aparelho e parâmetros. As temperaturas de transição (inicial, de pico e final) e a variação e entalpia (ΔH) dos amidos foram determinados utilizando o software Pyris 1 (Perkin Elmer, EUA). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.2.12 Análise estatística

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, sendo cada tratamento composto por duas ou três repetições. Os dados foram avaliados usando o programa Estatística 7.0 (STATSOFT, 2007), abrangendo a análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Foi

realizada correlação de Pearson entre todas as variáveis estudadas. Para determinar as características de qualidade dos genótipos a partir das características genéticas e das propriedades reológicas da massa e do pão foram realizadas análise de componentes principais e análise de cluster.

Análise de componentes principais e análise de cluster foram realizadas no programa XLSTAT versão 2008.4.02, para determinar as características de qualidade dos genótipos a partir das propriedades físico-químicas do grão e características genéticas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS GRÃOS DE TRIGO

5.1.1 Peso de mil sementes

O peso de mil sementes (PMS), apresentado na Tabela 6, apresentou diferença significativa entre as amostras, variando de 32,5 a 50,5 gramas. Segundo Williams et al. (1988), de acordo com o PMS, o trigo pode ser classificado em grãos muito pequenos (15 – 25 g), pequenos (26 – 35 g), médios (36 – 45 g), grandes (46 – 54 g) e muito grandes (≥ 55 g).

Tabela 6 - Características físicas dos grãos de trigo.

Genótipo	PMS ¹ (g)	Diâmetro ¹ (mm)	PH ¹ (Kg/hL)
IAPAR 78	41,1 ± 0,1 ^{ef}	2,88 ± 0,01 ^{def}	82,7 ± 0,1 ^a
IPR 130	39,6 ± 0,1 ^{fg}	2,82 ± 0,06 ^{efg}	80,2 ± 0,4 ^c
IPR 85	50,5 ± 0,1 ^a	3,18 ± 0,02 ^a	82,3 ± 0,5 ^{ab}
IPR Catuara TM	45,0 ± 0,1 ^{bc}	3,07 ± 0,03 ^{ab}	80,8 ± 0,5 ^{bc}
LD 101108	35,1 ± 0,1 ^{hi}	2,74 ± 0,01 ^{ghi}	80,7 ± 0,1 ^{bc}
T 081099	32,5 ± 0,1 ^j	2,64 ± 0,02 ⁱ	80,7 ± 0,1 ^{bc}
T 091006	38,6 ± 0,1 ^g	2,82 ± 0,02 ^{ghi}	80,3 ± 0,7 ^c
T 091008	33,5 ± 0,1 ^{ij}	2,78 ± 0,02 ^{fgh}	79,6 ± 0,9 ^{cde}
T 091015	43,8 ± 0,1 ^{cd}	2,90 ± 0,01 ^{de}	77,9 ± 0,0 ^{defg}
T 091027	45,9 ± 0,2 ^b	2,95 ± 0,01 ^{cd}	78,9 ± 0,4 ^{cdef}
T 091028	40,9 ± 0,1 ^f	3,01 ± 0,01 ^{bc}	79,1 ± 0,5 ^{cdef}
T 091031	42,8 ± 0,1 ^{de}	2,90 ± 0,01 ^{de}	77,9 ± 0,2 ^{defg}
T 091033	41,5 ± 0,1 ^{ef}	2,87 ± 0,03 ^{def}	79,7 ± 0,0 ^{cd}
T 091056	35,7 ± 0,2 ^h	2,72 ± 0,02 ^{ghi}	76,6 ± 0,1 ^g
T 091069	37,7 ± 0,1 ^g	2,77 ± 0,01 ^{fgh}	77,7 ± 0,6 ^{fg}
T 091088	35,6 ± 0,1 ^h	2,68 ± 0,02 ^{hi}	77,8 ± 0,8 ^{efg}

¹Média de 3 repetições seguida do desvio-padrão. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$). PMS: Peso de mil sementes; Diâmetro externo do grão determinado em sistema de caracterização individual de sementes (SKCS – *Single Kernel Characterization System*); PH: Peso hectolitro.

Dentre os genótipos de trigo analisados, a cultivar IPR 85 apresentou o maior PMS enquanto a linhagem T081099 o menor. Pela classificação descrita acima, a cultivar IPR 85 é a única a ser classificada como de grãos grandes, enquanto as demais amostras são classificadas como de grãos médios.

O diâmetro externo dos grãos de trigo avaliados variou de 2,64 mm com a linhagem T 081099 a 3,18 mm com a cultivar IPR 85 (Tabela 6). Esses dados confirmam a classificação obtida no PMS uma vez que a cultivar IPR 85 apresentou maior tamanho de grão e a linhagem T 081099 o menor.

De acordo com Guarienti et al. (2003), os fatores ambientais influenciaram o PMS do trigo, quando o cultivo ocorreu em baixa umidade relativa do ar (75,2 %). O excesso hídrico do solo (48,1 mm) influenciou negativamente o PMS, número de queda (NQ), peso hectolitro (PH), o rendimento do grão e a relação P/L (elasticidade/extensibilidade). Neste mesmo trabalho os autores observaram que as temperaturas médias (20°C) também apresentaram uma correlação negativa com o PMS, NQ, PH e rendimento do grão.

Schmidt et al. (2009) testaram a variabilidade genética de genótipos de trigo, a partir de caracteres indicativos da qualidade industrial e do rendimento de grãos e, verificaram o grau de associação entre eles. Esses autores observaram que o PMS dos genótipos avaliados, em média de 37,4 g, teve uma correlação significativa com o NQ e o teor de proteína da farinha. Esses mesmos autores concluíram que para o grupo de genótipos testados somente os testes de PMS e PH não contribuem expressivamente para a compreensão dos fatores que afetam a qualidade industrial do trigo.

5.1.2 Peso hectolitro

O peso hectolitro (PH) dos diferentes genótipos estudados (Tabela 6) variou significativamente de 76,6 a 82,7 kg/hL. De acordo com a Legislação Brasileira (2010), o PH é usado para o enquadramento do trigo em tipos, necessitando no mínimo 78,0 kg/hL para ser considerado Tipo 1. Dos trigos analisados as linhagens T091056, T0910169, T091088, T0910131 e T091015 apresentaram PH menores que 78,0 kg/hL, sendo classificados como Tipo 2. O genótipo IAPAR 78 foi significativamente superior aos demais ($p \leq 0,05$) apresentando PH de 82,7 kg/hL.

Estes resultados estão de acordo com o encontrado por Costa et al. (2008) que avaliaram 12 amostras de trigo, dentre eles 6 nacionais e 6 importados, obtendo PH entre 74,7 a 80,0 kg/hL e com o estudo realizado por Gutkoski et al. (2008) com 4 cultivares de trigo produzidas no Rio Grande do Sul, sendo que o PH variou de 74,3 a 80,1.

No Brasil, Guarienti, Santos e Lhamby (2000) observaram que o sistema de rotação de culturas, com dois invernos sem trigo, elevou o PH, enquanto o sistema monocultura reduziu o PH e elevou a força de glúten e o volume de sedimentação (SDS-VS). Neste estudo também foi observado que a interação entre manejo de solo, sistemas de rotação de culturas e ano de cultivo afetou o PMS. Em outro estudo, Guarienti et al. (2005) verificaram que os sistemas de rotação de culturas para trigo afetou as seguintes características de qualidade: PH, PMS, força de glúten, relação P/L e SDS-VS e o ano de cultivo (em função das condições climáticas, em especial o excesso de chuvas) influenciou o PH, rendimento na extração experimental de farinha, força de glúten, relação P/L e NQ.

No estudo de correlação, observou-se uma correlação negativa ($r = -0,51$) entre PH e o teor de proteína do grão verificando que o PH, apesar de ser utilizado como medida de comercialização do trigo, não é eficaz como único método para determinar as características de panificação do trigo.

Segundo SCHMIDT et al. (2005), foi constatado que o PH não tem correlação com as variáveis analisadas (teor de proteína no grão, teor de proteína na farinha, SDS-VS, força do glúten (W), escore total determinado em SDS-PAGE e mixografia. Isto demonstra que apesar da avaliação de PH ser bastante rápida, simples e comumente utilizada em programas de melhoramento, não será eficiente quando empregada na seleção de constituições genéticas superiores para a qualidade de panificação.

Comparando PH e o PMS, verifica-se que não há relação entre eles, pois nem sempre, o maior PH correspondeu ao maior PMS, uma vez que cada cultivar possui tamanho distinto de grão e, conseqüentemente, peso diferente. Estes resultados também foram observados no estudo realizado por Smanhotto et al. (2006).

5.1.3 Índice de dureza do grão

O índice de dureza (ID) dos grãos avaliados em sistema de caracterização individual de sementes (SKCS – *Single Kernel Characterization System*) permite avaliar a dureza e a uniformidade dos grãos. O ID, apresentado na Tabela 7, variou significativamente entre as amostras de 90 a 34. Segundo a AACC (2000) os grãos de trigo podem ser classificados quanto à dureza em extra duro, muito duro, duro, semi-duro, semi-mole, mole, muito mole e extra mole. A maioria dos genótipos avaliados apresentou altos ID, sendo classificados como trigo muito duro e duro, com exceção da linhagem T 091015 que apresentou textura semi-duro e a linhagem T 091033 que apresentou textura mole.

Tabela 7 - Textura dos grãos de trigo avaliada em sistema de caracterização individual de sementes (SKCS – *Single Kernel Characterization System*).

Genótipo	Índice de dureza ¹	Classificação do grão*
IAPAR 78	86 ± 1 ^{ab}	Muito duro
IPR 130	90 ± 1 ^a	Muito duro
IPR 85	75 ± 3 ^{def}	Duro
IRP Catuara TM	79 ± 1 ^{de}	Duro
LD 101108	88 ± 1 ^{ab}	Muito duro
T 081099	74 ± 1 ^{efg}	Duro
T 091006	80 ± 2 ^{cd}	Duro
T 091008	84 ± 0 ^{bc}	Duro
T 091015	72 ± 1 ^{fg}	Semi-duro
T 091027	59 ± 1 ⁱ	Duro
T 091028	80 ± 1 ^{cd}	Duro
T 091031	70 ± 2 ^{gh}	Duro
T 091033	34 ± 0 ^j	Mole
T 091056	76 ± 0 ^{def}	Duro
T 091069	66 ± 0 ^h	Duro
T 091088	80 ± 1 ^{cd}	Duro

¹Média de 3 repetições seguida do desvio-padrão. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$). * Classificação dos grãos de trigo quanto à dureza conforme o método nº 55-31 da AACC (2000).

A textura do trigo é afetada, principalmente, pelo teor de amido e proteína do endosperma e sua ordenação (POMERANZ; WILLIAMS, 1990). Os grãos de trigo duro apresentam maior teor de proteína e requerem maior força para se desintegrarem e apresentam maior tamanho de partículas, em relação aos trigos moles (ATWELL, 2001).

O trigo mole produz farinha de coloração branca e partículas mais leves formadas por fragmentos irregulares das células do endosperma e partículas planas que se aderem umas às outras, dificultando os processos de peneiragem e de embalagem (GUARIENTI, 1996; LÉON, 2007). Em geral, o trigo mole apresenta um baixo conteúdo protéico, por isso apresenta uma massa de glúten fraco e com baixa absorção de água, sendo destinados à fabricação de biscoitos, bolos e tortas (ATWELL, 2001; CHIANG; CHEN; CHANG, 2006)

O trigo duro produz farinhas com partículas mais pesadas e de maior granulometria composta por partículas de forma regular (LÉON, 2007), características que fazem com que a farinha ocupe menor espaço nas embalagens (GUARIENTI, 1996). A farinha de trigo duro é indicada para a produção de pães e produtos fermentados, pois apresenta alto conteúdo proteico, qualidade de glúten desejável e com alta absorção de água (HOSENEY, 1991; ATWELL, 2001).

5.1.4 Umidade

O conteúdo de umidade do grão e da farinha tem importância econômica direta, por ser inversamente proporcional à quantidade de matéria seca. Além disso, durante a estocagem, a umidade é o principal fator que governa a conservação da qualidade (GUTKOSKI, 2009). Dependendo da umidade pode ocorrer deterioração da massa de grãos durante o armazenamento e a perda de sua qualidade.

Na Tabela 8 estão apresentadas as características físico-químicas dos diferentes genótipos de trigo. O teor de umidade variou de 9,3 a 10,6 %, para as linhagens T 091056 e T 091033, respectivamente e os demais genótipos apresentaram valores intermediários. Esses resultados estão abaixo do limite máximo estabelecido pela Legislação Brasileira para Trigo, em que a umidade do grão não deve ultrapassar 13 %, para a boa conservação dos grãos durante o armazenamento (BRASIL, 2001).

Tabela 8 - Caracterização físico-química dos grãos dos diferentes genótipos de trigo.

Genótipo	Umidade¹ (%)	CP¹ (%)	NQ¹ (seg)	SDS-VS¹ (ml)	IS*
IAPAR 78	9,7 ± 0,2 ^{ef}	14,4 ± 0,2 ^f	551 ± 2 ^f	8,3 ± 0,2 ^h	0,58
IPR 130	10,3 ± 0,1 ^{ab}	13,7 ± 0,2 ^g	480 ± 4 ^g	10,8 ± 0,4 ^g	0,79
IPR 85	10,2 ± 0,1 ^{abc}	14,7 ± 0,2 ^f	538 ± 14 ^f	13,8 ± 0,2 ^{bc}	0,94
IPR Catuara TM	9,9 ± 0,2 ^{cde}	14,5 ± 0,1 ^f	604 ± 16 ^{de}	14,2 ± 0,2 ^{ab}	0,98
LD 101108	9,7 ± 0,0 ^{def}	16,4 ± 0,1 ^c	619 ± 22 ^{cd}	13,1 ± 0,4 ^{cd}	0,80
T 081099	10,5 ± 0,1 ^a	15,1 ± 0,0 ^e	539 ± 7 ^f	12,3 ± 0,2 ^{ef}	0,81
T 091006	9,7 ± 0,1 ^{ef}	14,3 ± 0,1 ^f	468 ± 16 ^g	11,9 ± 0,2 ^f	0,83
T 091008	10,3 ± 0,2 ^{ab}	15,9 ± 0,2 ^d	679 ± 14 ^{ab}	12,9 ± 0,4 ^{de}	0,81
T 091015	9,8 ± 0,1 ^{cdef}	15,0 ± 0,1 ^e	582 ± 25 ^{def}	14,0 ± 0,2 ^{ab}	0,94
T 091027	10,1 ± 0,0 ^{bcde}	17,4 ± 0,1 ^b	657 ± 12 ^{abc}	14,6 ± 0,0 ^a	0,84
T 091028	10,2 ± 0,1 ^{abcd}	14,6 ± 0,2 ^f	666 ± 25 ^{abc}	9,0 ± 0,2 ^h	0,62
T 091031	9,8 ± 0,1 ^{de}	17,0 ± 0,1 ^b	601 ± 24 ^{de}	12,3 ± 0,2 ^{ef}	0,72
T 091033	10,6 ± 0,1 ^a	16,5 ± 0,1 ^c	466 ± 11 ^g	12,9 ± 0,0 ^{de}	0,78
T 091056	9,3 ± 0,2 ^f	17,9 ± 0,1 ^a	630 ± 23 ^{bcd}	12,1 ± 0,0 ^{ef}	0,68
T 091069	10,4 ± 0,2 ^a	13,9 ± 0,1 ^d	564 ± 4 ^{ef}	14,0 ± 0,2 ^{ab}	1,01
T 091088	9,8 ± 0,2 ^{cde}	17,1 ± 0,1 ^b	700 ± 9 ^a	13,5 ± 0,2 ^{bcd}	0,79

¹Média de 3 repetições seguida do desvio-padrão. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$). CP: Conteúdo protéico, expresso em base seca. NQ: Número de queda. SDS-VS: Volume de sedimentação. *IS: Índice de sedimentação = (SDS-VS / CP).

De acordo com Troccoli et al. (2000), o conteúdo de umidade do grão representa um importante aspecto de qualidade, principalmente, quando a indústria moageira realiza a compra de lotes de trigo para a produção de farinha. As etapas pós-colheita e o armazenamento devem ser controlados, para que o trigo não apresente elevados teores de umidade no grão e, conseqüentemente, na farinha, acarretando em produtos finais altamente perecíveis, reduzindo os atributos referentes à segurança alimentar (MCKEVITH, 2004). Teores de umidade abaixo do limite máximo permitido normalmente asseguram a conservação da qualidade das farinhas durante a estocagem comercial (FARONI et al., 2002).

5.1.5 Proteína

A qualidade do trigo pão pode ser classificada pelo seu teor de proteína como muito baixa ($\leq 9,0\%$), baixa (9,1 – 11,5%), média (11,6 – 13,5%), alta (13,6 – 15,5%), muito alta (15,6 – 17,5%) e extra-alta ($\geq 17,6\%$) (WILLIAMS et al., 1988). Os teores de proteína bruta dos grãos de trigo variaram de 13,7 a 17,9 % (Tabela 8), sendo classificados como de qualidade alta a extra-alta.

Essa diferença no teor de proteína dos grãos se deve à diversidade dos materiais estudados, sendo as linhagens T 091031, T 091088, T 091027 e T 091056 as que apresentaram maior teor protéico (valores iguais ou superiores a 17%). Os teores de proteína podem variar significativamente para uma dada cultivar dependendo das condições ambientais (clima e solo) sob as quais o trigo é cultivado, e também dependendo do controle genético (TURNBULL; RAHMAN, 2002). O emprego de doses crescentes de nitrogênio no início do espigamento da cultura proporciona aumento na porcentagem de proteína bruta do grão e na força geral de glúten da farinha (ROSA FILHO, 1999).

A qualidade das proteínas está relacionada à capacidade de formação da massa, desta forma, quando farinha de trigo e água são misturadas e sujeitas a um trabalho mecânico, tem-se como resultado a formação de uma massa, constituída pela rede protéica do glúten ligada aos grânulos de amido, que retêm o gás formado durante a fermentação e permite o aumento do volume. Uma correlação positiva é observada entre o teor de proteína do grão de trigo e o volume do pão produzido, o que implica em alta qualidade tecnológica destas proteínas (BUSHUK, 1985).

O conteúdo de proteína correlaciona-se bem com a força geral do glúten, farinografia, teor de glúten e os parâmetros de panificação (BRANLARD et al., 1991). Rosa Filho (1999) observou que as amostras de trigo com baixos teores de proteínas (10 a 11%) apresentaram menores valores de força de glúten. Já Denčić, Mladenov e Kobiljski (2011) não encontraram correlação entre o teor de proteína e os parâmetros de panificação. Gutkoski et al. (2008) descreveu que o conteúdo de proteína no grão é um parâmetro de qualidade importante. É geralmente aceito quanto maior o teor de proteína, melhor a qualidade do trigo, mas esta regra não é usual para alguns genótipos brasileiros, pois o teor de proteína não garante que o genótipo tenha uma qualidade superior, devendo levar em consideração a qualidade

de suas proteínas presentes, pois elas irão influenciar as propriedades do glúten. Segundo Franceschi et al. (2009) o conteúdo de proteína apresenta caráter quantitativo, expresso por grande número de genes, os quais são influenciados pelo ambiente.

5.1.6 Número de queda

O número de queda (NQ) é um método rápido utilizado como uma medida indireta da atividade da α -amilase na farinha de trigo, e tem por base a habilidade da enzima hidrolisar o gel de amido (PIZZINATO, 1997; PRABHASANKAR; SUDHA; RAO, 2000). Para esta análise, altos valores de NQ são indicativos de farinhas que apresentam baixa atividade amilolítica e vice-versa.

Os NQ dos grãos de trigo variaram de 466 a 700 segundos (Tabela 8), indicando baixa atividade enzimática. Segundo a Legislação Brasileira, o trigo é classificado em quatro classes, segundo o parâmetro W (energia de deformação da massa) determinado em alveógrafo, estabilidade da massa determinada em farinógrafo e o NQ: melhorador (W valor mínimo de $300 \cdot 10^{-4}$ J; estabilidade de 14 minutos; NQ valor mínimo de 250 segundos), pão (W valor mínimo de $220 \cdot 10^{-4}$ J; estabilidade de 10 minutos; NQ valor mínimo de 220 segundos), doméstico (W valor mínimo de $160 \cdot 10^{-4}$ J; estabilidade de 6 minutos; NQ valor mínimo de 220 segundos) e básico (W valor mínimo de $100 \cdot 10^{-4}$ J; estabilidade de 3 minutos; NQ valor mínimo de 200 segundos) (BRASIL, 2010). Trigos com atividade enzimática muito baixa podem ser utilizados em misturas com trigos com alta atividade enzimática.

5.1.7 Volume de sedimentação e índice de sedimentação

Segundo Mandarino (1993), através do volume de sedimentação (SDS-VS), pode-se classificar a força do glúten como: fraca ($\leq 12,0$ mL), intermediária (12,5 a 18,5 mL), forte (19,0 a 21,0 mL) e muito forte ($\geq 21,5$ mL). O SDS-VS dos diferentes genótipos estudados variou de 8,3 a 14,6 mL (Tabela 8). De acordo com a classificação descrita acima, os genótipos IAPAR 78, T 091028, IPR 130 e T 091006 apresentaram força de glúten fraca, enquanto as demais amostras apresentaram força de glúten intermediária.

Vários estudos tem demonstrado a relação entre o SDS-VS e outros parâmetros de qualidade dos grãos. Guarienti, Santos e Lhamby (2000) estudando o efeito da rotação de culturas sobre as características de qualidade dos grãos, observaram que a monocultura eleva a força geral de glúten e o SDS-VS. Já Felício et al. (1998) estudando o efeito das condições de cultivo (sequeiro e com irrigação) sobre a qualidade dos grãos, observaram uma correlação positiva entre o SDS-VS e a energia de deformação da massa (W), mostrando ser o teste de sedimentação uma ferramenta útil para uma seleção preliminar dos genótipos.

O índice de sedimentação (IS), relação entre o SDS-VS e o teor de proteína, dos genótipos avaliados variou de 0,58 a 1,01 (Tabela 8) apresentando uma forte correlação com o volume de sedimentação ($r = 0,82$). De acordo com IS os genótipos foram classificados em três grupos distintos: o primeiro formado pelos genótipos IAPAR 78, T 091056, T 091031 e T 091028 apresentaram IS baixo (0,58 a 0,72), o segundo grupo formado pelos genótipos T 091008, T 091088, T 091027, LD 101108, T 091033, T 081099, T 091006 e IPR 130 apresentaram IS intermediário (0,78 a 0,84) e o terceiro grupo formado pelos genótipos T 091015, T 091069, IPR 85 e IPR Catuara TM apresentaram IS alto (0,94 a 1,01).

Mittelmann et al. (2000) analisaram a herança dos caracteres do trigo relacionados à qualidade de panificação (SDS-VS, IS e teor de proteína) em 10 cruzamentos envolvendo cinco cultivares (classificadas distintamente quanto à qualidade de panificação). Esses autores observaram uma forte correlação entre o SDS-VS e IS, e sugeriram que não há diferença entre usar um critério ou outro no processo de seleção. No entanto, deve notar-se que a correlação destes testes com outros parâmetros de qualidade também é importante. Em nosso estudo, o SDS-VS correlacionou-se apenas com o IS. O IS, por sua vez, correlacionou-se com o escore total.

5.2 EXTRAÇÃO DA FARINHA DE TRIGO

O rendimento da farinha de quebra, da farinha de redução e da extração da farinha dos genótipos de trigo analisados está apresentada na Tabela 9. O rendimento da farinha de quebra apresentou grande variação (8,55 a 29,25%) devido à variabilidade do ID apresentada pelos genótipos (Tabela 7). Os genótipos

de trigo de textura muito dura apresentaram baixos rendimentos de farinha de quebra. De acordo com Guarienti (1996), os trigos duros apresentam menores taxas de extração de farinha de quebra, enquanto em trigos moles e semi-moles são verificados maiores taxas de extração de farinha de quebra.

Tabela 9 – Rendimentos da farinha de quebra, farinha de redução e extração da farinha dos genótipos de trigo.

Genótipo	Farinha de quebra¹ (%)	Farinha de redução¹ (%)	Extração da farinha¹ (%)
IAPAR 78	9,60 ± 0,32 ^g	80,41 ± 0,42 ^{ef}	63,70 ± 1,55 ^{def}
IPR 130	8,55 ± 0,22 ^h	79,27 ± 0,81 ^{fg}	60,16 ± 1,93 ^{fg}
IPR 85	12,73 ± 0,34 ^d	84,34 ± 0,43 ^{abcde}	67,89 ± 2,27 ^{abc}
IPR Catuara TM	11,35 ± 0,29 ^f	83,22 ± 0,35 ^{bcdef}	66,40 ± 3,16 ^{abcde}
LD 101108	10,09 ± 0,15 ^g	75,48 ± 0,62 ^g	58,60 ± 1,96 ^g
T 081099	17,08 ± 0,37 ^c	84,90 ± 1,96 ^a	67,85 ± 1,93 ^{abcd}
T 091006	13,15 ± 0,13 ^d	81,36 ± 0,64 ^{def}	63,59 ± 1,47 ^{cdef}
T 091008	12,75 ± 0,09 ^d	82,59 ± 0,89 ^{cdef}	64,08 ± 2,42 ^{cdef}
T 091015	18,50 ± 0,39 ^b	86,63 ± 0,89 ^{abc}	69,02 ± 2,03 ^{ab}
T 091027	13,14 ± 0,38 ^d	84,61 ± 1,15 ^{ab}	69,01 ± 1,91 ^{ab}
T 091028	11,59 ± 0,21 ^{ef}	82,79 ± 0,44 ^{cdef}	65,78 ± 1,91 ^{bcde}
T 091031	12,7 ± 0,45 ^d	83,10 ± 0,98 ^{bcdef}	65,21 ± 1,69 ^{bcde}
T 091033	29,25 ± 0,21 ^a	80,21 ± 2,23 ^{ef}	64,28 ± 1,88 ^{cdef}
T 091056	12,69 ± 0,16 ^d	82,00 ± 0,34 ^{def}	65,99 ± 1,97 ^{bcde}
T 091069	18,06 ± 0,22 ^b	87,12 ± 0,54 ^{ab}	70,71 ± 1,97 ^a
T 091088	12,00 ± 0,40 ^e	79,70 ± 0,73 ^{fg}	63,31 ± 1,95 ^{ef}

¹Média de 3 repetições seguida do desvio-padrão. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey (p ≤ 0,05).

Dentre os genótipos de trigo avaliados, o rendimento médio da farinha de redução foi de 82,36% (Tabela 9). O moinho pode misturar as farinhas de quebra e de redução em muitas combinações. Também é possível produzir vários tipos de farinhas misturadas simultaneamente de um tipo de cereal. Mais versatilidade é ganha moendo grãos com variados conteúdos de proteína (FANG; CAMPBELL, 2003).

O rendimento de extração da farinha variou de 58,50% para a linhagem LD 101108 a 67,89% para a cultivar IPR 85. Esses valores foram próximos ao encontrados por Felício et al. (1996) que avaliaram linhagens de trigo desenvolvidas no estado de São Paulo e obtiveram rendimentos que variaram entre 59,8 e 72,5% e por Gutkoski et al. (2007) que avaliaram trigos desenvolvidos no Cerrado e obtiveram rendimentos de 65,02 a 69,11%.

A dureza do grão é um dos parâmetros que mais afeta o acondicionamento das amostras de trigo antes da moagem e influencia o rendimento da extração de farinha, pois dependendo da textura do grão de trigo, o padrão de quebra do endosperma, a facilidade de separação entre o endosperma e o farelo, o tamanho das partículas da farinha, a liberação da farinha de quebra e o consumo de energia durante a moagem podem mudar (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982). Neste trabalho, o estudo de correlação mostrou que a quantidade produzida de farinha de quebra apresentou correlação negativa ($r = -0,89$) com o ID dos diferentes genótipos, indicando que, a classificação de grãos mole determinou o maior rendimento de extração da farinha de quebra.

Os resultados do rendimento de extração da farinha de trigo apresentaram correlação positiva com o PH do grão ($r = 0,51$), sendo que os grãos que apresentaram maior PH apresentaram, também, maior rendimento na extração da farinha de trigo. Esses resultados concordam com aqueles observados por Halverson e Zeleny (1988) que mostraram que PH muito baixo diminui o rendimento da extração da farinha de trigo.

5.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E REOLÓGICA DA FARINHA DE TRIGO

5.3.1 Umidade

Os conteúdos de umidade das farinhas de trigo obtidos dos diferentes genótipos apresentaram diferença significativa entre si (Tabela 10), sendo que todos os genótipos apresentaram umidade inferior a 15%, com exceção das linhagens T 091069 e LD 101108 e as cultivares IPR Catuara TM e IPR 85. A Legislação Brasileira preconiza que o limite máximo permitido de umidade para farinha de trigo

é de 15% (BRASIL, 2005), sendo que os limites de umidade são importantes para conservação do trigo e da farinha de trigo e para a respectiva comercialização.

Tabela 10 – Caracterização físico-química das farinhas de trigo dos genótipos analisados.

Genótipo	Umidade¹ (%)	CP¹ (%)	NQ¹ (seg)
IAPAR 78	13,84 ± 0,03 ^h	11,52 ± 0,22 ^{def}	592 ± 24 ^{cd}
IPR 130	13,60 ± 0,03 ^h	10,54 ± 0,51 ^{fgh}	608 ± 10 ^{cd}
IPR 85	15,40 ± 0,81 ^a	10,54 ± 0,26 ^{fgh}	586 ± 1 ^{cd}
IPR Catuara TM	15,16 ± 0,07 ^{abcd}	10,30 ± 0,06 ^{gh}	581 ± 17 ^{cd}
LD 101108	15,27 ± 0,07 ^{ab}	13,67 ± 0,41 ^{bc}	685 ± 5 ^{ab}
T 081099	14,84 ± 0,22 ^{bcde}	11,56 ± 0,19 ^{def}	486 ± 15 ^f
T 091006	14,88 ± 0,05 ^{abcde}	10,04 ± 0,14 ^h	507 ± 23 ^{ef}
T 091008	14,69 ± 0,07 ^e	11,73 ± 0,15 ^{de}	679 ± 25 ^{ab}
T 091015	14,94 ± 0,03 ^{abcde}	11,18 ± 0,17 ^{defg}	559 ± 7 ^{de}
T 091027	14,07 ± 0,23 ^{fg}	14,05 ± 0,65 ^{bc}	719 ± 11 ^a
T 091028	14,78 ± 0,08 ^{cde}	10,96 ± 0,14 ^{e fgh}	562 ± 33 ^{cde}
T 091031	14,47 ± 0,21 ^{ef}	13,27 ± 0,22 ^c	559 ± 25 ^{de}
T 091033	14,57 ± 0,16 ^e	12,21 ± 0,52 ^d	510 ± 22 ^{ef}
T 091056	14,75 ± 0,04 ^{cde}	14,27 ± 0,27 ^{abc}	632 ± 23 ^{bc}
T 091069	15,19 ± 0,34 ^{abc}	14,33 ± 0,48 ^{ab}	615 ± 5 ^{bcd}
T 091088	14,71 ± 0,04 ^{de}	15,10 ± 0,06 ^a	627 ± 42 ^{bcd}

¹Média de 3 repetições seguida do desvio-padrão. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$). CP: conteúdo protéico, expresso em base seca; NQ: Número de queda.

5.3.2 Proteína

O conteúdo protéico (CP) presente na farinha de trigo variou de 10,04% para a linhagem T 091006 a 15,10% para a linhagem T 091088, como mostra a Tabela 10. De forma geral, todas as amostras apresentaram um menor teor de proteína na farinha quando comparado ao teor de proteína dos grãos. Segundo Pomeranz (1988), a farinha apresenta uma redução no seu teor de proteína bruta quando comparado com o conteúdo de proteínas no grão.

Os altos CP encontrados nas linhagens LD 101108, T 091031, T 091027, T 091033, T 091056, T 091069 e T 091088 (valores superiores a 12%), sugerem que essas farinhas são destinadas a produção de pães e produtos fermentados. Segundo Gutkoski et al. (2007) farinhas com alto teor de proteínas são destinadas à elaboração de pães e massas, pois a quantidade de proteínas está relacionada à capacidade de formação da massa, ou seja quando são misturadas farinha de trigo e água, tem-se como resultado a formação de uma massa constituída da rede proteica do glúten ligado aos grânulos de amido que retêm o gás carbônico produzido durante o processo fermentativo e faz com que o pão retenha o gás formado e aumente de volume.

5.3.3 Número de queda

O NQ caracteriza as farinhas de trigo quanto à atividade das amilases, permitindo, assim prever o comportamento das mesmas no processo de panificação (MANDARINO, 1993). A Tabela 10 apresenta os valores de NQ encontrados nos genótipos estudados. Em média, os genótipos apresentam um NQ de 594 segundos, indicando que as farinhas obtidas apresentam uma baixa atividade da enzima α -amilase. O alto NQ observado pode ter ocorrido devido o baixo índice pluviométrico durante o período da colheita (Figura 7).

As baixas atividades enzimáticas nas farinhas (NQ > 400 seg) prejudicam seu desempenho na produção de pães, pois a α -amilase é responsável por transformar os grânulos de amido em dextrinas e açúcares. Na produção de pães é desejável que ocorra interação entre os grânulos de amido danificado e enzimas amilolíticas para produção das características desejáveis (GUTKOSKI; NETO, 2002). Durante a fermentação, a maltose e outros açúcares fermentáveis são produzidos pela ação das amilases. No cozimento da massa, as enzimas amilases são inativadas e as dextrinas disponíveis utilizadas nas reações de escurecimento não-enzimático produzindo o sabor desejável ao pão (SHELTON; D'APPOLONIA, 1985).

Segundo Perten (1967) a baixa atividade da enzima α -amilase afeta negativamente a panificação, resultando em um produto final com estrutura interna seca e quebradiça e a alta atividade de α -amilase (NQ < 200 seg) provoca a

sacarificação das moléculas de amido durante o processo de fabricação do pão, resultando em pães com estrutura interna pegajosa e úmida.

5.3.4 Teor de amido danificado

Durante a moagem dos grãos de trigo, em que o endosperma é reduzido em partículas menores, alguns grânulos de amido são danificados mecanicamente, influenciando nas características da farinha (MORETTO; FETT, 1999; GUTKOSKI et al., 2007). O teor de amido danificado afeta a absorção de água, propriedades reológicas da massa, produção de açúcar, velocidade de fermentação, cor, volume e vida de prateleira (GUTKOSKI et al., 2007). Portanto, determinar o teor de amido danificado é um critério importante para determinar a qualidade da farinha de trigo e seu destino para o uso final. Os teores de amido danificado variaram significativamente entre as amostras, com valores entre 3,29 e 6,89% (Tabela 11).

As condições do moinho durante a moagem foram às mesmas para todos os genótipos estudados, havendo variação no tempo de moagem. Para trigos duros o tempo médio foi de 2 horas, enquanto para o trigo mole foi de 5 horas para moer 5 kg de grãos. Além dos parâmetros de moagem, a textura dos grãos, também, pode afetar a distribuição dos tamanhos de partículas e o teor de amido danificado, alterando a qualidade dos produtos finais (POMERANZ; WILLIANS, 1990; HRUŠKOVÁ; ŠVEC, 2009). O teor de amido danificado foi influenciado pelo ID dos grãos e a linhagem T 091033 de textura mole apresentou o menor teor de amido danificado (inferior a 4%) em relação aos demais genótipos analisados que apresentaram textura dura a extra dura. Houve correlação positiva entre o ID e o teor de amido danificado dos grãos ($r= 0,72$), indicando que os grãos de textura dura produzem maior quantidade de amido danificado, como esperado.

Gutkoski et al. (2007) verificou que o teor de amido danificado recomendado para a panificação é entre 8 a 10%. Este é o percentual ideal para o ataque enzimático e produção de CO₂ durante o processo de fermentação da massa. Na produção de pães, o amido é hidrolisado pela ação das enzimas amilolíticas produzindo CO₂ que participa na formação da estrutura do miolo do pão. Já para Morrison e Tester (1994) e Gutkoski et al. (2007), para a produção de produtos não

fermentados, como bolos e biscoitos, o desejável é que o teor de amido danificado não ultrapasse 4%.

Tabela 11 – Teor de amido danificado dos diferentes genótipos de trigo.

Genótipo	Teor de amido danificado (%)
IAPAR 78	6,46 ± 0,06 ^{ab}
IPR 130	6,79 ± 0,03 ^a
IPR 85	6,00 ± 0,04 ^{cd}
IPR Catuara TM	5,81 ± 0,02 ^{cde}
LD 101108	5,74 ± 0,11 ^{def}
T 081099	4,65 ± 0,16 ^h
T 091006	5,99 ± 0,06 ^{cd}
T 091008	5,34 ± 0,11 ^{fg}
T 091015	5,97 ± 0,05 ^{cd}
T 091027	6,22 ± 0,17 ^{bc}
T 091028	5,36 ± 0,06 ^{efg}
T 091031	5,30 ± 0,01 ^{fg}
T 091033	3,29 ± 0,14 ⁱ
T 091056	5,13 ± 0,10 ^g
T 091069	4,64 ± 0,21 ^h
T 091088	5,48 ± 0,19 ^{efg}

¹Média de 3 repetições seguida do desvio-padrão. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Todas as farinhas de trigo avaliadas apresentaram teor de amido danificado superior a 4%, sendo que esses valores de amido danificado quando associados a grãos duros e com alto teor de proteína são indicados para produção de pães e produtos fermentados. A linhagem T0 091033 que apresentou um teor inferior a 4%, seria mais indicada para a produção de bolos e biscoitos.

5.3.5 Cor da farinha

A Tabela 12 apresenta os valores referentes à cor da farinha de trigo dos diferentes genótipos estudados. Os parâmetros estudados foram L* medida de

luminosidade, cuja escala varia de 0 para totalmente preto, até 100 para totalmente branco; Na coordenada de cromaticidade a^* escala vermelho/verde, os valores positivos indicam a presença da cor vermelha e valores negativos indicam a presença da cor verde; Na coordenada de cromaticidade b^* escala amarelo/azul, os valores positivos indicam a presença do amarelo e valores negativos a presença do azul.

Segundo a Legislação Brasileira (BRASIL, 2005) a farinha de trigo deve apresentar cor branca, com tons leves de amarelo, marrom ou cinza, conforme o trigo de origem, sendo que para ser considerada uma farinha branca é necessário que a L^* seja superior a 94, a coordenada a^* seja próxima de zero (com valores negativo ou positivo) e coordenada b^* seja em torno de +8.

Dentre os genótipos analisados pode-se observar que a luminosidade da farinha variou de 92,94 a 95,42, a coordenada de cromaticidade a^* variou de -0,99 a 0,28 e a coordenada de cromaticidade b^* variou de 7,37 a 10,93. As linhagens T 081099, T 091006, T 091027 e T 091042 foram as que apresentaram farinhas mais brancas (luminosidade superior a 94). Os demais genótipos estudados apresentaram características de farinha mais amareladas.

De acordo com Gutkoski et al. (2008), a cor da farinha de trigo deixou de ser uma avaliação visual, passando a fazer parte dos testes objetivos de controle de qualidade pelo fato, principalmente, da luminosidade da farinha ser afetada pelo conteúdo de farelo ou material estranho, enquanto que a intensidade de amarelo está relacionada com a quantidade de pigmentos presentes no trigo. A dureza dos grãos e os fatores genéticos influenciam a concentração de minerais, pigmentos e atividade enzimática, interferindo com isso na cor da farinha (ORTOLAN, 2006). No estudo realizado observou-se que houve, dentre os genótipos analisados, correlação negativa ($r = -0,62$) entre L^* da farinha e o ID dos grãos, sugerindo que trigos moles produzem farinhas mais amareladas.

Segundo Ortolan (2006) a coloração da farinha é determinada principalmente pela presença de carotenoides. Farinhas que apresentam altos valores positivos da coordenada de cromaticidade b^* podem apresentar coloração amarelada devido à presença dos carotenoides. Os genótipos IAPAR 78 e T 081099 apresentaram altos valores da coordenada de cromaticidade b^* (>10) sugerindo que esses materiais poderiam conter maior quantidade de carotenoides.

Tabela 12 – Cor da farinha de trigo dos diferentes genótipos determinada pelo sistema CIEL* a* b*, através dos parâmetros luminosidade (L*) e coordenadas de cromaticidade (a* e b*).

Genótipo	L*¹	a*¹	b*¹
IAPAR 78	93,64 ± 0,01 ^{def}	-0,54 ± 0,01 ⁱ	10,93 ± 0,06 ^a
IPR 130	93,72 ± 0,03 ^{de}	-0,63 ± 0,01 ^e	8,90 ± 0,06 ^d
IPR 85	93,59 ± 0,06 ^{ef}	0,26 ± 0,00 ^b	7,72 ± 0,04 ^g
IPR Catuara TM	93,75 ± 0,02 ^{de}	0,28 ± 0,02 ^b	7,76 ± 0,03 ^g
LD 101108	93,41 ± 0,01 ^g	-0,14 ± 0,01 ^f	9,34 ± 0,03 ^c
T 081099	94,56 ± 0,04 ^c	-0,99 ± 0,01 ^j	10,87 ± 0,05 ^a
T 091006	94,68 ± 0,04 ^b	-0,22 ± 0,01 ^g	8,34 ± 0,04 ^e
T 091008	93,80 ± 0,03 ^d	0,06 ± 0,01 ^d	7,86 ± 0,04 ^g
T 091015	93,22 ± 0,06 ^h	0,28 ± 0,02 ^b	8,14 ± 0,02 ^f
T 091027	95,04 ± 0,08 ^b	-0,35 ± 0,00 ^h	7,37 ± 0,05 ^h
T 091028	92,94 ± 0,01 ⁱ	0,04 ± 0,01 ^d	9,44 ± 0,04 ^c
T 091031	93,20 ± 0,06 ^h	0,50 ± 0,02 ^a	7,38 ± 0,02 ^h
T 091033	95,42 ± 0,06 ^a	-0,56 ± 0,01 ⁱ	7,69 ± 0,10 ^g
T 091056	93,20 ± 0,02 ^h	-0,24 ± 0,00 ^g	9,83 ± 0,03 ^b
T 091069	93,54 ± 0,01 ^{fg}	-0,04 ± 0,01 ^e	8,85 ± 0,02 ^d
T 091088	93,39 ± 0,14 ^g	0,12 ± 0,03 ^c	8,39 ± 0,18 ^e

¹Média de 3 repetições seguida do desvio-padrão. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey (p ≤ 0,05). L*: luminosidade (0 preto e 100 branco); coordenada de cromaticidade a* vermelho/verde (positivo vermelho e negativo verde); coordenada de cromaticidade b* amarelo/azul (positivo amarelo e negativo azul).

No estudo de correlação dos genótipos avaliados pode-se observar que a farinha de quebra apresentou correlação positiva (r= 0,54) com a L* da farinha, indicando que o processo de moagem é um dos principais fatores que interferem na cor da farinha. Vázquez et al. (2012) observaram que independente do processo de moagem utilizado para obtenção da farinha, este parâmetro interfere na coloração, pois quanto maior o teor de cinzas menor o rendimento da extração e mais escura será farinha.

3.5.6 Capacidade de retenção do solvente na farinha

A capacidade de retenção do solvente (CRS) da farinha de trigo permite avaliar as propriedades funcionais de cada componente da farinha, para isso são utilizados água, carbonato de sódio 5%, sacarose 50% e ácido láctico 5% (KWEON; SLADE; LEVINE, 2011). A Tabela 13 apresenta os resultados obtidos da CRS para os quatro solventes utilizados.

Tabela 13 – Capacidade de retenção do solvente das farinhas de trigo obtidas dos diferentes genótipos.

Genótipo	Água (%)	Carbonato de sódio 5% (%)	Sacarose 50% (%)	Ácido láctico 5% (%)
IAPAR 78	72,7 ± 0,5 ^{bc}	91,6 ± 0,8 ^a	88,8 ± 0,2 ^{ab}	101,8 ± 1,4 ⁱ
IPR 130	74,2 ± 0,3 ^{ab}	93,5 ± 0,6 ^a	91,1 ± 0,3 ^a	121,1 ± 1,6 ^{fg}
IPR 85	69,8 ± 0,5 ^{de}	85,2 ± 0,1 ^{bc}	88,9 ± 1,4 ^{ab}	130,9 ± 4,3 ^{de}
IPR Catuara TM	67,5 ± 0,3 ^{efg}	81,8 ± 1,0 ^{bcd}	84,6 ± 1,1 ^{bcde}	125,9 ± 2,0 ^{ef}
LD 101108	71,3 ± 0,0 ^{cd}	85,5 ± 0,6 ^b	88,2 ± 0,3 ^{ab}	138,2 ± 0,1 ^c
T 081099	59,4 ± 0,1 ^j	68,4 ± 0,1 ^g	74,5 ± 0,4 ^h	111,8 ± 0,1 ^h
T 091006	64,4 ± 0,0 ^{hi}	79,1 ± 0,1 ^{de}	78,7 ± 1,0 ^{fgh}	133,0 ± 0,2 ⁱ
T 091008	66,4 ± 0,1 ^{fgh}	76,3 ± 0,1 ^{ef}	82,0 ± 0,5 ^{def}	159,9 ± 0,6 ^a
T 091015	67,7 ± 0,6 ^{efg}	79,9 ± 0,0 ^{de}	85,6 ± 2,1 ^{bcde}	111,7 ± 1,8 ^{cd}
T 091027	68,6 ± 1,6 ^{def}	95,6 ± 4,7 ^a	85,9 ± 3,0 ^{bcd}	117,0 ± 0,0 ^b
T 091028	66,6 ± 0,3 ^{fgh}	79,6 ± 0,4 ^{de}	81,4 ± 0,5 ^{efg}	117,6 ± 0,0 ^h
T 091031	65,3 ± 0,6 ^{ghi}	75,9 ± 0,3 ^{ef}	83,5 ± 0,4 ^{cde}	157,8 ± 0,8 ^b
T 091033	77,0 ± 0,2 ^a	76,1 ± 0,6 ^{ef}	77,3 ± 0,2 ^{gh}	126,8 ± 0,5 ^{gh}
T 091056	65,1 ± 2,1 ^{ghi}	78,9 ± 1,0 ^{de}	83,6 ± 0,0 ^{cde}	117,6 ± 0,6 ^g
T 091069	62,5 ± 0,0 ⁱ	73,1 ± 0,4 ^{fg}	80,0 ± 0,5 ^{fg}	126,8 ± 0,5 ^e
T 091088	69,7 ± 0,0 ^{de}	80,3 ± 0,0 ^{cde}	87,4 ± 0,3 ^{abc}	135,3 ± 0,2 ^{cd}

¹Média de 3 repetições seguida do desvio-padrão. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey (p ≤ 0,05).

As farinhas dos diferentes genótipos de trigo apresentaram absorção de água variando de 59,4 a 77,0%, sendo que este parâmetro é influenciado por todos os

componentes da farinha de trigo, sendo observado correlação positiva com o carbonato de sódio ($r= 0,61$) e com a sacarose ($r= 0,55$).

A capacidade de retenção de carbonato de sódio das farinhas variou de 68,4 a 95,6%, sendo que este parâmetro estima o nível de amido danificado na farinha. Comparando esses dados com os teores de amido danificado das farinhas (Tabela 11) observa-se que os materiais que apresentaram maior capacidade de absorção de carbonato de sódio também apresentaram maior quantidade de amido danificado ($r= 0,68$).

A solução de sacarose 50% permite avaliar a contribuição funcional das pentosanas na qualidade do produto final (KWEON; SLADE; LEVINE, 2011). Neste estudo foi observado que a absorção de solvente contendo sacarose pela farinha de trigo variou de 74,5 a 91,1%, mostrando correlação positiva com o ID do grão ($r= 0,55$) e correlação negativa com a L^* da farinha ($r= -0,56$) e rendimento da farinha de quebra ($r= -0,64$). Esses resultados sugerem que durante o processo de moagem os grãos de textura dura produzem farinhas de trigo com maior teor de pentosana. Xao et al. (2006) observaram que existe uma correlação inversa entre o diâmetro dos grãos e a quantidade de pentosanas, sendo que grãos de maior diâmetro proporcionam um maior rendimento de farinha de trigo e pequenas proporções de pentosanas já grãos pequenos apresentam maiores proporções de pentosanas.

As pentosanas estão presentes nas células vegetais, sendo que no trigo elas estão presentes, principalmente, nas camadas de aleurona e nas camadas do farelo dos grãos de trigo. Durante a moagem partes das células vegetais (pentosanas) presentes nos grãos podem ficar na farinha de trigo e alterar sua qualidade. As pentosanas juntamente com o amido danificado são resultantes do processo de moagem e absorvem 100% de água. Portanto, a presença das pentosanas e do amido danificado são importantes na farinha de trigo por aumentar a absorção de água, sendo essa uma característica desejável para a produção de pães (KWEON; SLADE; LEVINE, 2011).

Houve também uma correlação positiva ($r= 0,81$) entre a capacidade de absorção de sacarose da farinha e a capacidade de absorção de carbonato de sódio. Barrera et al. (2007) encontraram correlações similares quando avaliaram dois cultivares de trigo e um de triticale em diferentes condições de moagem.

A maior ou menor absorção de solução de ácido láctico pela farinha está relacionada à fração glutenina do glúten. Dentre os genótipos avaliados houve variação de 101,8 a 157,8% na capacidade de absorção de solução de ácido láctico, indicando uma variabilidade na força de glúten dos diferentes genótipos de trigo. Este parâmetro foi correlacionado positivamente com o SDS-VS ($r= 0,53$), sugerindo que os materiais com maior absorção de ácido láctico apresentam maior força de glúten.

O teste de sedimentação tem sido utilizado em linhagens de trigo para estimar a qualidade de panificação de uma farinha de trigo, pois quanto maior o volume de sedimentação maior a força de glúten (SANTOS, 2008). Neste contexto, o teste de sedimentação e a capacidade de retenção de solvente poderiam ser utilizados na seleção de linhagens de trigo por estimar a força de glúten desses materiais.

5.3.7 Farinografia

A farinografia é considerada um dos mais completos e sensíveis testes para a avaliação da qualidade de mistura da massa da farinha de trigo. A partir do farinograma, são medidos diversos parâmetros como absorção de água, tempo de chegada (TC), tempo de desenvolvimento (TD), tempo de saída (TS), estabilidade e índice de tolerância à mistura (ITM) da massa (GUARIENTI 1996). Os dados da análise farinográfica estão apresentados na Tabela 14.

A absorção de água dos genótipos avaliados variou de 56,4 a 70,2. Segundo Gutkoski et al. (2007) altos valores de absorção de água são desejáveis para panificação, pois a umidade adicionada à massa faz com que retarde o processo de retrogradação.

A absorção de água é influenciada pelos componentes da farinha, principalmente pelas proteínas, pentosanas e amido danificado. Neste estudo, observou-se que houve correlação positiva da absorção de água com o teor de amido danificado ($r= 0,78$) e, negativa com o rendimento da farinha de quebra ($r= - 0,79$) e não foi observada correlação significativa com o CP. Portanto, essas correlações sugerem que, para este estudo, o amido danificado e a textura do grão foram os parâmetros que mais influenciaram a absorção de água da farinha.

Os genótipos estudados apresentaram em média TC de 1,1 min, com exceção das linhagens T 081099 e T 091028 que apresentaram TC próximo a 2 min e a linhagem T 091069 que apresentou o maior TC (4,2 min). Na análise de correlação pode-se observar que o TC correlacionou-se com o rendimento da farinha de quebra ($r = 0,50$) e com o rendimento da extração da farinha ($r = 0,56$). Pinto et al. (2002) analisando a qualidade da farinha de trigo, observaram que quanto maior o TC da massa pior a qualidade da farinha.

Tabela 14 – Características farinográficas¹ dos diferentes genótipos de trigo.

Genótipo	AA (%)	TC (min)	TD (min)	TS (min)	E (min)	I.T.M. (U.F.)
IAPAR 78	70,2 ^a	1,1 ± 0,1 ^{cde}	2,3 ± 0,0 ^l	7,2 ± 0,2 ^{igh}	7,2 ± 0,2 ^{gh}	100 ± 0 ^{ab}
IPR 130	67,8 ^b	1,3 ± 0,1 ^{cde}	6,9 ± 0,1 ^{cd}	13,7 ± 0,9 ^{etg}	12,9 ± 0,3 ^{def}	80 ± 0 ^{bc}
IPR 85	64,8 ^f	1,2 ± 0,0 ^{cde}	9,5 ± 0,7 ^a	24,7 ± 0,5 ^d	23,5 ± 0,5 ^c	50 ± 14 ^{de}
IPR Catuara TM	61,8 ⁱ	0,9 ± 0,2 ^e	8,2 ± 0,2 ^b	44,7 ± 1,9 ^a	43,8 ± 2,1 ^a	60 ± 0 ^{cde}
LD 101108	67,8 ^b	1,1 ± 0,1 ^{cde}	9,0 ± 0,0 ^{ab}	41,1 ± 1,6 ^{ab}	40,0 ± 1,0 ^a	60 ± 0 ^{cde}
T 081099	58,2 ^k	1,2 ± 0,2 ^{cde}	7,2 ± 0,2 ^c	43,5 ± 2,1 ^a	43,8 ± 2,3 ^a	65 ± 0 ^{cde}
T 091006	63,6 ^h	1,4 ± 0,1 ^{bcde}	3,0 ± 0,0 ^{hi}	4,2 ± 0,2 ^h	2,7 ± 0,5 ^h	110 ± 14 ^a
T 091008	65,4 ^e	1,9 ± 0,1 ^{bc}	7,2 ± 0,2 ^c	18,5 ± 0,7 ^{def}	16,1 ± 0,1 ^{de}	40 ± 0 ^e
T 091015	63,6 ^h	1,0 ± 0,0 ^{de}	6,0 ± 0,0 ^e	10,2 ± 1,2 ^{fgh}	9,2 ± 1,2 ^{fg}	120 ± 0 ^a
T 091027	66,0 ^d	1,4 ± 0,1 ^{bcde}	6,3 ± 0,0 ^{cde}	32,7 ± 0,5 ^c	31,1 ± 0,4 ^b	40 ± 0 ^e
T 091028	64,2 ^g	2,2 ± 0,2 ^b	4,0 ± 0,0 ^g	5,2 ± 0,2 ^h	3,0 ± 0,4 ^h	70 ± 14 ^{cd}
T 091031	63,0 ⁱ	1,3 ± 0,0 ^{bcde}	5,0 ± 0,0 ^f	11,6 ± 0,8 ^{fgh}	10,4 ± 1,7 ^{fg}	100 ± 0 ^{ab}
T 091033	56,4 ^l	1,4 ± 0,1 ^{bcde}	3,4 ± 0,1 ^{gh}	10,5 ± 0,7 ^{fgh}	9,4 ± 0,5 ^{fg}	100 ± 0 ^{ab}
T 091056	64,8 ^f	1,8 ± 0,6 ^{bcd}	6,2 ± 0,2 ^{de}	20,0 ± 0,0 ^{de}	18,2 ± 0,1 ^{de}	80 ± 0 ^{bc}
T 091069	63,6 ^h	4,2 ± 0,2 ^a	7,2 ± 0,2 ^c	22,5 ± 6,3 ^d	11,5 ± 3,5 ^{etg}	50 ± 14 ^{de}
T 091088	67,4 ^c	1,3 ± 0,1 ^{bcde}	9,2 ± 0,2 ^a	33,2 ± 1,6 ^{bc}	32,5 ± 0,7 ^b	40 ± 0 ^e

¹Média de 3 repetições seguida do desvio-padrão. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$). AA: Absorção de água da farinha; TC: Tempo de chegada; TD: Tempo de desenvolvimento; TS: Tempo de saída; E: Estabilidade; I.T.M.: Índice de tolerância à mistura.

Segundo Williams et al. (1988) a qualidade da farinha de trigo pode ser classificada por meio do TD, estabilidade e ITM, obtidos pelo farinógrafo. A farinha de trigo pode ser classificada pelo TD como muito fraca ($\leq 2,0$ min), fraca (2,1 – 4,0

min), média força-fraca (4,1 – 6,0 min), média força-forte (6,1 – 8,0 min), forte (8,1 – 10,0 min) e muito forte ($\geq 10,1$ min); a estabilidade classifica como muito fraca ($\leq 2,0$ min), fraca (2,1 – 4,0 min), média força-fraca (4,1 – 7,0 min), média força-forte (7,1 – 10,0 min), forte (10,1 – 15,0 min) e muito forte ($\geq 15,1$ min); e o ITM classifica como muito fraca (≤ 200 UF), fraca (150 – 199 UF), média força-fraca (100 – 149 UF), média força-forte (50 – 99 UF), forte (0 – 49 UF) e muito forte (não apresenta ITM).

O TD da massa, em termos práticos, é o tempo necessário de batimento para a formação do glúten, a fim de deixar a massa com a consistência ideal para a fabricação do pão (GUARIENTI, 1996). Nos genótipos estudados, pode-se observar que a cultivar IAPAR 78 e as linhagens T 091006, T 091028 e T 091033 apresentaram menor TD. O TD se correlacionou positivamente com SDS-VS ($r= 0,57$) e o IS ($r= 0,53$), indicando que os materiais que apresentaram maior força de glúten obtiveram um maior TD. O TD também correlacionou-se positivamente com o TS e a estabilidade e negativamente com ITM.

As farinhas dos genótipos estudados apresentaram grande variação no TS (Tabela 14), sendo que a linhagem T 091006 mostrou o menor TS (4,2 min), enquanto o cultivar IPR Catuara TM apresentou o maior (44,7 min). Segundo Pinto et al. (2002), para que uma farinha possa ser considerada de qualidade superior deve apresentar um TS próximo de 15 min, indicando que pode ser misturada, nesse período, sem perder suas características. Grande parte do cultivares analisado mostraram TS bem superiores a este. Neste estudo o maior TS resultou em maior estabilidade da farinha ($r= 0,98$) e menor ITM ($r= -0,66$).

A estabilidade da farinha indica a resistência que a massa possui ao tratamento mecânico e ao tempo do processo fermentativo na fabricação de pão (GUARIENTI, 1996). Neste trabalho, pode-se observar que as farinhas das linhagens T 091006 e T 091028 mostraram as menores estabilidades, enquanto as farinhas dos genótipos IPR Catuara TM, LD 101108 e T 081099, as maiores. Segundo Pinto et al. (2002) farinhas destinadas a produção de produtos fermentáveis (pães e pizza) devem apresentar estabilidade superior a 18 min, sendo características de farinhas fortes.

O ITM fornece informações sobre a maior ou menor tolerância da massa durante a mistura (GUARIENTI, 1996). Os maiores ITM foram observados para os

genótipos T 091015 e T 091006 enquanto os menores para os T 091088, T 091027 e T 091008.

Assim, de acordo com a classificação de Williams et al. (1988), as farinhas dos genótipos T 091006 e T 091027 podem ser classificadas como fracas, as dos genótipos IAPAR 78, T 091015, T 091031 e T 091033 como média fraca, as dos genótipos IPR 130, T 081099, T 091008, T 091056 e T 091069 como média forte e as dos genótipos IPR Catuara TM, LD 101108, T091027 e T 091088 como fortes.

5.3.8 Extensógrafo

A extensografia permite avaliar a resistência à extensão (elasticidade) (R), a resistência máxima (Rm) e a extensibilidade da massa, nos tempos de 45 min, 90 min e 135 min. As Tabelas 15, 16 e 17 apresentam as propriedades extensográficas dos genótipos avaliados nos três tempos estudados.

Os genótipos apresentaram um aumento na resistência à extensão após o período de descanso nos tempos de 90 e 135 min de elaboração da massa. A elasticidade da massa aumentou para todas as farinhas no tempo de 90 min em relação ao tempo de 45 min, e então em algumas amostras diminuiu quando o tempo foi de 135 min, indicando que em 90 min ocorreu um fortalecimento da massa após o repouso. A cultivar IPR 130 e as linhagens LD 101108, T 091027, T 091028 e T 091031 apresentaram um aumento de R no tempo de 45 para 90 min e uma diminuição no tempo de 135 min, indicando que após o repouso houve uma diminuição da força da massa desses materiais.

O comportamento das amostras foi irregular quando a resistência máxima foi considerada, sendo que a cultivar IPR 85 e a linhagem T 091015 obtiveram Rm superior a 1000 U.E. nos tempos de 90 e 135 min. Os demais genótipos apresentaram diferença significativa no Rm, sendo que no tempo de 45 min houve uma variação de 996 a 290 U.E., no tempo de 90 min houve uma variação de 963 a 306 U.E. e no tempo de 135 min houve uma variação de 950 a 360 U.E., indicando que nos períodos de repouso as massas de alguns genótipos ganharam elasticidade e outros perderam elasticidade.

Tabela 15 – Características extensográficas dos diferentes genótipos no tempo de 45 min.

Genótipo	R¹ 45 (U.E.)	Rm¹ 45 (U.E.)	E¹ 45 (mm)
IAPAR 78	245 ± 4 ⁱ	620 ± 12 ⁱ	171 ± 8 ^{ef}
IPR 130	458 ± 16 ^c	660 ± 18 ^d	162 ± 7 ^f
IPR 85	530 ± 26 ^b	810 ± 35 ^b	206 ± 9 ^{bcd}
IPR Catuara TM	420 ± 16 ^{cd}	773 ± 12 ^{bc}	201 ± 9 ^{bcd}
LD 101108	397 ± 6 ^{def}	447 ± 31 ^{de}	199 ± 4 ^{bcd}
T 081099	313 ± 12 ^{gh}	290 ± 16 ^{def}	187 ± 3 ^{cde}
T 091006	228 ± 4 ⁱ	306 ± 9 ⁴ⁱ	232 ± 4 ^a
T 091008	310 ± 11 ^h	485 ± 22 ^g	206 ± 9 ^{bc}
T 091015	760 ± 3 ^a	996 ± 22 ^a	135 ± 6 ^g
T 091027	355 ± 15 ^{fg}	582 ± 10 ^f	203 ± 9 ^{bcd}
T 091028	268 ± 11 ⁱ	863 ± 8 ^h	195 ± 9 ^{cd}
T 091031	465 ± 7 ^c	750 ± 32 ^c	196 ± 1 ^{bcd}
T 091033	400 ± 18 ^{de}	614 ± 27 ^{ef}	187 ± 9 ^{de}
T 091056	360 ± 13 ^{fg}	603 ± 26 ^{ef}	202 ± 10 ^{bcd}
T 091069	334 ± 13 ^{gh}	580 ± 18 ^f	238 ± 8 ^a
T 091088	350 ± 14 ^{efgh}	600 ± 0 ^{def}	218 ± 9 ^{ab}

¹Média de 3 repetições seguida do desvio-padrão. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$). R: Resistência à extensão; Rm: Resistência máxima; E: Extensibilidade.

A extensibilidade dos genótipos variou no tempo de 45 min de 135 a 238 mm, no tempo de 90 min de 147 a 220 mm e no tempo de 135 min de 131 a 215 mm. Esses resultados indicam que o maior tempo de repouso causou uma diminuição na extensibilidade da massa.

Pizzionato (1997) classificou as farinhas a partir dos parâmetros extensográficos como fraca e forte para o tempo de 135 min. Uma farinha forte apresentava R de 560 U.E., Rm de 840 U.E. e extensibilidade de 155 mm e uma farinha fraca apresentava R de 130 U.E., Rm de 130 U.E. e extensibilidade de 180 mm. De acordo com essa classificação verificou-se que as farinhas obtidas das cultivares IPR 130, IPR 85, IPR Catuara TM e da linhagem T 091088 seriam classificadas como forte em decorrência de sua menor extensibilidade e maior

resistência à extensão e resistência máxima. Já aquelas obtidas da cultivar IAPAR 78 e das linhagens T 091006 e T 091008 apresentaram menor R e Rm e maior extensibilidade.

Tabela 16 – Características extensográficas dos diferentes genótipos no tempo de 90 min.

Genótipo	R¹ 90 (U.E.)	Rm¹ 90 (U.E.)	E¹ 90 (mm)
IAPAR 78	272 ± 11 ^h	340 ± 14 ^h	164 ± 3 ^g
IPR 130	557 ± 23 ^c	812 ± 22 ^c	147 ± 4 ^h
IPR 85	608 ± 28 ^b	>1000	176 ± 6 ^{fg}
IPR Catuara TM	488 ± 18 ^d	893 ± 32 ^b	195 ± 9 ^{bce}
LD 101108	470 ± 14 ^{def}	785 ± 50 ^{cd}	184 ± 6 ^{cdefg}
T 081099	410 ± 12 ^{eg}	610 ± 12 ^e	167 ± 7 ^{fg}
T 091006	304 ± 15 ^h	306 ± 18 ^g	209 ± 5 ^{ab}
T 091008	310 ± 12 ^g	536 ± 22 ^f	220 ± 11 ^a
T 091015	820 ± 37 ^a	>1000	139 ± 5 ^h
T 091027	438 ± 21 ^{efg}	770 ± 26 ^{cd}	205 ± 8 ^{abc}
T 091028	290 ± 12 ^h	415 ± 16 ^g	195 ± 4 ^{bcde}
T 091031	540 ± 25 ^c	963 ± 15 ^a	183 ± 5 ^{def}
T 091033	468 ± 12 ^{df}	744 ± 27 ^d	179 ± 9 ^{dfg}
T 091056	408 ± 18 ^g	760 ± 34 ^{cd}	194 ± 9 ^{bce}
T 091069	392 ± 18 ^g	710 ± 14 ^d	220 ± 10 ^a
T 091088	510 ± 14 ^{cd}	700 ± 0 ^d	136 ± 8 ^h

¹Média de 3 repetições seguida do desvio-padrão. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$). R: Resistência à extensão; Rm: Resistência máxima; E: Extensibilidade.

No estudo de correlação o SDS-VS correlacionou positivamente com a resistência à extensão no tempo de 90 min ($r= 0,50$) e 135 min ($r= 0,52$) e com a resistência máxima no tempo de 90 min ($r= 0,50$). Esses resultados corroboram com aqueles apresentados por Oelofse, Labuschagne e Deventer (2010) que mostraram que o SDS-VS apresenta correlação com os parâmetros de qualidade da farinha de trigo, principalmente, relacionados à força de glúten.

Tabela 17 – Características extensográficas dos diferentes genótipos no tempo de 135 min.

Genótipo	R¹ 135 (U.E.)	Rm¹ 135 (U.E)	E¹ 135 (mm)
IAPAR 78	300 ± 13 ^{hi}	360 ± 14 ^e	166 ± 8 ^{hi}
IPR 130	555 ± 19 ^c	768 ± 37 ^b	156 ± 16 ⁱ
IPR 85	690 ± 34 ^b	>1000	170 ± 8 ^{ghi}
IPR Catuara TM	510 ± 20 ^{cd}	910 ± 33 ^a	185 ± 7 ^{efg}
LD 101108	460 ± 0 ^{def}	770 ± 42 ^b	189 ± 8 ^{cdefg}
T 081099	420 ± 16 ^{fg}	550 ± 14 ^c	172 ± 6 ^{fghi}
T 091006	338 ± 15 ^h	450 ± 17 ^{cd}	203 ± 8 ^{bd}
T 091008	333 ± 12 ^{hi}	510 ± 23 ^c	215 ± 7 ^{ab}
T 091015	847 ± 31 ^a	>1000	131 ± 5 ^j
T 091027	410 ± 14 ^{fg}	915 ± 38 ^a	184 ± 2 ^{efgh}
T 091028	284 ± 9 ⁱ	432 ± 13 ^{de}	207 ± 10 ^{abcd}
T 091031	507 ± 12 ^{cd}	950 ± 37 ^a	191 ± 8 ^{cde}
T 091033	475 ± 19 ^{de}	720 ± 30 ^b	173 ± 7 ^{fghi}
T 091056	445 ± 19 ^{ef}	728 ± 29 ^b	187 ± 5 ^{cdef}
T 091069	396 ± 17 ^g	718 ± 22 ^b	221 ± 9 ^a
T 091088	560 ± 28 ^c	720 ± 17 ^b	156 ± 9 ⁱ

¹Média de 3 repetições seguida do desvio-padrão. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$). R: Resistência à extensão; Rm: Resistência máxima; E: Extensibilidade.

No estudo de correlação observou-se que o CP da farinha de trigo não apresentou correlação com nenhum dos parâmetros reológicos da farinha. Vázquez et al. (2012) estudaram o efeito dos genótipos, dos ambientes e a interação de ambos sobre a qualidade de trigo produzidos na América Latina. Esses autores concluíram que nos genótipos brasileiros, é difícil haver correlação entre o CP e os parâmetros de qualidade, apesar de o conteúdo proteico estar associado à melhor qualidade.

Os valores de absorção de carbonato de sódio mostrados na Tabela 13 correlacionaram positivamente com a resistência à extensão no tempo de 45 min ($r= 0,58$), 90 min ($r= 0,53$) e 135 min ($r= 0,54$) e com a resistência máxima no tempo de

45 min ($r= 0,53$) e uma correlação negativa com a extensibilidade no tempo de 45 min ($r= -0,68$) e 135 min ($r= -0,64$) sugerindo que as farinhas com maior força de glúten apresentaram maior absorção de carbonato de sódio devido ao maior teor de amido danificado.

5.3.9 Avaliação tecnológica da massa e do pão

5.3.9.1 Volume da massa do pão

O volume da massa após a fermentação (temperatura de 32°C por 60 minutos) está apresentado na Tabela 18. Dentre os genótipos analisados pode-se observar que o volume da massa variou de 285 a 355 mL para as cultivares IPR Catuara TM e IAPAR 78, respectivamente.

Segundo El-Dash, Camargo e Diaz (1982) as propriedades da estrutura do glúten durante a fermentação e cozimento influenciam as propriedades do produto final, pois o glúten deve ter extensibilidade suficiente para expandir sobre influencia do CO₂ formado durante a fermentação, dando o volume do pão, mas também dando o grau ótimo de resistência à extensão para poder reter sua forma. A resistência à extensão muito pequena resulta em uma massa que não retém CO₂ e o volume, enquanto que o excesso de CO₂, também, resulta em um baixo volume, pois a quantidade torna-se insuficiente para expandir a massa a um volume ótimo.

Nos estudo realizado pode-se observar uma correlação positiva do volume da massa com o TD ($r= 0,58$), com a resistência à extensão no tempo de 90 min ($r= 0,56$) e 135 min ($r= 0,52$) e com a resistência máxima no tempo de 90 min ($r= 0,63$) e 135 ($r= 0,52$). Essas correlações sugerem que quanto maior a força do glúten maior o volume da massa devido a sua maior capacidade de expansão durante a fermentação.

Tabela 18 – Volume da massa apresentada pelos diferentes genótipos.

Genótipo	Volume da massa¹ (mL)
IAPAR 78	285 ± 7 ^f
IPR 130	307 ± 0 ^{def}
IPR 85	297 ± 0 ^{ef}
IPR Catuara TM	355 ± 12 ^a
LD 101108	350 ± 6 ^a
T 081099	290 ± 0 ^f
T 091006	290 ± 0 ^f
T 091008	290 ± 0 ^f
T 091015	320 ± 15 ^{bcd}
T 091027	290 ± 5,77 ^f
T 091028	320 ± 14 ^{cde}
T 091031	343 ± 12 ^{abc}
T 091033	317 ± 0 ^{de}
T 091056	327 ± 0 ^{abcd}
T 091069	317 ± 0 ^{de}
T 091088	347 ± 6 ^{ab}

¹Média de 3 repetições seguida do desvio-padrão. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$).

5.3.9.2 Volume específico do pão

O volume específico do pão é um fator importante no que se refere à aceitabilidade dos consumidores. Sua importância está relacionada à qualidade do produto, uma vez que é afetado, principalmente pela qualidade da farinha de trigo (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982). O volume específico dos diferentes genótipos analisados está apresentado na Tabela 19.

Os genótipos apresentaram diferença significativa no volume específico do pão, sendo que este parâmetro variou de 3,13 cm³/g⁻¹ para a cultivar IAPAR 78 a 4,52 cm³/g⁻¹ para a cultivar IPR 85.

Tabela 19 – Volume específico e firmeza dos pães produzidos pelos diferentes genótipos.

Genótipo	Volume do pão¹ (cm³/g⁻¹)	Firmeza do pão¹ (N)
IAPAR 78	3,13 ± 0,10 ⁱ	2,98 ± 0,05 ^c
IPR 85	4,52 ± 0,12 ^a	1,93 ± 0,08 ^{efg}
IRP Catuara TM	4,07 ± 0,11 ^{bc}	1,71 ± 0,01 ^{fg}
LD 101108	3,70 ± 0,06 ^{defg}	3,01 ± 0,06 ^c
PR 130	3,77 ± 0,10 ^{bcdefg}	1,69 ± 0,06 ^{fg}
T 081099	3,60 ± 0,13 ^{fgh}	3,11 ± 0,07 ^c
T 091006	3,69 ± 0,18 ^{dfg}	4,48 ± 0,08 ^a
T 091008	3,29 ± 0,13 ^{hi}	4,23 ± 0,20 ^a
T 091015	4,02 ± 0,07 ^{bcde}	2,08 ± 0,12 ^{de}
T 091027	3,60 ± 0,15 ^{gh}	3,60 ± 0,20 ^b
T 091028	3,76 ± 0,01 ^{cdefg}	2,35 ± 0,12 ^d
T 091031	3,81 ± 0,16 ^{bcdefg}	3,833 ± 0,20 ^b
T 091033	3,96 ± 0,13 ^{bcdef}	3,61 ± 0,18 ^b
T 091056	4,12 ± 0,14 ^b	1,99 ± 0,07 ^{ef}
T 091069	3,95 ± 0,13 ^{bcdef}	1,62 ± 0,04 ^g
T 091088	4,02 ± 0,18 ^{bcd}	2,18 ± 0,12 ^{de}

¹Média de 6 repetições seguida do desvio-padrão. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$).

O volume específico do pão, também, apresentou correlação positiva com o SDS-VS ($r= 0,68$) e o IS ($r= 0,52$). O maior SDS-VS está relacionado com a maior força de glúten, portanto os genótipos que apresentaram maior SDS-VS, também apresentaram maior volume específico. Trethowan, Peña e Ginkel (2001) também encontraram correlações similares quando avaliaram 1267 genótipos de trigos.

A Figura 8 mostra as características internas e externas dos pães produzidos.

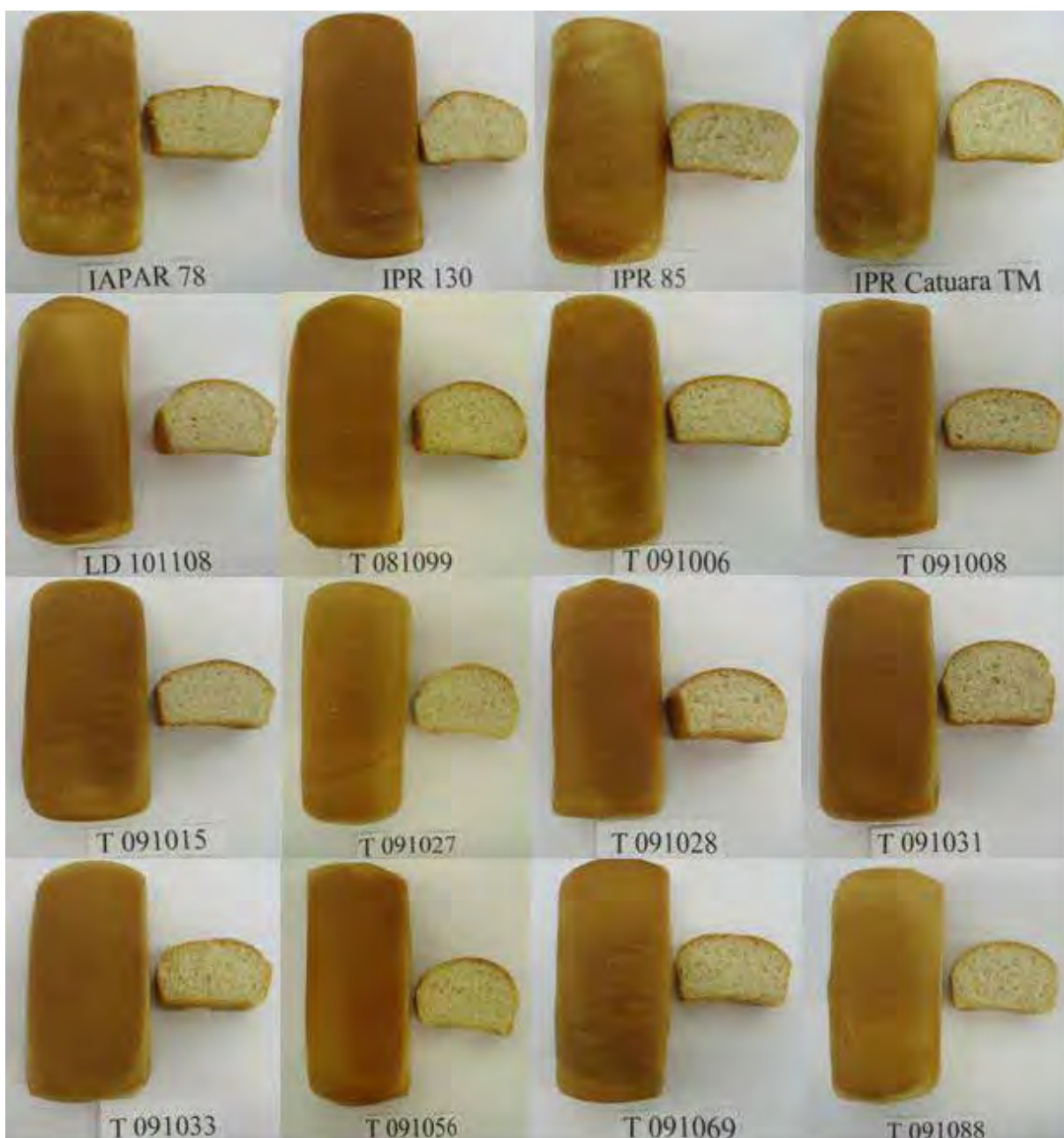


Figura 8 – Características internas e externas dos pães dos diferentes genótipos.

5.3.9.3 Firmeza dos pães

A firmeza dos pães está relacionada com a força aplicada para ocasionar uma deformação ou rompimento da amostra, avaliada por texturômetros mecânicos e correlacionada com a mordida humana durante a ingestão dos alimentos (ESTELLER; LANNES, 2005). A Tabela 19 apresenta os resultados da firmeza do pão expresso em Newton.

Os genótipos apresentaram variação significativa na firmeza do pão, sendo que a linhagem T 091069 apresentou a menor firmeza (1,62 N) e a linhagem T 091006 a maior (4,48 N).

A força máxima avaliada para produtos panificados é dependente da formulação (qualidade da farinha, quantidade de açúcares, gorduras, emulsificantes, enzimas e mesmo a adição de glúten e melhoradores de farinha), umidade da massa e conservação (tempo de fabricação do produto e embalagem) (ESTELLER; LANNES, 2005).

De acordo com o estudo realizado a firmeza do pão apresentou uma correlação negativa com o volume específico do pão ($r = -0,58$), indicando que os genótipos com melhores propriedades de panificação apresentaram textura macia (menor firmeza). Barrera et al. (2007) encontraram resultados similares e concluíram que provavelmente os entrelaçamentos e as interações entre os polímeros ocorrem mais densamente em amostras que apresentam baixo volume dos pães. Segundo Axford et al. (1968) citado por Eliasson (1993), o volume do pão afeta as medidas de firmeza do miolo e assim quanto menor for o volume específico do pão, maior será a firmeza.

5.3.9.4 Cor da crosta e do miolo

A avaliação da cor é um parâmetro crítico em produtos forneados. Pães com crosta muito clara ou muito escura estão associados a falhas no processamento (ESTELLER; LANNES, 2005). No sistema Hunter de cor, corrigido pela CIE- $L^*a^*b^*$ e CIE- C^*h^* , os valores L^* (luminosidade) variam entre zero (preto) e 100 (branco), os valores de a^* e b^* variam de $-a^*$ (verde) até $+a^*$ (vermelho) e $-b^*$ (azul) até $+b^*$ (amarelo). Os valores de C^* (croma) representam a intensidade ou saturação da cor e variam entre fraca e forte, e os valores de h^* representam o tom da cor, podendo diferenciar cores de igual luminosidade e croma, variando de claro a escuro (PEDROSA, 1982). Os parâmetros de cor observados na crosta estão apresentados na Tabela 20.

A cor da crosta é uma característica que interfere na aceitabilidade dos pães e está diretamente relacionada com a quantidade de açúcares, enzimas e também pelas condições de processamento como tempo de fermentação e tempo e

temperatura de cozimento. A cor da crosta é resultado da reação não-enzimática entre os açúcares redutores e os grupos amino primários (reação de Maillard) durante o cozimento, e é induzida pela presença de íons de hidrogênio durante o processo de fermentação. A crosta deve ser dourada, brilhante e mais homogênea possível (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982).

Tabela 20 – Parâmetros de cor instrumental da crosta do pão.

Genótipo	L*	a*	b*	C*	h*
IAPAR 78	45,51 ± 1,83 ^{gh}	16,88 ± 0,27 ^a	30,25 ± 1,26 ^{defg}	34,64 ± 1,23 ^{bcdef}	60,82 ± 0,67 ^{de}
IPR 85	51,70 ± 1,19 ^{abce}	14,92 ± 0,74 ^d	31,90 ± 0,71 ^{abcd}	35,06 ± 0,34 ^{bcd}	65,55 ± 1,79 ^{ab}
IRP Catuara TM	50,74 ± 1,47 ^{abcdef}	15,39 ± 0,36 ^{cd}	32,86 ± 1,15 ^{abc}	36,29 ± 0,89 ^{ab}	64,88 ± 1,28 ^{abcd}
LD 101108	48,65 ± 1,11 ^{bcdefg}	16,99 ± 0,02 ^a	31,16 ± 0,99 ^{bode}	35,49 ± 0,86 ^{abc}	61,38 ± 0,89 ^{bode}
PR 130	45,29 ± 0,71 ^{gh}	16,75 ± 0,33 ^{abc}	29,08 ± 0,76 ^{efg}	33,29 ± 1,15 ^{cdefgh}	60,93 ± 0,88 ^{de}
T 081099	51,60 ± 1,99 ^{abcde}	15,15 ± 0,30 ^d	32,81 ± 0,56 ^{abc}	35,85 ± 0,45 ^{ab}	66,30 ± 2,13 ^a
T 091006	51,54 ± 1,38 ^{abc}	15,06 ± 0,63 ^d	31,17 ± 0,35 ^{bcde}	34,45 ± 0,46 ^{bcdefg}	64,83 ± 1,32 ^{abcd}
T 091008	45,55 ± 1,69 ^{gh}	16,29 ± 0,29 ^{abcd}	27,90 ± 1,15 ^{gh}	32,32 ± 0,8 ^{gh}	59,69 ± 1,48 ^e
T 091015	54,02 ± 1,39 ^a	15,72 ± 0,71 ^{abcd}	34,03 ± 0,45 ^a	37,48 ± 0,52 ^a	65,20 ± 1,02 ^{abc}
T 091027	47,25 ± 2,02 ^{cdgh}	15,58 ± 0,25 ^{bcd}	28,29 ± 1,07 ^{fgh}	32,29 ± 0,87 ^{gh}	61,13 ± 1,18 ^{cde}
T 091028	44,22 ± 0,80 ^h	16,22 ± 0,34 ^{abcd}	26,50 ± 0,62 ^h	31,08 ± 0,54 ^h	58,53 ± 0,86 ^e
T 091031	46,62 ± 1,64 ^{fgh}	16,79 ± 0,41 ^{ab}	30,47 ± 0,68 ^{cdef}	34,79 ± 0,43 ^{bcde}	61,13 ± 1,10 ^{cde}
T 091033	48,28 ± 1,37 ^{defgh}	15,04 ± 0,58 ^d	28,77 ± 0,55 ^{efgh}	32,46 ± 0,52 ^{fgh}	62,40 ± 1,08 ^{abcde}
T 091056	47,25 ± 0,45 ^{cdgh}	16,38 ± 0,13 ^{abcd}	28,61 ± 0,58 ^{fgh}	32,55 ± 1,14 ^{efgh}	61,58 ± 2,09 ^{bode}
T 091069	46,56 ± 0,15 ^{dgh}	15,79 ± 0,56 ^{abcd}	29,15 ± 0,80 ^{efg}	32,85 ± 0,47 ^{defgh}	62,62 ± 2,44 ^{abcde}
T 091088	52,73 ± 0,66 ^{ab}	15,21 ± 0,06 ^d	33,43 ± 0,44 ^{ab}	36,73 ± 0,40 ^{ab}	65,54 ± 0,27 ^{ab}

¹Média de 3 repetições seguida do desvio-padrão. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Os parâmetros da cor da crosta mostram que os pães apresentaram crosta mais amarelada, a L* variou de 44,22 a 54,02, o b* variou de 26,50 a 34,03, sendo que esses parâmetros foram influenciados pelas propriedades reológicas da massa. A L* apresentou correlação positiva com o TD ($r= 0,50$), resistência à extensão no tempo de 90 min ($r= 0,57$) e 135 min ($r= 0,65$) e com o SDS-VS ($r= 0,53$) e negativamente com o ITM ($r= -0,66$) e com a extensibilidade no tempo de 135 min ($r= -0,52$) e o b* foi influenciado positivamente pelo TD ($r= 0,58$), TS ($r= 0,53$), estabilidade ($r= 0,56$), resistência à extensão no tempo de 90 min ($r= 0,58$) e 135 min ($r= 0,64$) e negativamente com o ITM ($r= -0,60$) e extensibilidade no tempo de 90 min ($r= -0,57$) e 135 min ($r= -0,60$). Essas correlações indicam que os pães

produzidos de farinhas com maior força de glúten apresentaram pães com crosta mais clara.

A saturação da cor foi influenciada positivamente pela L^* ($r= 0,81$) e b^* ($r= 0,89$) e a tonalidade foi positivamente correlacionada com L^* ($r= 0,93$) e b^* ($r= 0,87$) e negativamente correlacionada com a^* ($r= -0,74$).

A α -amilase é uma das responsáveis pela cor da crosta dos pães, devido à decomposição do amido em dextrinas e maltose. A quantidade de alfa-amilase contida nas farinhas geralmente não é suficiente, sendo necessária a adição dessa enzima na formulação utilizada (GUERREIRO, 2006). No estudo realizado observou-se que não houve correlação entre os parâmetros da cor com o NQ, uma vez, que os genótipos apresentaram baixa atividade enzimática.

Segundo a Legislação Brasileira o miolo deve apresentar cor branco-creme uniforme, ser poroso, leve, homogêneo e elástico, não deve aderir aos dedos quando comprimido, nem apresentar aglomerações duras, pontos negros, pardos ou avermelhados. O pão de boa qualidade apresenta miolo consistente, cavidades irregulares, textura macia e aveludada, sedosa e elástica (BRASIL, 2000). Os parâmetros de cor do miolo estão apresentados na Tabela 21.

A L^* do miolo variou de 71,33 a 76,07, sendo que este parâmetro foi influenciado pelas propriedades reológicas da massa. A L^* teve uma correlação positiva com o TS ($r= 0,61$), estabilidade ($r= 0,65$), resistência à extensão no tempo de 45 min ($r= 0,60$), 90 min ($r= 0,57$) e 135 min ($r= 0,65$) sugerindo que farinha de maior força de glúten resultou em pães com miolo mais claros, pois pães com maior volume têm as células do miolo mais uniformes e, portanto que refletem melhor a luz proporcionando um maior L^* .

A intensidade a^* variou de 0,61 a 2,12 entre os genótipos analisados. A intensidade a^* teve uma correlação positiva com ITM ($r= 0,56$), sugerindo que uma massa mais fraca resulta em um miolo de coloração mais escura. A cromaticidade a^* (intensidade de vermelho) no miolo do pão caracteriza uma cor escura e pode estar correlacionada com miolo frágil ou com buraco decorrente de erros na formulação e no processamento, como, excesso de melhoradores, mistura inadequada, massa muito dura, moldagem malfeita e fermentação excessiva (FERREIRA et al., 2001).

Tabela 21 – Parâmetros de cor instrumental do miolo do pão.

Genótipo	L*	a*	b*	C*	h*
IAPAR 78	72,37 ± 1,26 ^{bcd}	1,40 ± 0,06 ^d	24,22 ± 0,35 ^a	24,02 ± 0,35 ^a	86,54 ± 0,20 ^{cde}
IPR 130	73,50 ± 0,32 ^{abcd}	1,30 ± 0,32 ^{bcd}	21,74 ± 0,09 ^{ab}	20,79 ± 0,9 ^{bc}	86,55 ± 0,23 ^{cde}
IPR 85	73,39 ± 0,86 ^{abcd}	0,99 ± 0,86 ^{cdef}	18,95 ± 0,61 ^{ab}	18,31 ± 0,61 ^e	87,08 ± 0,1 ^{cd}
IRP Catuara TM	74,58 ± 0,27 ^{abcd}	1,32 ± 0,27 ^{bc}	18,73 ± 0,62 ^{ab}	19,34 ± 0,60 ^{cde}	85,23 ± 0,55 ^e
LD 101108	74,91 ± 0,45 ^{ab}	0,84 ± 0,45 ^{efg}	19,54 ± 0,60 ^{ab}	19,79 ± 0,60 ^{cde}	87,4 ± 0,25 ^{abc}
T 081099	74,69 ± 0,67 ^{abc}	0,68 ± 0,67 ^g	20,99 ± 0,12 ^{ab}	23,03 ± 0,12 ^a	88,21 ± 0,17 ^{ab}
T 091006	72,53 ± 0,49 ^{bcd}	0,68 ± 0,49 ^g	19,35 ± 0,45 ^{ab}	18,14 ± 0,48 ^e	87,58 ± 0,46 ^{abc}
T 091008	71,93 ± 1,62 ^{bcd}	0,97 ± 1,62 ^{def}	21,64 ± 0,88 ^{ab}	19,50 ± 0,88 ^{cde}	86,91 ± 0,30 ^{cde}
T 091015	76,07 ± 0,05 ^a	0,61 ± 0,05 ^g	19,98 ± 0,74 ^{ab}	18,77 ± 0,74 ^{de}	88,28 ± 0,27 ^a
T 091027	71,73 ± 2,40 ^{bcd}	1,11 ± 2,40 ^{bcd}	18,76 ± 0,95 ^{ab}	20,47 ± 0,95 ^{bcd}	86,49 ± 0,57 ^{cde}
T 091028	72,65 ± 0,42 ^{bcd}	1,25 ± 0,48 ^{bcd}	20,43 ± 0,62 ^{ab}	18,13 ± 0,63 ^e	86,17 ± 0,18 ^{de}
T 091031	73,18 ± 0,68 ^{abcd}	2,12 ± 0,68 ^a	18,79 ± 0,49 ^{ab}	22,22 ± 0,73 ^{ab}	84,20 ± 0,25 ^f
T 091033	71,33 ± 1,15 ^d	1,10 ± 1,14 ^{cde}	18,09 ± 0,72 ^b	22,22 ± 0,73 ^{ab}	87,17 ± 0,37 ^{abcd}
T 091056	73,62 ± 0,69 ^{abcd}	1,02 ± 0,69 ^{cde}	22,19 ± 0,48 ^a	20,37 ± 0,48 ^{ab}	87,13 ± 0,08 ^{bcd}
T 091069	71,60 ± 11,81 ^{cd}	1,17 ± 1,81 ^{bcd}	20,29 ± 1,27 ^{ab}	19,24 ± 0,23 ^{cde}	87,12 ± 0,49 ^{cd}
T 091088	71,78 ± 0,75 ^{bcd}	1,15 ± 0,75 ^{bcd}	19,89 ± 0,55 ^{ab}	18,92 ± 0,57 ^{de}	86,14 ± 0,69 ^{de}

¹Média de 3 repetições seguida do desvio-padrão. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$).

A intensidade b* variou de 18,09 a 24,22, sendo que este parâmetro teve uma correlação negativa com a intensidade a* da farinha ($r = -0,77$), sendo possível afirmar que quanto maior a intensidade vermelho da farinha menor a intensidade amarelo do miolo.

No miolo a saturação da cor teve uma forte correlação positiva com a intensidade b* ($r = 0,99$) e a tonalidade teve uma forte correlação negativa com a intensidade a* ($r = -0,94$).

5.4 COMPOSIÇÃO DAS HMW-GS E LMW-GS E SUBUNIDADES DE GLIADINAS

Nos géis de SDS-PAGE, as proteínas de reserva do trigo foram separadas em função de diferentes pesos moleculares. As subunidades de glutenina de alto peso molecular (HMW-GS) codificadas pelo loci Glu-A1, Glu-B1 e Glu-D1 podem ser observadas na parte superior do gel, enquanto as subunidades de glutenina de baixo peso molecular (LMW-GS) codificada pelo Glu-A3 podem ser visualizadas na

parte inferior (Figura 9). As subunidades de gliadinas coficadas pelo Glu-B3 e a presença da translocação de centeio do tipo 1B/1R estão apresentadas na A Figura 10.

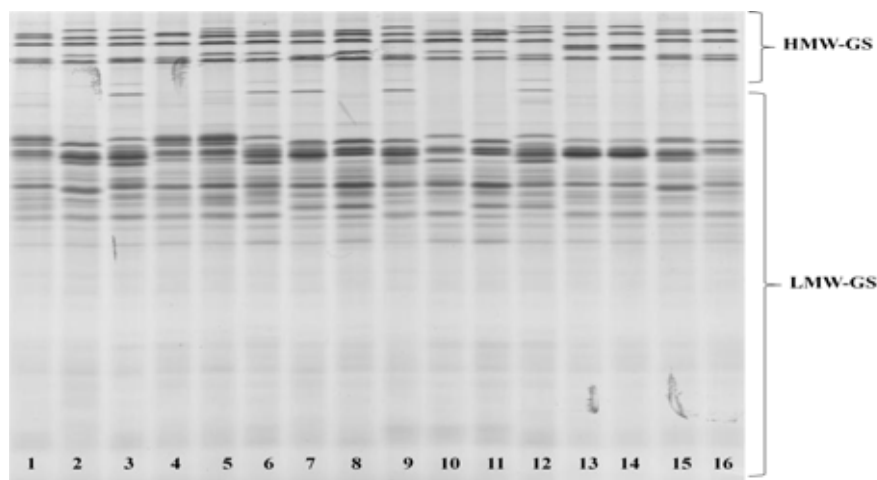


Figura 9 – Perfil eletroforético das HMW-GS e LMW-GS avaliadas por SDS-PAGE. (1) T 091028, (2) T 091015, (3) T 091031, (4) T 091008, (5) T 091088, (6) T 091027, (7) LD 101108, (8) T 091056, (9) T 0910169, (10) T 091033, (11) T 081099, (12) T 091006, (13) IPR Catuará TM, (14) IPR 85, (15) IPR 130 e (16) IAPAR 78.

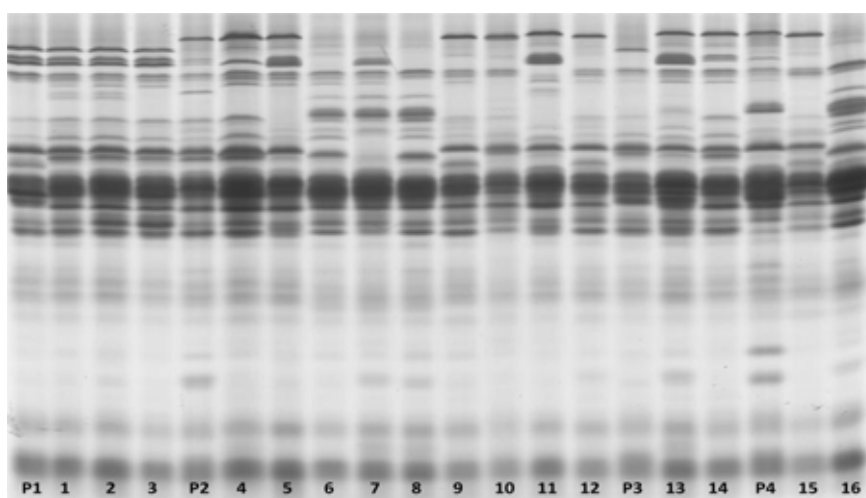


Figura 10 – Perfil eletroforético das subunidades de gliadinas avaliadas por SDS-PAGE. (P1) padrão da subunidade *h*, (1) T 091028, (2) T 091008, (3) T 091088, (P2) padrão da subunidade *f*, (4) T 091069, (5) T 091006, (6) IAPAR 78, (7) T 091033, (8) T 081099, (9) IPR 85, (10) T 091015, (11) T 091031, (12) IPR Catuará TM, (P3) padrão da subunidade *i*, (13) T 091027, (14) LD 101108, (P4) padrão da subunidade *e* e a presença da translocação do tipo 1A/1R, (15) IPR 130 e (16) T 0910156.

As HMW-GS de todos os genótipos analisados (Tabela 22) apresentaram quatro variações alélicas do Glu-A1 [subunidades 2* (43,8%), 1 (37,5%), Nulo (12,5%) e 1/2* (6,2%)], cinco no Glu-B1 [subunidades 7+9 (50,0%), 7+8 (37,5%) e 17+18 (12,5%)] e quatro no Glu-D1 [subunidades 5+10 (81,3%), 2+12 (18,7%)]. As LMW-GS apresentaram três variações alélicas no Glu-A3 com predominância da subunidade *c* (56,3%), seguida da *d* (25,0%) e *b* (18,7%).

Tabela 22 – Frequência alélicas das HMW-GS, LMW-GS e das subunidades de gliadinas dos 16 genótipos analisados.

Locus	Subunidades	Frequência (%)
Glu-A1	1	37,5
	2*	43,8
	1/2*	6,2
	Nulo	12,5
Glu-B1	17+18	12,5
	7+8	37,5
	7+9	50,0
Glu-D1	5+10	81,3
	2+12	18,7
Glu-A3	<i>b</i>	18,7
	<i>c</i>	56,3
	<i>d</i>	25,0
Glu-B3	<i>b</i>	33,3
	<i>e</i>	16,7
	<i>f</i>	16,7
	<i>g</i>	8,3
	<i>h</i>	25,0
1B/1R	Presença	25,0
	Ausência	75,0

Nas subunidades de gliadinas codificadas pelo Glu-B3 (Tabela 22) foram detectadas cinco variações *b* (33,3%), *h* (25,0%), *e* (16,7%), *f* (16,7%) e *g* (8,3%).

Observou-se também a presença da translocação de centeio do tipo 1B/1R nas linhagens T 091099, T 091033 e T 091056 e na cultivar IAPAR 78.

Dentre as subunidades presentes nos diferentes loci verifica-se que as subunidades 1 e 2* do Glu-A1 , 17+18 e 7+8 do Glu-B1, 5+10 do Glu-D1, *d* do Glu-A3 e *b* do Glu-B3 são descritas em diversos estudos como tendo uma positiva associação com a qualidade de panificação. He et al. (2005) estudaram o efeitos das subunidades de cada locus sobre a qualidade do glúten para panificação de trigos chineses e consideraram que as combinações 1 do Glu-A1, 7+8 do Glu-B1, 5+10 do Glu-D1 e *d* do Glu-A3 poderiam contribuir para o melhoramento da qualidade de panificação dos genótipos de trigo.

O escore total (ET) dos genótipos variou de 5 a 10 (Tabela 23) sendo os escores 9 e 10 mais frequentes, devido à maior frequência das subunidades 2* no Glu-A1, 7+9 no Glu-B1 e 5+10 no Glu-D1. Houve correlação positiva entre o ET e o SDS-VS ($r = 0,521$), IS ($r = 0,510$) e PMS ($r = 0,510$). O ET tem sido utilizado como parâmetro para a seleção de linhagens nos programas de melhoramento genético de trigos no Brasil.

O ET também apresentou correlação com as características reológicas da farinha. O ET se correlacionou positivamente com o TD ($r = 0,51$), a resistência à extensão no tempo de 45 min ($r = 0,63$), 90 min ($r = 0,68$) e 135 min ($r = 0,63$), sugerindo que as subunidades que apresentam maior escore estão associadas à maior força de glúten.

Houve, também, correlação positiva do ET com o volume da massa ($r = 0,61$) e com o volume específico do pão ($r = 0,60$), destacando as subunidades 17+18 e 7+8 do locus Glu-B1 e 5+10 do Glu-D1 que apresentaram maior escore e estão associadas a maior qualidade de panificação. A firmeza do pão apresentou correlação negativa com ET ($r = -0,54$), indicando que as subunidades de menor escore apresentaram pães com maior firmeza.

Tabela 23 – Composição das HMW-GS e LMW-GS e das subunidades de gliadinas nos 16 genótipos analisados, detectados por SDS-PAGE.

Genótipo	Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1	ET¹	Glu-A3	GluB-3	TC²
IAPAR 78	N	7+9	2+12	5	c		1B/1R
IPR 130	2*	7+9	5+10	9	b	b	
IPR 85	1	17+18	5+10	10	c	b	
IPR Catuara TM	1	17+18	5+10	10	c	b	
LD 101108	2*	7+9	5+10	9	c	f	
T 081099	2*	7+8	5+10	7	b		1B/1R
T 091006	1	7+9	2+12	7	d	f	
T 091008	N	7+9	2+12	5	c	h	
T 091015	1	7+8	5+10	10	c	b	
T 091027	2*	7+8	5+10	10	d	e	
T 091028	2*	7+9	5+10	9	b	h	
T 091031	1	7+9	5+10	9	d	e	
T 091033	2*	7+8	5+10	7	d		1B/1R
T 091056	2*	7+8	5+10	7	c		1B/1R
T 091069	1	7+9	5+10	9	c	g	
T 091088	1/2*	7+8	5+10	10	c	h	

¹ET= escore total; ²TC= Translocação de centeio.

5.4.1 Efeitos das diferentes HMW-GS e LMW-GS e as subunidades de gliadinas nos parâmetros de qualidade do grão

A Tabela 24 apresenta o efeito de cada subunidade presente nos diferentes loci sobre os parâmetros físico-químicos dos genótipos estudados.

Não houve diferença significativa no teor de proteína, PH, IS entre as subunidades do Glu-A1, enquanto o PMS foi maior na subunidade 1 que nas outras subunidades do Glu-A1. Também não foi observado diferença significativa no SDS-SV entre as subunidades 1 e 2*. Essas subunidades apresentam melhor qualidade de panificação quando comparada a subunidade N (nulo) (OURY et al., 2009). Em estudo realizado por Liang et al. (2010) não observaram diferenças significativas no SDS-VS, IS, tempo de desenvolvimento da massa e força do glúten, entre as

subunidades 1 e 2*, sugerindo que essas subunidades apresentam um efeito positivo sobre a força da massa e as propriedades reológicas.

Tabela 24 – Frequência alélica e efeitos das HMW-GS sobre os parâmetros físico-químicos nos 16 genótipos de trigo.

Locus	Subunidades	CP ¹	NQ ¹	SDS-VS ¹	IS ¹	PMS ¹	PH ¹	ET ¹
		(%)	(seg)	(ml)		(g)	(Kg/hL)	
Glu-A1	1	13,7 ^a	560 ^b	13,4 ^{ab}	0,9 ^a	4,3 ^a	79,5 ^a	9 ^a
	2*	14,3 ^a	580 ^b	12,1 ^{bc}	0,8 ^a	3,9 ^b	79,4 ^a	8 ^a
	1/2*	15,4 ^a	700 ^{ab}	13,5 ^a	0,8 ^a	3,6 ^b	77,8 ^a	10 ^a
	N	13,6 ^a	615 ^a	10,6 ^c	0,7 ^a	3,7 ^b	81,1 ^a	5 ^b
Glu-B1	17+18	13,1 ^b	571 ^a	13,9 ^a	1,0 ^a	4,8 ^a	81,5 ^a	10 ^a
	7+8	14,9 ^a	596 ^a	13,2 ^a	0,8 ^a	3,9 ^b	78,6 ^b	8 ^a
	7+9	13,7 ^b	579 ^a	11,6 ^b	0,8 ^a	3,9 ^b	79,7 ^{ab}	8 ^a
Glu-D1	5+10	14,2 ^a	588 ^a	12,8 ^a	0,8 ^a	4,1 ^a	79,2 ^a	9 ^a
	2+12	13,4 ^a	566 ^a	11,0 ^b	0,7 ^a	3,8 ^b	81,9 ^a	6 ^b

¹Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna para cada locus não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$). CP: Conteúdo protéico, expresso em base seca. NQ: Número de queda. SDS-VS: Volume de sedimentação. IS: Índice de sedimentação. PMS: Peso de mil sementes. PH: Peso hectolitro. ET: Escore total.

No Glu-B1, o mais alto PMS e PH foram detectados nas subunidades 17+18 e não houve diferenças significativas no IS e NQ nas diferentes subunidades do Glu-B1. O menor SDS-VS foi detectado nas subunidades 7+9, sendo que esses resultados estão de acordo com aqueles encontrados por Bedo et al. (1998).

No Glu-D1 observou-se, que as subunidades 5+10 mostraram maior SDS-VS em relação às subunidades 2+12, concordando com os resultados obtidos anteriormente por Payne (1987), Luo et al. (2001), Liang et al. (2010) e Li et al. (2010). Não houve diferenças significativas no teor de proteína, NQ e PH não apresentaram diferenças significativas entre as suas subunidades em Glu-D1.

No grupo Glu-A3 (Tabela 25) não houve diferença no IS e no PH. A subunidade *d* teve maior PMS em relação às demais. As subunidades *c* e *d* apresentaram maiores SDS-VS e conteúdo protéico em relação à subunidade *b*. Luo et al. (2001) encontraram que as subunidades *d* e *e* não apresentaram diferença significativa no SDS-VS e no tempo de mistura da massa, entretanto esses mesmos autores consideram que a subunidade *d* é uma melhor alternativa para seleção dos

genótipos de trigo chineses, considerando essa subunidade desejável pelo seu efeito positivo na qualidade do trigo.

Tabela 25 - Frequência alélica e efeitos das LMW-GS sobre os parâmetros físico-químicos nos 16 genótipos de trigo.

Locus	Subunidades	CP (%) ¹	NQ (seg) ¹	SDS-VS (ml) ¹	IS ¹	PMS (g) ¹	PH (Kg/hL) ¹
Glu-A3	b	13,0 ^b	562 ^b	10,7 ^b	0,7 ^a	3,8 ^b	80,0 ^a
	c	14,1 ^a	608 ^a	12,9 ^a	0,8 ^a	4,0 ^b	79,6 ^a
	d	14,7 ^a	548 ^b	12,9 ^a	0,8 ^a	4,2 ^a	79,1 ^a

¹Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$). CP: Conteúdo proteico, expresso em base seca. NQ: Número de queda. SDS-VS: Volume de sedimentação. IS: Índice de sedimentação. PMS: Peso de mil sementes. PH: Peso hectolitro.

Nas subunidades de gliadina (Glu-B3) não houve diferença significativa no SDS-VS, IS e PH (Tabela 26). As subunidades *b*, *e*, e *g* tiveram maiores PMS e a subunidade *e* apresentou o maior CP. Segundo Luo et al. (2001), nos programas de melhoramento de trigo na China as subunidades *g* e *b* são desejáveis devido aos seus efeitos positivos sobre as propriedades reológicas da massa. Wang et al. (2008) observaram que as subunidades de gliadinas são fundamentais na seleção de linhagens de trigo com qualidade para panificação.

Os genótipos com translocação de centeio do tipo 1B/1R (Tabela 26) apresentaram o menor SDS-VS e PMS, sendo estatisticamente diferentes dos demais genótipos. Esses resultados estão de acordo com os apresentados por He et al. (2005) e Liu et al. (2005) que avaliaram diferentes trigos chineses. A presença da translocação constitui fator positivo no que se refere à resistência a doenças e pragas, porém negativo em relação à qualidade de panificação no germoplasma, principalmente por aumentar a viscosidade da massa (ZANATTA et al., 2002).

Tabela 26 - Análise de variância dos parâmetros físico-químico¹ dos grãos de trigo com relação às subunidades de gliadinas e a presença da translocação de centeio do 1B/1R.

Locus	Subunidades	CP (%) ¹	NQ (seg) ¹	SDS-VS (ml) ¹	IS ¹	PMS (g) ¹	PH (Kg/hL) ¹
Glu-B3	b	13,0 ^c	551 ^c	13,2 ^a	0,9 ^a	4,5 ^a	80,3 ^a
	e	15,5 ^a	629 ^{ab}	12,5 ^a	0,8 ^a	4,4 ^a	78,4 ^a
	f	13,8 ^{bc}	543 ^c	13,5 ^a	0,8 ^a	3,7 ^b	80,5 ^a
	g	13,9 ^{bc}	564 ^{bc}	11,98 ^a	1,0 ^a	3,8 ^a	77,7 ^a
	h	14,2 ^b	682 ^a	14,1 ^a	0,7 ^a	3,7 ^b	78,8 ^a
1B/1R	Ausência	14,1 ^a	604 ^a	12,9 ^a	0,8 ^a	4,1 ^a	79,4 ^a
	Presença	14,4 ^a	547 ^b	11,4 ^b	0,7 ^a	3,8 ^b	79,2 ^b

¹Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna para cada locus não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$). CP: Conteúdo proteico, expresso em base seca. NQ: Número de queda. SDS-VS: Volume de sedimentação. IS: Índice de sedimentação. PMS: Peso de mil sementes. PH: Peso hectolitro.

5.4.1.1 Análise de componentes principais e análise de cluster

A análise de componentes principais foi utilizada para determinar as características de qualidade dos genótipos analisados a partir de suas propriedades físico-químicas.

As variáveis ET, SDS-VS e IS compuseram o primeiro componente enquanto as variáveis CP e PH o segundo componente, os quais retiveram 41,50 e 29,15% respectivamente, da variabilidade inicial das amostras.

Os diferentes genótipos foram agrupados em diferentes quadrantes (Figura 11), sendo que no quadrante I foram agrupados as linhagens T 091088, T 091031 e T 091027 que se destacaram por apresentar maior teor protéico (> 17 %).

O quadrante II foi formado pelas linhagens T 091056, T 091008, LD 101108 e T 091033 que apresentaram como característica baixos teores de PMS e elevado PH. Essas linhagens apresentaram valores intermediários no teor de proteína, SDS-VS, IS e ET. No quadrante III foram agrupados os genótipos T 091028, T 091006, T 091099, IPR 130 e IAPAR 78 que, em função do menor SDS-VS, IS e teor de proteína indicam possuir menor qualidade do grão, apesar de terem apresentado alto PH.

No quadrante IV foram agrupados os genótipos IPR Catuara TM, IPR 85, T 0910115 e T 091069 que em função dos maiores SDS-VS e IS, se destacaram dos demais, sugerindo uma melhor qualidade dos grãos.

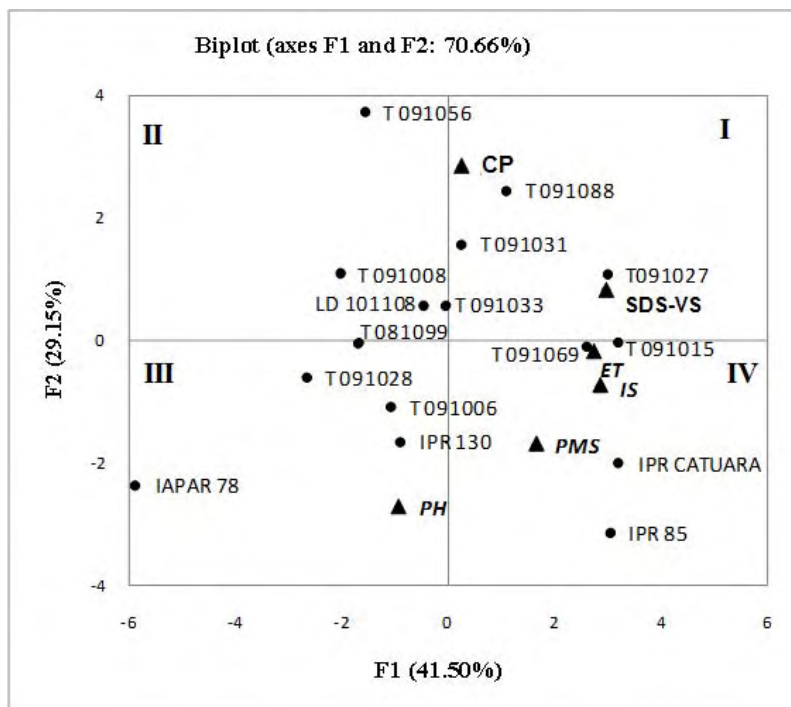


Figura 11 – Análise de Componentes Principais da caracterização físico-química dos grãos de trigo e as HMW-GS de 16 genótipos de trigo. ▲Variáveis: CP: conteúdo protéico. SDS-VS: volume de sedimentação. PMS: peso de mil sementes. PH: peso hectolitro. ET: escore total. ● Genótipos.

A análise de cluster permitiu traçar o dendrograma representativo (Figura 12) classificando os genótipos em três grupos distintos. O grupo I, constituído de duas cultivares, IAPAR 78 e IPR 130 e, quatro linhagens, T 091008, T 081099, T 091006 e T 091028; o grupo II, formado pelas linhagens T 091056, T 091033, T 091031, LD 101108, T 091088 e T 091027; e o grupo III, formado pelas cultivares IPR 85 e IPR Catuara TM e pelas linhagens T 091069 e T 091015.

A subunidade 7+9 do Glu-B1 predominou nos genótipos do grupo I, com exceção da linhagem T 081099, que provavelmente está neste grupo devido à presença da subunidade *b* do Glu-A3 e da translocação de centeio 1B/1R. Esse grupo também apresentou as subunidades Nulo do Glu-A1 e 2+12 do Glu-D1, o que resultou em menor ET quando comparados aos genótipos dos demais grupos. As linhagens T 091008, T 081099 e T 091006 originárias de cruzamentos de genótipos

de diferentes instituições de pesquisa (IAPAR, Embrapa e OR sementes) e as cultivares IAPAR 78 e IPR 130 e a linhagem T 091028 apresentaram em seus cruzamentos materiais dos bancos de germoplasma mexicano, americano e brasileiro, sendo o cruzamento desses materiais realizado no IAPAR.

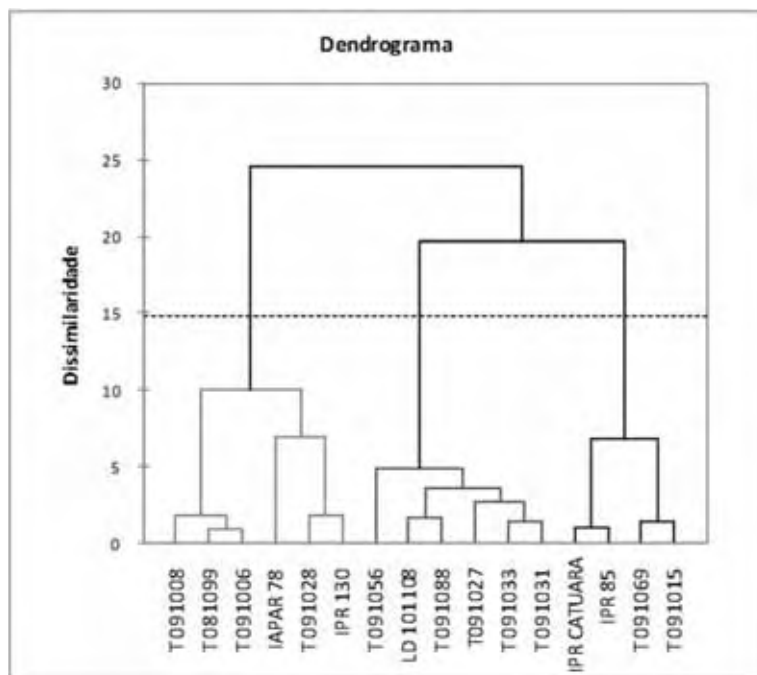


Figura 12 - Dendrograma resultante da análise de 16 genótipos de trigo com base nos parâmetros físico-químicos dos grãos e na avaliação das HMW-GS e LMW-GS e das subunidades de gliadinas. Grupo I: T 091008, T 081099, T 091006 e IPR 130. Grupo II: T 091056, LD 101108, T 091088, T 091027, T 091033 e T 091031. Grupo III: IPR Catuara, IPR 85, T 091069 e T 091015.

Os genótipos do grupo II apresentaram em sua constituição genética a predominância das subunidades 2* no Glu-A1, 5+10 no Glu-D1, e das subunidades *c* e *d* no Glu-A3. A linhagem T 091088 apresentou as subunidades 1 e 2* ao mesmo tempo, sugerindo a existência de polimorfismo que deve ser investigado em estudo mais detalhado, já que essa linhagem foi obtida de cruzamentos com materiais de centros de pesquisas diferentes (IAPAR, Embrapa e OR sementes). A linhagem T 091031 foi obtida do cruzamento de materiais da OR sementes com materiais da Embrapa e a linhagem LD 101108 do cruzamento de materiais da OR sementes

com materiais do IAPAR. As demais linhagens deste grupo foram obtidas de cruzamentos induzidos pelos materiais da Embrapa e do IAPAR.

Os genótipos que apresentaram a translocação de centeio 1B/1R foram agrupados em grupos diferentes (IAPAR 78 e T081099 no Grupo I; T091033 e T091056 no Grupo II), pois os genótipos foram obtidos de cruzamentos diferentes, sugerindo que a translocação de centeio sozinha não foi suficiente para caracterizar esses materiais e as HMW-GS e LMW-GS devem ser levadas em consideração.

Os genótipos do grupo III apresentaram as subunidade 1 no Glu-A1, 5+10 no Glu-D1, *c* no Glu-A3 e as subunidades *b* e *g* no Glu-B3. Os genótipos deste grupo são resultantes de cruzamentos induzidos com materiais do IAPAR, sendo que as duas cultivares participantes deste grupo tem como característica alta produtividade e excelentes propriedades reológicas da massa. Desta forma, com base nos constituintes genéticos, as linhagens formadas neste grupo podem apresentar as mesmas características que suas testemunhas, porém mais estudos devem ser realizados para que se comprove que esses materiais sejam de qualidade superior.

A comparação das análises físico-químicas dos grãos de trigo dos três grupos revelou que o grupo I teve baixo SDS-VS e PMS, alto PH, e valor intermediário de IS. O grupo II apresentou valores intermediários de SDS-VS, IS, PMS e PH e elevado CP. O valor intermediário de IS tanto para o grupo I quanto para o grupo II indicaram que a translocação de centeio 1B/1R pode ter influenciado, além de outros fatores, o IS. O grupo III apresentou as melhores características de qualidade tendo maior ET, SDS-VS, IS e PMS.

5.4.2 Efeitos das diferentes HMW-GS e LMW-GS e das subunidades de gliadinas nos parâmetros de qualidade da farinha de trigo

Foram realizadas análise de variância e correlação entre todos os parâmetros quantitativos da qualidade da farinha de trigo com as subunidades dos locus Glu-A1, Glu-B1, Glu-D1, Glu-A3 e Glu-B3.

Não houve diferença significativa entre as subunidades do Glu-A1 e Glu-B1 nos parâmetros de qualidade da farinha de trigo. Já o Glu-D1 apresentou diferença entre as suas subunidades na resistência à extensão nos tempos de 90 e 135 minutos, evidenciando que as subunidades 5+10 apresentam maior força de glúten quando

comparadas as subunidades 2+12, os demais parâmetros não apresentaram diferenças significativa.

Na análise de correlação verificou-se que os escores atribuídos às subunidades do Glu-A1 (1=3; 2*= 3; N=1) foram negativamente correlacionadas com a absorção de água ($r = -0,52$) e o ITM ($r = -0,50$), indicando que a presença da subunidade Nulo, que apresenta menor escore contribui para aumentar o ITM da farinha, sendo um fator negativo para as farinhas destinadas a panificação. Vázquez et al. (2012) descreveram que o locus Glu-A1 está associado a uma maior força de glúten e boa qualidade de panificação, sendo que as subunidades 1 e 2* são as que apresentam melhores índices de qualidade.

O Glu-B1 apresentou correlação positiva com a extensibilidade no tempo de 45 min ($r = 0,57$) e correlação negativa com a extensibilidade no tempo de 135 min ($r = -0,51$). Esses resultados indicam que as subunidades 17+18 de maior escore (17+18= 3) apresentaram maior extensibilidade no tempo de 45 min e menor extensibilidade no tempo de 135 min, sugerindo que os genótipos que apresentaram essas subunidades são caracterizados como trigos fortes, uma vez que o aumento de tempo de descanso diminuiu a extensão da massa e aumentou a sua elasticidade. Martínez et al. (2007) relatou que as subunidades 17+18 exercem um efeito positivo nas propriedades viscoelásticas da massa e no volume do pão.

O Glu-D1 apresentou correlação negativa com o ITM ($r = -0,50$). As subunidades de maior escore (5+10= 4; N= 2) apresentadas nesse locus estão associadas às farinhas de baixo ITM da massa. Essas características são desejáveis para farinhas destinadas a produção de pães. Vázquez et al. (2012) citaram que o locus Glu-D1 é o responsável pela maior força do glúten e Liang et al. (2010) também reportaram que as subunidades 5+10 estão relacionadas à melhor qualidade de panificação.

Nas LMW-GS observou-se que o locus Glu-A3 não apresentou diferença significativa entre as suas subunidades com os parâmetros de qualidade da farinha de trigo devido à variabilidade dos materiais estudados. Branlard et al. (2001) descreveram que as proporções atribuídas aos três loci do HMW-GS e aos dois loci do LMW-GS na variação fenotípica são fatores importantes que influenciam os parâmetros de qualidade.

As subunidades do loci Glu-B3 apresentaram diferença significativa na resistência máxima no tempo de 45 min, sendo que os alelos *e* e *b* foram os que

apresentaram maior resistência em relação as demais subunidades. Os demais parâmetros de qualidade não apresentaram diferença significativa entre as subunidades. Oury et al. (2009) descreveram que a subunidade *b* apresenta melhor qualidade de panificação quando comparado as demais subunidades.

A translocação de centeio 1B/1R é descrita na literatura, como sendo um fator negativo à qualidade de panificação por diminuir a qualidade das proteínas do glúten e propriedades tecnológicas do pão (VÁZQUEZ et al., 2012). Dentre os materiais analisados observou-se que os genótipos que apresentaram presença da translocação de centeio produziram farinhas mais amareladas quando comparadas àquelas obtidas de genótipos que não tinham translocação, sendo que a translocação não influenciou as propriedades reológicas da massa. Como mostrado anteriormente, farinhas mais amareladas estão associadas a trigos moles.

5.4.2.1 Análise de componentes principais e análise de cluster

A Análise de componentes principais foi realizada para determinar as características de qualidade dos genótipos analisados a partir das propriedades físico-químicas do grão e da farinha e das propriedades reológicas da farinha.

As variáveis TD, resistência à extensão no tempo de 135 min e absorção da sacarose compuseram o primeiro componente, enquanto as variáveis IS, absorção de água e SDS-VS o segundo componente, os quais retiveram 33,18 e 24,61% respectivamente, da variabilidade inicial das amostras.

Os diferentes genótipos foram agrupados em diferentes quadrantes (Figura 13), sendo que no quadrante I foram agrupados as linhagens T 091033, T 091069 e T 081099 que se destacaram por apresentar farinhas com maior extensibilidade e L*. O quadrante II foi formado pelas cultivares IPR Catuara TM e IPR 85 e pelas linhagens T 091015, T 091088 e T 091027 que, em função do maior VS, IS, ET, TD, estabilidade, resistência à extensão e resistência máxima no tempo de 135 min e maior absorção com o ácido láctico, se destacaram dos demais, sugerindo uma melhor qualidade da farinha. No quadrante III foram agrupados os genótipos IPR 130 e LD 101108 que apresentaram maior teor de amido danificado, ID e absorção de água, sacarose e carbonato de sódio. No quadrante IV foram agrupados os genótipos IAPAR 78, T 091006 T 091008, T 091028, T 091031 e T 091056 que

apresentaram maior ITM, indicando que esses genótipos possuem farinhas de qualidade inferior.

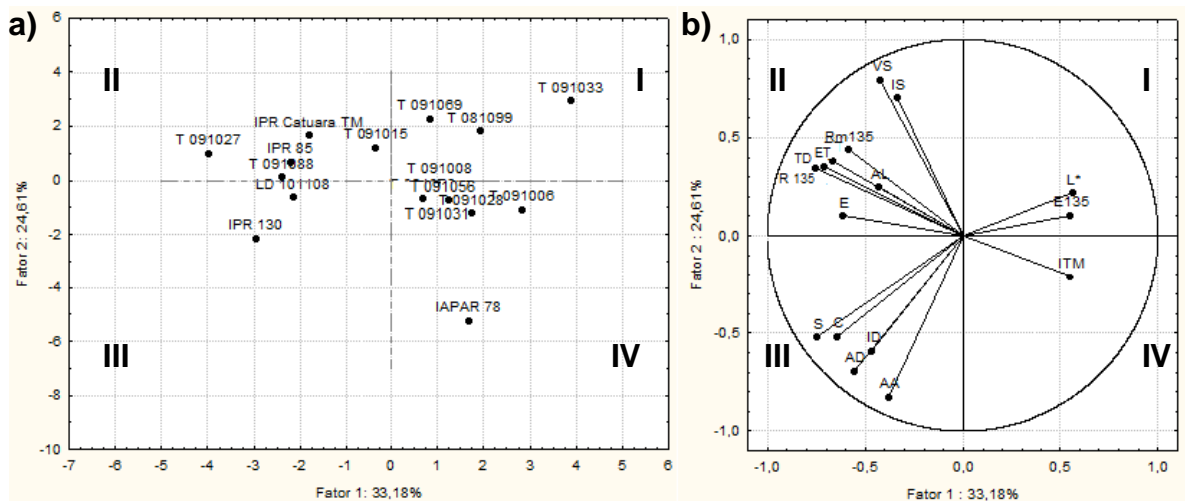


Figura 13 – Análise de Componentes Principais das propriedades físico-químicas e reológicas da farinha de trigo e as HMW-GS de 16 genótipos de trigo. a) genótipos b) Variável: AA: absorção de água; AD: teor de amido danificado; AL: absorção no ácido láctico; C: absorção em carbonato de sódio; E: estabilidade; E 135: extensibilidade no tempo de 135 min; ET: escore total; ITM: índice de tolerância a mistura; IS: índice de sedimentação; L*: luminosidade; R 135: resistência à extensão no tempo de 135 min; Rm 135: resistência máxima no tempo de 135 min; S: absorção da sacarose; TD: tempo de desenvolvimento; VS: volume de sedimentação.

A análise de cluster permitiu classificar os genótipos estudados a partir das características físico-químicas e reológicas da farinha (Figura 14). Os genótipos foram divididos em cinco grupos distintos: o grupo I era formado pelos genótipos T 091027 e IPR 85, o grupo II pelos genótipos T 091028, T 091015 e IPR Catuara TM, o Grupo III pelas linhagens T 091069, T 091056, T 091033 e LD 101108, o grupo IV pelos genótipos T 091088 e IPR 130 e o grupo V pelos genótipos T 081099, T 091031, T 091006, T 091008 e IAPAR 78.

Os genótipos do grupo I apresentaram maior resistência à extensão, maior resistência máxima e baixa extensibilidade, além de apresentarem maior SDS-VS, IS e ET. Esses resultados mostraram que a partir da análise de volume de

sedimentação e identificação das HMW-GS, análises rápidas e que utilizam pequenas quantidades de amostras, pode-se estimar o potencial de qualidade de linhagens de trigo.

O grupo II apresentou valores intermediários entre os parâmetros avaliados, com exceção da L*, sendo este grupo identificado por farinhas mais claras. O grupo III e V, comparando com os demais grupos, apresentaram algumas características semelhantes, como baixa resistência à extensão, SDS-VS e ET e alta extensibilidade, indicando que farinhas mais extensíveis apresentam em sua constituição genética subunidades de baixo escore.

O grupo IV apresentou maior TD, estabilidade, teor de amido danificado, ID e absorção em ácido láctico.

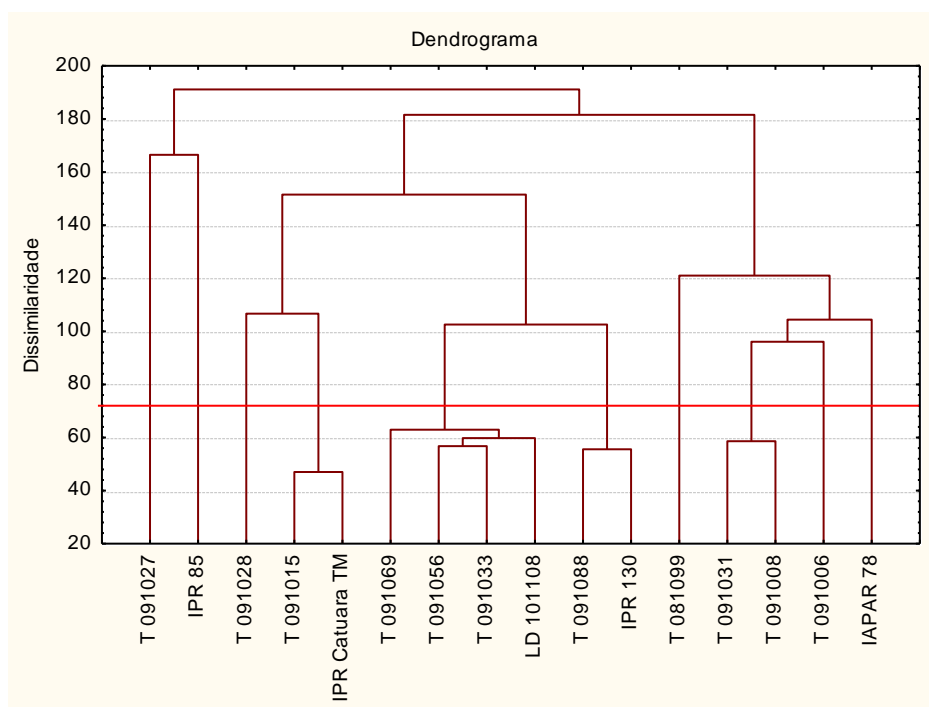


Figura 14 – Dendrograma resultante dos 16 genótipos de trigo em relação às características físico-químicas e reológicas da farinha de trigo e na avaliação das HMW-GS. Grupo I: T 091027 e IPR 85; Grupo II: T 091028, T 091015 e IPR Catuara TM; Grupo III: T 091069, T 091056, T 091033 e LD 101108; Grupo IV: T 091088 e IPR 130; Grupo V: T 081099, T 091031, T 091006, T 091008 e IAPAR 78.

5.4.3 Efeitos das diferentes HMW-GS e LMW-GS e as subunidades de gliadinas nas características reológicas da farinha e nos parâmetros de qualidade do pão

A análise de variância entre as características tecnológicas dos pães com as subunidades dos locus Glu-A1, Glu-B1, Glu-D1, Glu-A3 e Glu-B3 foram realizadas.

Os parâmetros de cor instrumental da crosta e do miolo não apresentaram diferença significativa entre as subunidades dos locus Glu-A1, Glu-B1, Glu-D1, Glu-A3 e Glu-B3.

No locus Glu-A1 observou-se que as suas subunidades não apresentaram diferença significativa em relação ao volume da massa, volume específico do pão e firmeza do pão. Oury et al. (2009) sugeriram que as subunidades 1 e 2* não apresentam diferença significativa entre si, sendo que essas subunidades estão relacionadas ao maior volume do pão em relação a subunidade Nulo.

No locus Glu-B1 pode-se verificar que não houve diferença significativa entre as subunidades no volume da massa e firmeza do pão, sendo que as subunidades 17+18 e 7+8 se destacaram das demais por apresentar maior volume específico do pão. Liang et al. (2010) descreveram que as subunidades 7+9 estão relacionadas com a baixa qualidade de panificação e que as subunidades 17+18 e 7+8 estão relacionadas as boas característica de panificação. Peña et al. (2005) verificou que as subunidades 17+18 e 7+8 são alelos favoráveis por apresentarem maior volume do pão, destacando o alelo 17 que apresenta um positivo efeito sobre as propriedades da massa.

As subunidades do locus Glu-D1 apresentaram diferença significativa nos parâmetros de qualidade do pão. As subunidades 5+10 estavam relacionadas com maior volume específico do pão e com maior volume da massa. Vázquez et al. (2012) descreveram que as subunidades 5+10 apresentam qualidade superior em relação as demais subunidades, sendo que, as subunidades 2+12 apresentam uma qualidade pobre estando relacionadas a farinhas de glúten fraco. Peña et al. (2005) observaram que as subunidades 5+10 são as responsáveis pelo maior volume de pães.

Com relação à firmeza do pão pode-se observar que as subunidades 2+12 apresentam significativamente maiores firmezas, sendo que as subunidades 5+10

estavam relacionadas a pães de textura macia, indicando que farinhas de glúten forte proporcionam pães de textura macia, sendo o contrário também observado.

No estudo realizado observou-se que as subunidades do locus Glu-A3, Glu-B3 e a presença de translocação de centeio não foram determinantes nas características tecnológicas dos pães, este fato ocorreu, possivelmente, devido ao pequeno grupo de amostras e a sua grande variabilidade, que dificulta a identificação de um padrão de qualidade para cada subunidade.

5.4.3.1 Análise de componentes principais e análise de cluster

Na análise de componentes principais das características tecnológicas dos pães (Figura 15) verificou-se que as variáveis volume específico do pão, L^* da crosta, cromaticidade b^* da crosta, ET, SDS-VS, resistência à extensão, resistência máxima e TD foram as formadoras do primeiro componente e a variável extensibilidade foi a formadora do segundo componente os quais retém 46,42% e 16,87%, respectivamente da variabilidade inicial das amostras.

O quadrante I foi formado pelos genótipos T 091031, T 091008, T 091006 e T 091033, sendo que esses materiais apresentaram uma massa mais extensível e conseqüentemente apresentaram pães de menor volume. O quadrante II foi constituído pelos genótipos T 091069, T 091015, IPR Catuara TM e IPR 85, que se destacaram dos demais por apresentar melhores características de panificação. Esses genótipos apresentaram maior TD, resistência máxima, volume específico do pão, SDS-VS, ET e IS.

Os genótipos T 091027, T 091088, LD 101108, T 081099 e IPR 130 que estavam no quadrante III apresentaram maior resistência à extensão, estabilidade, L^* e cromaticidade b^* da crosta e L^* do miolo. Já no quadrante IV estavam os genótipos T 091056, T 091028 e IAPAR 78 que apresentaram maior firmeza do pão e coloração do miolo mais amarelada (cromaticidade b^*).

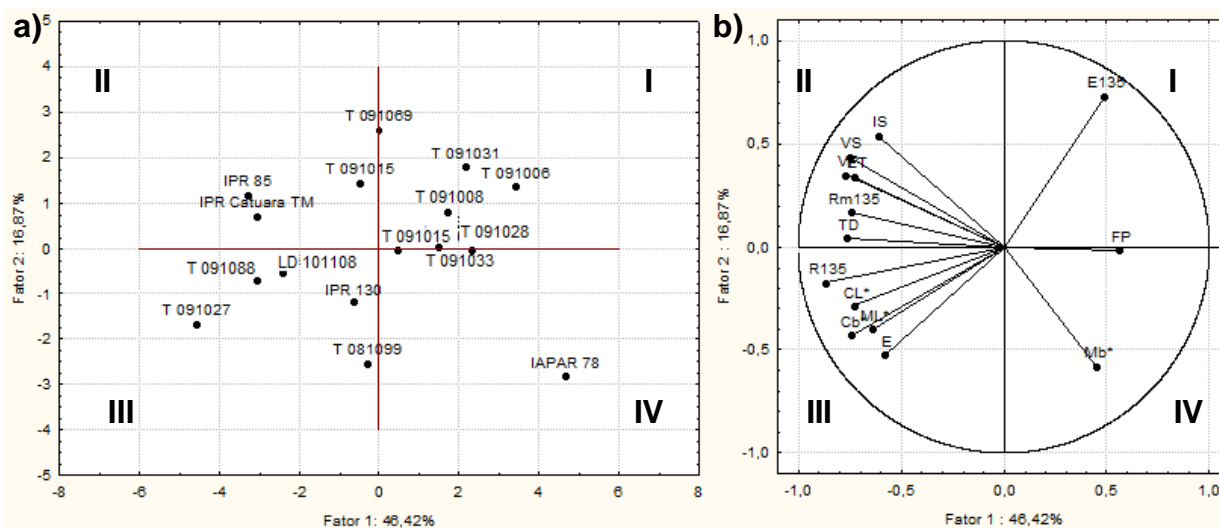


Figura 15 – Análise de Componentes Principais das propriedades dos pães e as HMW-GS de 16 genótipos de trigo. a) Genótipos. b) Variáveis: CL*: luminosidade da crosta; Cb*: cromaticidade b da crosta; E: estabilidade; E 135: extensibilidade no tempo de 135 min; ET: escore total; FP: firmeza do pão; IS: índice de sedimentação; ML*: luminosidade do miolo; Mb*: cromaticidade b do miolo; R 135: resistência à extensão no tempo de 135 min; Rm 135: resistência máxima no tempo de 135 min; TD: tempo de desenvolvimento; VP: volume específico do pão; VS: volume de sedimentação.

A análise de cluster permitiu dividir os genótipos em grupos a partir das características dos pães analisados dos diferentes genótipos (Figura 16). Os genótipos se agruparam da mesma maneira que aquela obtida a partir da análise de cluster realizada a partir das propriedades físico-químicas e reológicas da farinha, este fato pode ter ocorrido, pois as características das farinhas são determinantes da qualidade dos pães.

Os genótipos foram divididos em cinco grupos distintos: o grupo I era formado pelos genótipos T 091027 e IPR 85, o grupo II pelos genótipos T 091028, T 091015 e IPR Catuara TM, o Grupo III pelas linhagens T 091069, T 091056, T 091033 e LD 101108, o grupo IV pelos genótipos T 091088 e IPR 130 e o grupo V pelos genótipos T 081099, T 091031, T 091006, T 091008 e IAPAR 78.

Os genótipos do grupo I apresentaram maior volume específico do pão, SDS-VS, IS, ET e apresentaram miolo e crosta mais clara (maior L*), essas características ocorreram, pois as farinhas desses materiais apresentaram maior

força de glúten (alta resistência à extensão e resistência máxima) e baixa extensibilidade.

O grupo II e III apresentaram farinhas com alta extensibilidade e conseqüentemente obtiveram pães de textura mais dura. O grupo IV apresentou farinhas de maior estabilidade e o seu pão apresentou uma textura macia.

O grupo V apresentou menor volume específico do pão e conseqüentemente apresentaram maior firmeza do pão, uma vez, que ambos são inversamente proporcionais. As características inferiores apresentadas por esses genótipos estavam relacionadas à qualidade da sua farinha, pois esses materiais apresentaram farinhas mais extensíveis. Outro ponto a destacar desses materiais é o ET, SDS-VS e IS que foram os mais baixos em relação aos demais grupos.

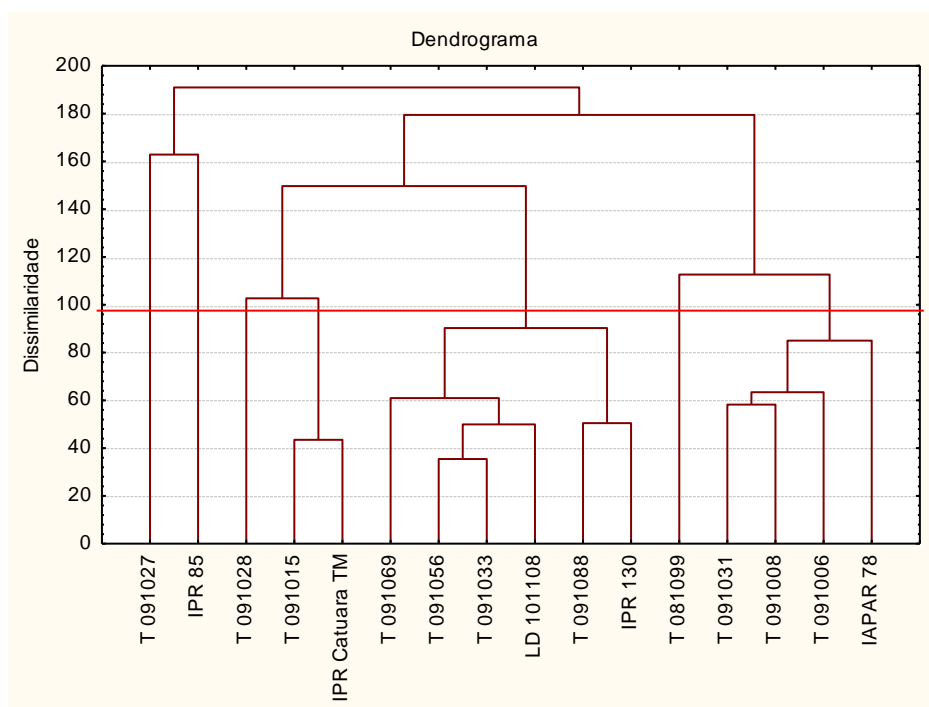


Figura 16 – Dendrograma obtidos dos 16 genótipos de trigo a partir das propriedades de panificação e na avaliação das HMW-GS. Grupo I: T 091027 e IPR 85; Grupo II: T 091028, T 091015 e IPR Catuara TM; Grupo III: T 091069, T 091056, T 091033 e LD 101108; Grupo IV: T 091088 e IPR 130; Grupo V: T 081099, T 091031, T 091006, T 091008 e IAPAR 78.

5.5 CARACTERIZAÇÃO DOS AMIDOS DE TRIGO

5.5.1 Teor de fósforo e lisofosfolípideo

Os teores de fósforo dos amidos, apresentados na Tabela 27 variaram de 0,035% para a cultivar IPR 130 a 0,054 % para a linhagem T 091056. Esses valores estão próximos aos encontrados por Raeker et al. (1998), que analisaram 12 amidos de cultivares de trigo branco (0,049 - 0,060%) e por Franco et al. (2002), que analisaram oito amidos provenientes de trigo branco (0,047 – 0,053 %).

Tabela 27 - Teor de fósforo e lisofosfolípideos dos amidos analisados.

Amido	Teor de fósforo¹ (%)	Teor de Lisofosfolípideos¹ (%)
IAPAR 78	0,043 ± 0,002 ^{bc}	0,706 ± 0,027 ^{bc}
IPR 130	0,035 ± 0,000 ^c	0,567 ± 0,105 ^c
IPR 85	0,039 ± 0,001 ^c	0,632 ± 0,009 ^c
IPR Catuara TM	0,042 ± 0,001 ^c	0,695 ± 0,018 ^c
LD 101108	0,041 ± 0,001 ^c	0,679 ± 0,008 ^c
T 081099	0,051 ± 0,002 ^{ab}	0,835 ± 0,041 ^{ab}
T 091006	0,036 ± 0,001 ^c	0,597 ± 0,012 ^c
T 091008	0,039 ± 0,001 ^c	0,646 ± 0,013 ^c
T 091015	0,036 ± 0,001 ^c	0,582 ± 0,020 ^c
T 091027	0,041 ± 0,001 ^c	0,664 ± 0,023 ^c
T 091028	0,037 ± 0,000 ^c	0,610 ± 0,004 ^c
T 091031	0,039 ± 0,000 ^c	0,638 ± 0,005 ^c
T 091033	0,041 ± 0,001 ^c	0,679 ± 0,014 ^c
T 091056	0,054 ± 0,000 ^a	0,876 ± 0,006 ^a
T 091069	0,040 ± 0,001 ^c	0,651 ± 0,023 ^c
T 091088	0,037 ± 0,000 ^c	0,602 ± 0,005 ^c

¹Valores médios de três repetições seguidos pelos desvios-padrão. Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$).

O fósforo pode ser encontrado nos amidos na forma de fosfato monoéster, fosfatos inorgânicos ou lisofosfolípideos (LPL). Em amido de trigo, centeio e triticale

o fósforo presente está principalmente na forma de LPL (MORRISON, 1988). Já em amidos de tubérculos e raízes ele é encontrado principalmente na forma de fosfatos monoéster (KASEMSUWAN; JANE, 1996). O teor de LPL calculado variou de 0,567 a 0,876 %, sendo que as linhagens T 091056 e T 081099 apresentaram valores estatisticamente superiores aos dos demais amidos. Esses valores estão de acordo com os apresentados por Yonemoto, Calori-Domingues e Franco (2007) que encontraram teor de LPL, variando de 0,806 a 1,016 % para diferentes amidos de trigo e Sasaki e Matsuki (1998) que encontraram teores variando de 0,650 a 0,770 %. A diferença encontrada nos teores de LPL pode estar relacionada à variabilidade dos materiais estudados.

Os lipídios representam a fração mais importante associada com o grânulo de amido, sendo que no amido de trigo, por estarem basicamente na forma de LPL, eles estão complexados com a amilose. Esse complexo ocorre de forma natural ou pode ser induzida. O complexo amilose-lipídeo ocorre devido à forma helicoidal da amilose presente no amido e interfere no comportamento do amido principalmente na gelatinização e retrogradação, por indisponibilizar a amilose (ELIASSON; GUDMUNDSSON, 1996).

5.5.2 Afinidade por iodo, teor de amilose aparente e teor de amilose complexada com lipídeo

As afinidades pelo iodo, teores de amilose aparente, e teores de amilose complexada com o lipídeo estão apresentados na Tabela 28. A afinidade por iodo e o teor de amilose aparente dos amidos analisados variaram de 5,31 a 7,07 e 26,57 a 35,35%, respectivamente, sendo que as linhagens T 081099 e T 091006 apresentaram valores de amilose aparente superiores a 35%. Sasaki e Matsuki (1998) avaliaram 12 amostras de amido de trigo e observaram que o teor de amilose variou de 24,8 a 34,2%. Hung et al. (2008), analisando diferentes cultivares de trigo observaram que o amido de trigo normal teve 26,6% de teor de amilose contra 28,0 – 36,9% para amidos com alto teor de amilose de trigo australiano.

Os valores elevados de amilose (> 35 %) encontrados para alguns genótipos podem indicar que esses amidos são caracterizados como sendo de alto teor de amilose. Kozlov et al. (2007) sugeriram que o aumento do teor de amilose é

acompanhado pelo acúmulo de amilose nas cadeias laterais da amilopectina causando defeitos nas lamelas cristalinas e desordem nas cadeias da amilose presentes nas regiões amorfas.

De acordo com Morrison et al. (1993), o teor de amilose complexada com o lipídio (Δ AML) pode ser calculado, para amidos de trigo e cevada, multiplicando o teor de lisofosfolípídeos (LPL) por 7 (Δ AML= 7 x LPL). Os teores de Δ AML dos amidos isolados dos genótipos de trigo variaram de 3,97 a 6,13 %, sendo esses valores próximos aos encontrados por Yonemoto, Calori-Domingues e Franco (2007) e Raeker et al. (1998).

Tabela 28 - Afinidade por iodo e teores de amilose aparente e complexada com lipídeo dos amidos de trigos analisados.

Amido	Afinidade por iodo ¹	Δ _{AP} (%)	Δ AML ¹ (%)
IAPAR 78	5,86 ± 0,26 ^{cde}	29,29 ± 1,32	4,94 ± 0,19 ^{bc}
IPR 130	5,78 ± 0,11 ^{cde}	28,88 ± 0,55	3,97 ± 0,74 ^c
IPR 85	5,31 ± 0,20 ^f	26,57 ± 0,99	4,42 ± 0,07 ^c
IPR Catuara TM	5,60 ± 0,11 ^{def}	27,98 ± 0,54	4,87 ± 0,12 ^c
LD 101108	5,98 ± 0,02 ^{cd}	29,93 ± 0,11	4,75 ± 0,16 ^c
T 081099	7,04 ± 0,06 ^a	35,18 ± 0,32	5,84 ± 0,28 ^{ab}
T 091006	7,07 ± 0,16 ^a	35,35 ± 0,78	4,18 ± 0,08 ^c
T 091008	6,24 ± 0,32 ^{bc}	31,23 ± 1,59	4,52 ± 0,09 ^c
T 091015	5,93 ± 0,16 ^{cd}	29,67 ± 0,26	4,07 ± 0,14 ^c
T 091027	6,71 ± 0,12 ^{ab}	33,54 ± 0,58	4,65 ± 0,03 ^c
T 091028	5,91 ± 0,04 ^{cde}	29,55 ± 0,22	4,27 ± 0,03 ^c
T 091031	5,87 ± 0,04 ^{cde}	29,36 ± 0,23	4,46 ± 0,04 ^c
T 091033	5,84 ± 0,20 ^{cde}	29,22 ± 0,86	4,75 ± 0,10 ^c
T 091056	5,89 ± 0,10 ^{cd}	29,47 ± 0,51	6,13 ± 0,04 ^a
T 091069	5,81 ± 0,02 ^{cde}	29,06 ± 0,11	4,55 ± 0,16 ^c
T 091088	5,60 ± 0,11 ^{ef}	27,98 ± 0,54	4,21 ± 0,03 ^c

¹Valores médios de 3 repetições seguidos pelo desvios-padrão. Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$). Δ _{AP}: Amilose aparente. Δ AML: Teor de amilose complexada com lipídeo.

Neste estudo não foi observada correlação significativa entre o teor de amilose e o teor de fósforo e lipídeo como também observado por Yonemoto Calori-Domingues e Franco (2007).

Comparando a composição do amido com as características dos pães pode-se observar que o volume do pão apresentou correlação negativa com o teor de amilose ($r = -0,54$). Esses resultados são positivos, pois para panificação o adequado é que a farinha apresente menor proporção de amilose, o que influencia a capacidade de absorção de água da farinha e a firmeza inicial do pão.

5.5.3 Propriedades de pasta

As propriedades de pasta do amido são afetadas pelo teor de amilose, lipídeo e fósforo e pela distribuição dos comprimentos de cadeias ramificadas da amilopectina. A amilose e o lipídeo inibem o inchamento do grânulo de amido e viscosidade de pico, enquanto que a amilopectina os favorecem (TESTER; MORRISON, 1990).

As propriedades de pasta e os perfis viscoamilográficos dos amidos de trigo determinados através da utilização do Rápido Visco Analisador (RVA) estão apresentados na Tabela 29 e Figura 17.

Os amidos de trigo isolados de diferentes genótipos apresentaram perfil de viscosidade característico para este amido, ou seja, altas temperaturas de pasta, baixas viscosidades de pico, alta resistência ao aquecimento e cisalhamento e alta tendência à retrogradação.

A temperatura de pasta determina o início do inchamento dos grânulos aumentando sua viscosidade. Os amidos de trigo analisados apresentaram temperatura de pasta que variaram de 84,43° C para linhagem T 091028 a 92,55° C para a cultivar IAPAR 78.

A viscosidade de pico está relacionada com a capacidade de absorção de água do amido (LEON et al., 2010). Os amidos apresentaram viscosidades de pico variando de 196,08 a 337,37 RVU, sendo essa baixa viscosidade associada ao menor poder de inchamento dos grânulos.

A viscosidade de quebra é causada pela ruptura dos grânulos inchados, sendo que este parâmetro é correlacionado com a estabilidade do amido a quente

(ROJAS et al., 1999). As viscosidades de quebra dos genótipos IAPAR 78, IPR 85 e T 081099 foram as mais baixas, indicando maior estabilidade dos géis formados.

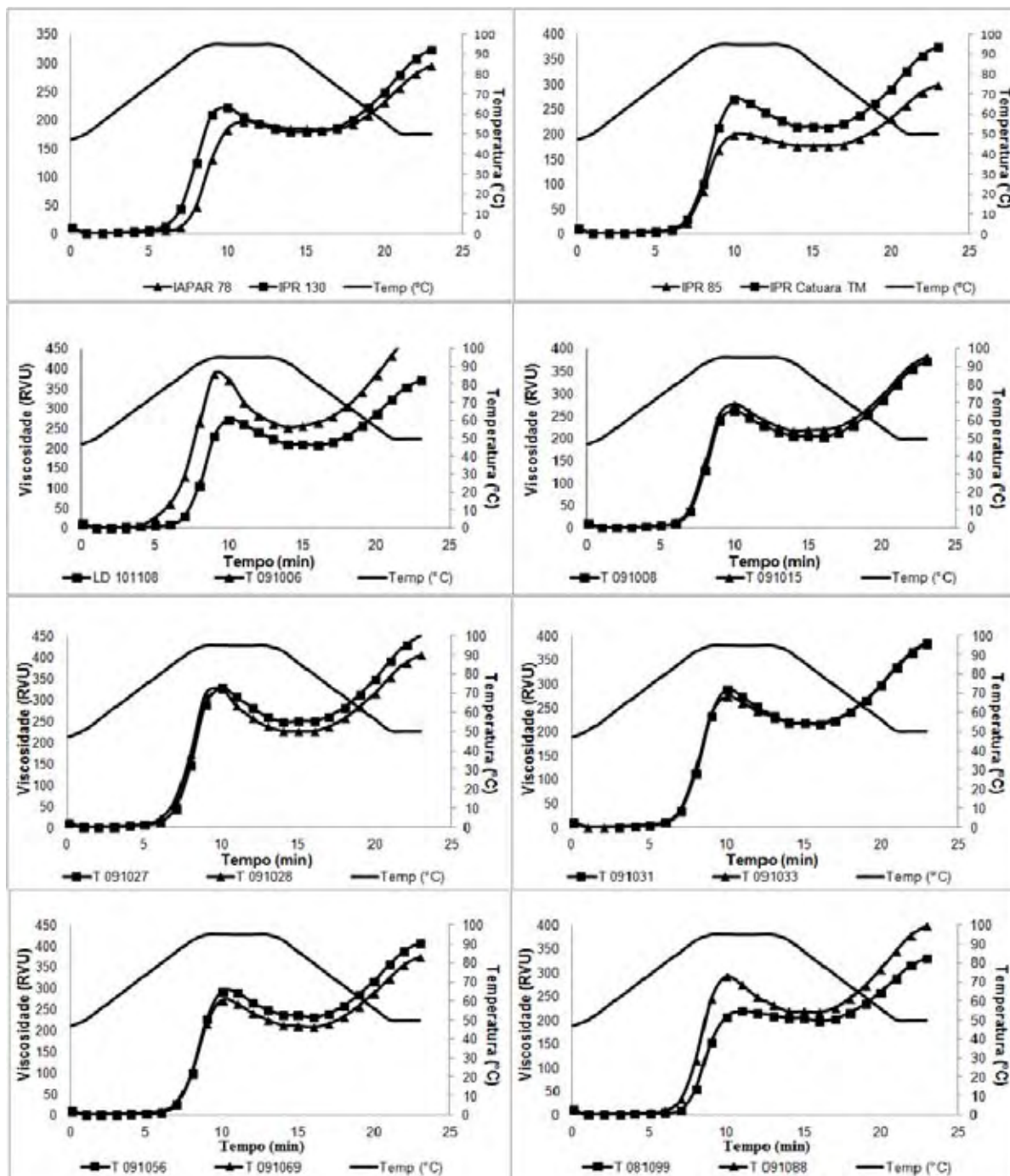


Figura 17 – Perfil viscoamilográfico dos amidos isolados de diferentes genótipos de trigo.

Tabela 29 – Propriedades de pasta¹ dos amidos isolados de diferentes genótipos de trigo.

Genótipo	Temperatura	Viscosidade (RVU)			
	Pasta (°C)	Pico	Quebra	Final	Setback
IAPAR 78	92,55 ± 2,19 ^a	197,96 ± 2,77 ^g	15,00 ± 0,50 ^k	296,17 ± 3,06 ^l	112,83 ± 4,01 ^{gn}
IPR 130	86,23 ± 0,04 ^{def}	223,04 ± 7,25 ^f	45,40 ± 0,70 ⁿ	322,46 ± 10,08 ^e	144,79 ± 3,48 ^e
IPR 85	88,45 ± 0,35 ^{bccd}	200,79 ± 2,65 ^g	24,25 ± 0,59 ^j	298,63 ± 3,12 ^l	122,08 ± 0,12 ^g
IPR Catuara TM	87,23 ± 0,32 ^{cde}	270,88 ± 3,48 ^e	56,90 ± 0,70 ^g	375,70 ± 2,42 ^d	161,75 ± 1,77 ^d
LD 101108	87,65 ± 0,35 ^{cde}	276,25 ± 5,30 ^{cde}	65,20 ± 0,10 ^{ef}	372,96 ± 3,95 ^d	161,88 ± 1,24 ^d
T 081099	90,20 ± 0,07 ^{ab}	218,29 ± 1,59 ^f	20,70 ± 0,20 ^j	329,38 ± 4,54 ^e	131,75 ± 3,18 ^f
T 091006	88,88 ± 0,32 ^{bc}	196,08 ± 1,65 ^g	38,50 ± 0,90 ⁱ	268,96 ± 1,36 ^g	111,30 ± 0,59 ⁿ
T 091008	86,05 ± 0,28 ^{def}	263,00 ± 0,24 ^e	58,80 ± 2,00 ^g	372,92 ± 1,18 ^d	168,67 ± 3,42 ^{cd}
T 091015	86,25 ± 0,00 ^{def}	277,21 ± 2,06 ^{cde}	60,80 ± 0,80 ^g	381,79 ± 5,01 ^{cd}	165,42 ± 3,77 ^d
T 091027	85,80 ± 0,00 ^{ef}	329,46 ± 2,53 ^a	81,70 ± 1,17 ^b	451,25 ± 1,18 ^a	203,50 ± 2,00 ^a
T 091028	84,43 ± 0,25 ^f	337,37 ± 3,83 ^a	108,60 ± 3,00 ^a	408,33 ± 5,66 ^b	179,30 ± 1,60 ^b
T 091031	87,05 ± 0,00 ^{cde}	286,83 ± 8,49 ^{bcd}	71,90 ± 0,30 ^{cd}	384,63 ± 10,67 ^{cd}	169,67 ± 2,47 ^{cd}
T 091033	87,03 ± 0,60 ^{cde}	273,83 ± 0,00 ^{de}	55,70 ± 1,30 ^g	385,63 ± 3,36 ^{cd}	167,46 ± 2,06 ^{cd}
T 091056	88,10 ± 0,21 ^{bccde}	298,21 ± 3,01 ^b	66,40 ± 2,30 ^e	407,50 ± 0,59 ^b	175,67 ± 1,30 ^{bc}
T 091069	88,28 ± 0,04 ^{bccde}	275,38 ± 2,06 ^{de}	66,80 ± 1,10 ^{de}	375,13 ± 1,71 ^d	166,54 ± 1,47 ^{cd}
T 091088	87,30 ± 0,28 ^{cde}	291,67 ± 4,71 ^{bc}	75,60 ± 0,60 ^c	397,50 ± 4,83 ^{bc}	181,46 ± 0,77 ^b

¹Valores seguidos pelos desvios-padrão obtidos de 2 repetições. Letras diferentes na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p≤0,05).

A viscosidade final indica a capacidade do amido de formar uma pasta viscosa após o cozimento e o resfriamento (LEON et al., 2010). A viscosidade final dos diferentes genótipos de trigo variou de 268,96 a 451,25 RVU.

Os grãos de trigo apresentaram diferentes índices de dureza que influenciaram o comportamento do amido nas propriedades de pasta. A dureza do grão apresentou correlação negativa com *setback* (r= -0,82) e positiva com a temperatura de pasta (r= 0,95), indicando que os grãos de textura dura apresentam menor tendência à retrogradação e maior temperatura de pasta.

Wickramasinghe et al. (2005) observaram em seu estudo que trigos de textura mole apresentavam alta viscosidade de pico e baixa temperatura de pasta, sendo que amidos com alta viscosidade de pico e de quebra não são indicados para a produção de macarrão por diminuir sua firmeza.

A retrogradação do amido é relacionada à capacidade das cadeias de amilose se recristalizarem durante o resfriamento e formar um gel de textura firme. Nos

amidos de cereais os altos valores de *setback* indicam altas taxas de retrogradação e sinérese no amido (ROJAS et al., 1999). Nos amidos de trigo analisados observou-se que a linhagem T 091027 apresentou maior tendência a retrogradação, sendo que esta amostra também apresentou um alto teor de amilose. Os altos teores de amilose apresentados pelo amido de trigo estão associados a menores viscosidades de pico e alta retrogradação (JANE et al., 1999). No entanto, neste trabalho não foi observado qualquer correlação entre o teor de amilose e as propriedades de pasta dos amidos como também observado por Shingh et al. (2009).

5.5.4 Propriedades térmicas

Os perfis endotérmicos são apresentados na Figura 18 e as propriedades de gelatinização dos amidos de trigo, determinados por DSC, estão apresentadas na Tabela 30. Os amidos de trigo apresentaram picos bem definidos na gelatinização e os picos do complexo amilose-lipídeo, que se apresentaram menos resolvidos, não estavam presentes em todos os termogramas.

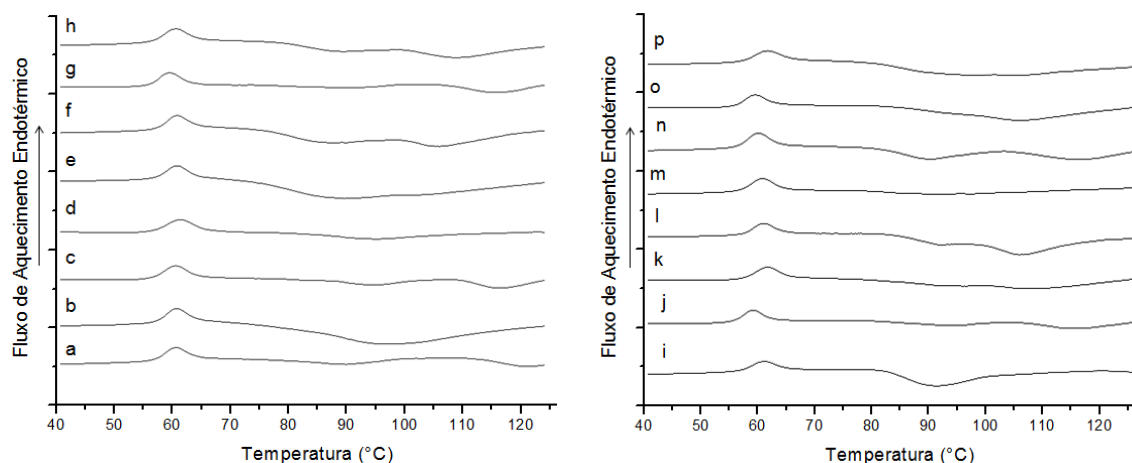


Figura 18 - Perfil endotérmico dos amidos de diferentes genótipos de trigo; (a) IAPAR 78, (b) IPR 130, (c) IPR 85, (d) IPAR Caturá TM, (e) LD 101108, (f) T 081099, (g) T 091028, (h) T 091006, (i) T 091088, (j) T 091069, (k) T 091056, (l) T 091033, (m) T 091031, (n) T 091027, (o) T 091015 e (p) T 091008.

Os amidos apresentaram temperaturas iniciais de gelatinização (T_o) variando de 55,12 a 56,76 °C, temperaturas de pico (T_p) variando de 58,29 a 61,00 °C,

temperaturas finais (T_f) variando de 61,86 a 65,15 °C e entalpias (ΔH_{gel}) de 8,27 a 11,38 J/g. Esses resultados são semelhantes aos observados por Franco et al. (2002), Yonemoto, Calori-Domingues e Franco (2007), Singh et al. (2010) e Vrinten et al. (2012) que utilizaram condições semelhantes para avaliação das propriedades térmicas do amido de trigo nativo.

A cultivar IPR Catuara TM apresentou as mais altas temperaturas de pico e final. Altas temperaturas de transição têm sido relacionadas com elevado grau de cristalinidade nos amidos, o que confere estabilidade estrutural e torna os grânulos resistentes à gelatinização (SINGH et al. 2010). Yonemoto, Calori-Domingues e Franco (2007) observaram que amidos de trigo que apresentaram maiores temperaturas de gelatinização e entalpia também apresentaram maiores índices de cristalinidade.

A faixa de temperatura de gelatinização (ΔT) é influenciada pela heterogeneidade dos cristais presentes nas regiões cristalinas do grânulo (NWOKOCHA et al., 2009; SINGH et al. 2010). Neste estudo a ΔT variou de 6,74 a 8,58, mostrando ser relativamente pequena, indicando uma maior homogeneidade dos cristais presentes nos amidos dos diferentes genótipos.

As linhagens LD 101108 e T 091088 tiveram maiores entalpias de gelatinização (ΔH_{gel}) 11,38 e 10,64 J/g, respectivamente. A ΔH_{gel} é a energia necessária para romper as ligações de hidrogênio das regiões amorfas e das duplas hélices da amilopectina (TESTER; KARKALAS; QI, 2004), indicando a perda da ordem dentro do grânulo durante a gelatinização e mensurando sua ordem cristalina (COOKE; GIDLLEY, 1992; SINGH et al., 2007).

Segundo Matsuki et al. (2003) as propriedades de gelatinização do amido são influenciadas pela distribuição do comprimento de cadeias da amilopectina. No estudo realizado por Franco et al. (2002), as cadeias longas da amilopectina ($GP \geq 37$) apresentaram correlação significativa com as temperaturas iniciais de gelatinização. Singh et al. (2010) verificaram uma correlação inversa entre as cadeias curtas da amilopectina ($GP 6 - 12$) e a T_p e T_f indicando que as cadeias curtas são incapazes de formar duplas hélices estáveis devido a seu comprimento, sendo instáveis a elevadas temperaturas, enquanto cadeias médias e longas da amilopectina mostraram correlação positiva com T_o , T_p e T_f devido à formação de uma rede cristalina mais forte.

Tabela 30 - Propriedades de gelatinização¹ dos amidos de trigo.

Genótipo	T _o * (°C)	T _p * (°C)	T _f * (°C)	ΔT* (°C)	ΔHgel* (J/g)
IAPAR 78	56,38 ± 0,08 ^{ab}	60,00 ± 0,10 ^{cd}	64,07 ± 0,14 ^{bc}	7,69	9,76 ± 0,27 ^{cde}
IPR 130	56,51 ± 0,01 ^{ab}	60,07 ± 0,06 ^{bcd}	63,98 ± 0,19 ^{bcd}	7,47	10,30 ± 0,28 ^{bc}
IPR 85	55,88 ± 0,32 ^{abcd}	59,69 ± 0,17 ^{cde}	63,62 ± 0,16 ^{cd}	7,74	9,04 ± 0,06 ^{efg}
IPR Catuara TM	56,56 ± 1,15 ^{ab}	61,00 ± 0,53 ^a	65,15 ± 0,35 ^a	8,58	9,00 ± 0,23 ^{fgh}
LD 101108	56,49 ± 0,29 ^{abc}	60,19 ± 0,01 ^{bc}	64,26 ± 0,23 ^{bc}	7,78	11,38 ± 0,50 ^a
T 081099	55,99 ± 0,16 ^{abcd}	59,68 ± 0,08 ^{cde}	63,90 ± 0,08 ^{bcd}	7,91	9,79 ± 0,15 ^{bcd}
T 091028	55,48 ± 0,11 ^{bcd}	58,88 ± 0,05 ^{fgh}	62,81 ± 0,01 ^{ef}	7,33	8,73 ± 0,01 ^{fgh}
T 091006	55,91 ± 0,14 ^{abcd}	59,73 ± 0,05 ^{cd}	63,89 ± 0,20 ^{bcd}	7,99	9,27 ± 0,23 ^{def}
T 091008	56,56 ± 0,03 ^{ab}	60,13 ± 0,10 ^{bc}	63,73 ± 0,14 ^{cd}	7,20	8,80 ± 0,12 ^{fgh}
T 091015	55,38 ± 0,09 ^{bcd}	58,63 ± 0,10 ^{gh}	62,42 ± 0,35 ^{fg}	7,06	8,27 ± 0,14 ^h
T 091027	55,56 ± 0,23 ^d	59,10 ± 0,17 ^{efg}	62,85 ± 0,09 ^{ef}	7,93	8,64 ± 0,09 ^{efg}
T 091031	56,20 ± 0,38 ^{abc}	59,95 ± 0,30 ^{cd}	63,85 ± 0,19 ^{cd}	7,65	8,77 ± 0,08 ^{fgh}
T 091033	55,86 ± 0,29 ^{abcd}	59,38 ± 0,34 ^{def}	63,40 ± 0,28 ^{de}	7,65	9,74 ± 0,11 ^{cde}
T 091056	56,75 ± 0,01 ^a	60,66 ± 0,11 ^{ab}	64,50 ± 0,11 ^b	7,74	9,31 ± 0,21 ^{def}
T 091069	55,12 ± 0,13 ^{cd}	58,29 ± 0,10 ^h	61,86 ± 0,13 ^g	6,74	8,31 ± 0,06 ^{gh}
T 091088	55,89 ± 0,10 ^{abcd}	59,98 ± 0,21 ^{cd}	64,22 ± 0,18 ^{bc}	8,33	10,64 ± 0,27 ^{ab}

¹Valores seguidos pelo desvios-padrão obtidos de 3 repetições. Letras diferentes na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p≤0,05). *To, Tp, Tc= Temperatura inicial, temperatura de pico e temperatura final. ΔT= Faixa de temperatura (Tc - To). ΔHgel= variação de entalpia de gelatinização.

Não foi observado correlação entre o teor de amilose aparente e as propriedades térmicas de gelatinização do amido. Singh et al. (2009) e Singh et al. (2010) verificaram a existência de uma correlação negativa entre estes parâmetros. Nesses trabalhos os autores utilizaram o teor de amilose absoluto, o que pode ter contribuído para esses resultados. É possível que após a separação das cadeias de amilose e amilopectina e a determinação do teor de amilose absoluta das amostras, essa correlação possa ser observada.

Os picos do complexo amilose-lipídeo dos amidos apresentaram temperaturas iniciais variando de 91,23 a 96,03 °C, temperaturas de pico variando de 97,17 a 100,28 °C e temperatura final variando de 101,70 a 104,40 °C. Esses valores são semelhantes aqueles observados por Singh et al. (2010) para amido de trigo. A entalpia do complexo amilose-lipídeo variou de 2,77 J/g para a linhagem T 091031 a 3,84 J/g para a linhagem T 091033. Esses valores foram próximos ao encontrados por Wickramasinghe et al. (2005) (de 1,7 a 2,6 J/g).

Não foi possível observar o segundo pico endotérmico característico do complexo amilose-lipídeo nos termogramas dos amidos obtidos dos genótipos IAPAR 78, IPR Catuara TM, IPR 85, IPR 130, LD 101108, T 091099, T 091006, T 091027, T 091088, T 091028, T 091015, T 091056 e T 091069.

Após a gelatinização, as moléculas de amido se reassociam, esse fenômeno é denominado de retrogradação. A recristalização da amilopectina ocorre durante o armazenamento e acarreta na reorganização das moléculas de amido (KARIM NORZIAH; SEOW, 2000). As propriedades térmicas dos amidos retrogradados estão apresentadas na Tabela 31.

Tabela 31 – Propriedades de retrogradação¹ dos amidos de trigo.

Genótipo	T _o * (°C)	T _p * (°C)	T _f * (°C)	ΔH _{ret} * (J/g)	%R*
IAPAR 78	48,93 ± 0,17 ^a	55,75 ± 0,35 ^{abc}	61,55 ± 0,14 ^a	3,15 ± 0,15 ^{cd}	32,27
IPR 130	49,00 ± 1,45 ^a	55,08 ± 0,95 ^{abc}	61,69 ± 0,25 ^a	3,24 ± 0,09 ^{cd}	31,46
IPR 85	47,22 ± 1,63 ^{ab}	53,52 ± 1,65 ^{bc}	61,17 ± 0,81 ^a	4,84 ± 0,20 ^a	53,54
IPR Catuara TM	47,69 ± 1,40 ^{ab}	57,34 ± 3,73 ^{ab}	67,10 ± 9,21 ^a	2,48 ± 0,06 ^{ef}	27,56
LD 101108	47,23 ± 0,62 ^{ab}	53,55 ± 1,60 ^{bc}	65,64 ± 5,35 ^a	4,56 ± 0,18 ^{ab}	40,07
T 081099	47,09 ± 0,66 ^{ab}	54,31 ± 0,54 ^{abc}	61,41 ± 0,31 ^a	2,32 ± 0,02 ^{ef}	23,70
T 0910 28	44,27 ± 0,68 ^{bc}	52,22 ± 0,06 ^{bc}	59,51 ± 2,18 ^a	1,76 ± 0,02 ^g	20,16
T 091006	46,24 ± 0,69 ^{abc}	53,19 ± 1,90 ^{bc}	61,24 ± 0,14 ^a	2,58 ± 0,11 ^e	27,83
T 091008	44,99 ± 0,02 ^{bc}	51,85 ± 0,01 ^c	59,44 ± 2,03 ^a	3,08 ± 0,04 ^d	35,00
T 091015	45,96 ± 2,03 ^{abc}	52,96 ± 0,89 ^{bc}	59,06 ± 0,18 ^a	2,50 ± 0,06 ^{ef}	30,23
T 091027	45,52 ± 0,07 ^{abc}	51,92 ± 0,10 ^c	60,84 ± 1,16 ^a	3,34 ± 0,10 ^{cd}	38,66
T 091031	46,27 ± 0,29 ^{abc}	59,11 ± 0,01 ^a	66,59 ± 1,82 ^a	2,12 ± 0,03 ^{fg}	24,17
T 091033	45,91 ± 0,49 ^{abc}	57,97 ± 1,36 ^{bc}	61,19 ± 0,39 ^a	3,06 ± 0,09 ^d	31,42
T 091056	46,84 ± 0,88 ^{abc}	54,43 ± 0,35 ^{abc}	61,35 ± 0,38 ^a	3,32 ± 0,16 ^{cd}	35,66
T 091069	43,16 ± 1,06 ^c	51,51 ± 0,95 ^c	59,46 ± 0,33 ^a	4,33 ± 0,00 ^b	52,11
T 091088	45,05 ± 0,18 ^{bc}	53,23 ± 1,11 ^{bc}	61,17 ± 1,03 ^a	3,54 ± 0,14 ^c	33,27

¹Valores seguidos pelos desvios-padrão obtidos de 3 repetições. Letras diferentes na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p≤0,05). *T_o, T_p, T_c= Temperatura inicial, temperatura de pico e temperatura final. ΔT= Faixa de temperatura (T_c - T_o). ΔH_{ret}= variação de entalpia de retrogradação. %R= percentual de retrogradação [(ΔH_{ret} / ΔH_{gel}) x 100].

A entalpia de retrogradação (ΔH_{ret}) fornece a quantidade de energia necessária para fusão da amilopectina recristalizada (KARIM; NORZIAHM; SEOW, 2000).

A T_o variou de 43,16 a 49,00 °C, T_p variou de 51,51 a 59,11 °C e a T_f variou de 59,06 a 67,10 °C para os amidos retrogradados. A entalpia de retrogradação (ΔH_{ret}) dos amidos variou de 1,76 J/g a 4,84 J/g.

Segundo Singh et al. (2010), o maior ΔH_{ret} está associado a maior tendência do amido a retrogradação e indica a quebra e a fusão da dupla-hélice formada durante o armazenamento, sendo influenciadas pelo comprimento das cadeias laterais da amilopectina. No estudo realizado foi observado que, a ΔH_{ret} apresentou uma correlação negativa com a temperatura de pasta ($r = -0,85$), sugerindo que amidos com maiores temperaturas apresentaram uma menor tendência a retrogradação.

6 CONCLUSÃO

Este estudo proporcionou um melhor conhecimento dos efeitos de HMW-GS e LMW-GS nas características físico-químicas, reológicas e de panificação do trigo. O alelo * 2 a do Glu-A1, os alelos 7+9 do Glu-B1, os alelos 5 + 10 do Glu-D1, o alelo *c* do Glu-A3 e o alelo *b* do Glu-B3 foram os mais frequentes entre os diferentes genótipos. Os genótipos IPR 85, IPR Catuara TM, T 091015 e T 091069 que apresentaram os alelos 1 (Glu-A1), 5 + 10 (Glu-D1), *c* (Glu-A3), e *b* (Glu-B3), com a exceção de T 091069, que possuía o alelo *g*, em vez do alelo *b* no Glu-B3, destacaram-se dos demais genótipos, indicando uma possível superioridade na qualidade do grão e da farinha com conseqüente qualidade superior no pão. Esses materiais apresentaram maior força de glúten e elevados teores de SDS-VS, IS, ET, volume específico do pão e pães de textura macia.

Em programas de melhoramento, estas subunidades são preferidas para o desenvolvimento de novos materiais com a força de glúten e extensibilidade, que são adequados para produtos de panificação.

Os genótipos T 091031, T 091008, T 091006 e T 091033 apresentaram farinhas mais extensíveis e pães com menores volumes sendo, portanto indicadas para produção de pães. Os genótipos T 091056, T 091028 e IAPAR 78 apresentaram pães com textura dura e coloração do miolo mais amarelada.

O SDS-VS, IS e ET apresentaram correlações significativas com as propriedades reológicas da farinha e do pão, sendo, portanto métodos válidos para serem utilizados no processo de seleção de linhagens de trigo, tendo em vista que, durante a fase inicial da seleção existem quantidades pequenas de materiais disponíveis.

O estudo, também, indicou que apesar das propriedades funcionais dos amidos serem influenciadas por suas características estruturais, o teor de amilose variou bastante entre as amostras estudadas e não teve grande influência sobre as propriedades de pasta e térmicas dos amidos. As quantidades de fósforo e lisofosfolipídeos presentes nos amidos contribuíram para os diferentes perfis de viscosidade obtidos para as diferentes linhagens.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC - Approved methods of the American association of cereal chemists. 7 ed., 2 v., St, Paul, Minnesota, 2000.

ATWEEL, W. A. The terminology and methodology associate with basic starch phenomena. **Cereal foods World**, v. 33, p. 306-311, 1988.

ATWELL, W. A. **Wheat flour: practical guide for the food industry**. St. Paul: American association of cereal chemists, 2001, 134p.

AXFORD, D. W. E., COLWELL, K. H., CORNFORD, S. J., ELTON, G. A. H. Effect of loaf specific volume on the rate and extent of staling in bread. **Journal Science Food of Agriculture**, v. 19, p. 95, 1968.

AYKROYD, W. R.; DOUGHTY, J. FAO Nutritional Studies no. 23: Wheat in human nutrition, 2nd edition, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nation, 1971, 163p.

BALL, S.; GUAN, H-P.; JAMES, M.; MYERS, A.; KEELING, P.; MOUILLE, G.; BULÉON, A.; COLONNAS, P.; PREISS, J. From Glycogen to amilopectin: A model for biogenesis of the plant starch granule. **Cell**, v.86, p.349-352, 1996.

BARRERA, G. N.; PEREZ, G. T. P.; RIBOTTA, P. D.; LÉON, A. E. Influence of damaged starch on cookie and bread-making quality. **European Food Research and Technology**, v. 225, p. 1-7, 2007.

BASSETT, L. M.; ALLAN, R. E.; RUBENTHALER, G. L. Genotype x environment interactions on soft white winter wheat quality. **Agronomy Journal**, v. 81, p. 955-960, 1989.

BEDO, Z.; VIDA, G; LANG, L.; KARSAI, I. Breeding for bred-making quality using old Hungarian wheat varieties. **Euphytica**, v. 100, p. 179-182, 1998.

BLAZEK, J.; SALMAN, H.; RUBIO, A. L.; GILBERT, E.; HANLEY, T.; COPELAND, L. Structural characterization of wheat starch granules differing in amylase content and functional characteristics. **Carbohydrate Polymers**, v. 75, p. 705–711, 2009.

BLENNOW, A.; BAY-SMIDT, A. M.; OLSEN, C. E.; MØLLER, B. L. The distribution of covalently bound phosphate in the starch granule in relation to starch crystallinity. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.27, p.211-218, 2000.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. Química do processamento de alimentos. In: _____. **Massas**. 3 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001. p. 93-100.

BRABENDER. Food Division. Quality Control. Milling/Baking. Disponível em <<http://www.brabender.com>> Acessado em: Fev./2012.

BRANLARD, G.; DARDEVET, M. Diversity of grain protein and bread wheat quality. II. Correlation between high molecular subunits of glutenin and flour quality characteristics. **Journal of Cereal Science**, v.3, p. 345 -3 54, 1985.

BRANLARD, G.; DARDEVET, M.; AMIOUR, N.; IGREJAS, G. Allelic diversity HMW and LMW glutenin subunits and Omega-gliadins in French bred wheat (*Triticum aestivum* L.). **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 50, p. 669-679, 2003.

BRANLARD, G.; ROUSSET, M.; LOISEL, W.; AUSTRAN J. C. Comparison of 46 technological parameters used in breeding for bread wheat quality evaluation. **Journal Genetic e Breeding**, v.45, n. 4, p.263-280, 1991.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 90, de 18 de outubro de 2000. **Aprova regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do pão.** Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/servlet/VisualizarAnexo?id=13384>> Acesso em: Jan/2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 02 de junho de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 105, p. 91, 3 jun. 2005. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes.** Brasília, p.398, 2009

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 7, de 15 de agosto de 2001. Norma de identidade e qualidade do trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 ago. 2001. Seção 1, n.160-E, p.33-35.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 38, 30 de novembro de 2010. Regulamento Técnico de Trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1 dez. 2010. Seção 1, n.229.

BULÉON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Starch granule: structure and biosynthesis – Mini review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 23, n. 2, p. 85-112, 1998.

BUSHUK, W. Flour proteins: structure and functionality in dough and bread. **Cereal Foods World**, v. 30, n. 7, p.447-451, 1985.

CARTER, B. P.; MORRIS, C. F.; ANDRSON, J. A. Optimizing the SDS sedimentation test for end-use quality selection in a soft white and club wheat breeding program. **Cereal Chemistry**, v. 76, n. 6, p. 907-911, 1999.

CHAI, J. F.; ZHOU, R. H.; JIA, J. Z.; LIU, X. Development and application of a new co-dominant PCR marker for detecting 1BL.1RS wheat-rye chromosome translocations. **Plant breeding**, v.125, p.302-304, 2006.

CHEN, J.; D'APPOLONIA, B.L. Alveograph studies on hard red spring wheat flour. **Cereal Foods World**, v.30, n.12, p.862-867, 1985.

CHIANG, S.; CHEN, C.; CHANG, C. Effect of wheat flour protein compositions on the quality of deep-fried gluten balls. **Cereal Chemistry**, v. 97, p. 666-673, 2006.

COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, **Indicações técnicas da comissão sul-brasileira de pesquisa de trigo: trigo e triticales – 2005 e 2006**, 2006.

Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo levantamento, julho 2012 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2012.

COOKE, D.; GIDLEY, M. J. Loss of crystalline and molecular order during starch gelatinization-origin of the enthalpic transition. **Carbohydrate Research**, v. 227, p. 103-112, 1992.

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

CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E. S.; CARVALHO, A. J. F.; CURVELO, A. A. S. MATTOSO, L. H. C. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 15, n. 4, p. 268-273, 2005.

COSTA, M. G; SILVA, E. L.; STAMFORD, T. L. M.; ANDRADE, S. A. C. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 220-225, 2008.

COURTENS, T. M.; GELLYNCK, X. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. **Journal of Cereal Science**, v. 48, p. 243-257, 2008.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 945-954, 2009.

DENČIĆ, S.; MLADENOV, N.; KOBILJSKI, B. Effects of genotype and environment on breadmaking quality in wheat. **International Journal of Plant Production**, v. 5, n. 1, p. 71-82, 2011.

DEWETTINCK, K.; VAN BOCKSTAELE F.; KU"HN, B.; VAN DE WALLE, D.; DOBRASZCZYK, B. J. The physics of baking: rheological and polymer molecular structure-function relationships in breadmaking. **Journal Non-Newtonian Fluid Mech** v. 124, p. 61–69, 2004.

DOBRASZCZYK, B. J.; CAMPBELL, G. M.; GAN, Z. Pan: um alimento único In: DENDY, D. A. V.; DOBRASZCZYK, B. J. **Cereales y productos derivados química y tecnología**. Zaragoza: ACRIBIA, 2001. p. 223-284.

DOMINGUES, M. A. C. **Efeito da interação genótipo x ambiente no Estado de São Paulo sobre os parâmetros de qualidade do trigo e nas características físico-químicas e funcionais do amido.** 2002. 140f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

D'OIDIO, R.; ANDERSON, O. D. PCR analysis to distinguish between alleles of a member of a multigene family correlated with wheat bread-making quality. **Tag Theoretical and Applied Genetics**, v. 88, p. 759-763, 1994.

EL-DASH, A. A., CAMARGO, C. O.; DIAZ, N. M. **Fundamentos da Tecnologia de Panificação.** 345 p., 1982.

ELIASSON, A. C. **Carbohydrates in food.** London: Chapman e Hall, 1996.

ELIASSON, A. C.; LARSSON, K. **Cereals in breadmaking.** A molecular colloidal approach. New York: Marcel Dekker. 1993.

ELIASSON, A.C. **Starch in food – Structure, function and applications.** New York: Boca Raton, CRC, 2004. 605p.

ESTELLER, M. S.; LANNES, S. C. S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 802-806, 2005.

FANG, C.; CAMPBELL, G. M. On predicting roller milling performance IV: effect of roll disposition on the particle size distribution from first break milling of wheat. **Journal of Cereal Science**, v. 37, p. 21-29, 2003.

FANORI, R. L. D.; BERBERT, P. A.; MARTINAZZO, A. P.; COELHO, E. M. Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 354-357, 2002.

FELÍCIO, J. C.; CAMARGO, C. E. O.; GERMANI, R.; MAGNO, C. P. R. S. Avaliação agrônômica e de qualidade tecnológica de genótipos de trigo com irrigação por aspersão no estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 55, n.1, p. 147-156, 1996.

FELÍCIO, J. C.; CAMARGO, C. E. O.; GERMANI, R.; MAGNO, C. P. R. S. Interação entre genótipos e ambiente na produtividade e na qualidade tecnológica dos grãos de trigo no estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 57, n. 1, 1998.

FERREIRA, S. M. R.; OLIVEIRA, P. V.; PRETTO, D. Parâmetros de qualidade do pão francês. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 301-318, jul./dez. 2001.
FINNEY, K. F. Experimental breadmaking studies, functional (breadmaking) properties, and related gluten protein fractions. **Cereal Foods World**, v. 30, p. 794-801, 1985.

FINNEY, K. F.; BARMORE, M. A. Loaf volume and protein content of hard winter and spring wheats. **Cereal Chemistry**, v. 25, p. 291-312, 1948.

FRANCESCHI, L.; BENIN, L.; GUARIENTI, E. M.; MARCHIORO, V. S.; MARTIN, T. N. Fatores pré-colheita que afetam a qualidade tecnológica de trigo. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1624-1631, 2009.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. **Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas: Propriedades Gerais do Amido**. v. 1. Campinas: Fundação Cargill, 2001. 224p.

FRANCO, C. M. L.; WONG, K.; YOO, S.; JANE, J. Structural and functional characteristics of selected soft wheat starches. **Cereal Chemistry**, n. 79, n. 2, p. 243-248, 2002.

FRENCH, D. Chemical and physical of starch. **Journal of Animal Science**, v. 37, n. 4, p. 1048-1061, 1973.

GAINES, C. S.; FINNEY, P. L.; ANDREWS, L. C. Influence of kernel size and shriveling on soft wheat milling and baking quality. **Cereal Chemistry**, v. 74, n. 6, p. 700-7004, 1997.

GALVANI, A. **Avaliação das características físico-químicas, reológicas e de qualidade de espaguete produzido com farinhas obtidas a partir de nove genótipos de trigo provenientes de cruzamento entre *T. aestivum* L e *T. durum* L**. 1996. 114f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 1996.

GERMANI, R.; DASH, A. A. E.; CAMPOS, J. E. **Tecnologia de farinhas mistas: Uso de farinha mista de trigo e sorgo na produção de pães**. Brasília, DF: SPI - EMBRAPA, v. 1. 1994, 97 p.

GIANIBELLI, M. C., LARROQUE, O. R.; MACRITCHIE, F.; WRIGLEY, W. Biochemical, genetic, and molecular characterization of wheat endosperm proteins. **American Association of Cereal Chemists**, p.1-20, 2001.

GRAYBOSCH, R. A.; PETERSON, C. J.; SHELTON, D. R.; BAENZIGER, P. S. Genotypic and environmental modification of wheat flour protein composition in relation to end-use quality. **Crop Science**, v. 36, p. 296-300, 1996.

GROVE, H.; HOLLUNG, K.; MOLDESTAD, A.; FARGESTAD, A. M.; UHLEN, A. K. Proteome changes in wheat subjected to different nitrogen and sulfur fertilizations. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 57, p. 4250–4258, 2009.

GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. 36p. (EMBRAPA-CNPT. Documento, 27).

GUARIENTI, E. M.; CIACCO, C. F.; CUNHA, G. R.; DEL DUCA, L. DE J. A.; CAMARGO, C. M. O. Avaliação do efeito de variáveis meteorológicas na qualidade

industrial e no rendimento de grãos de trigo pelo emprego de análise de componentes principais. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 500-510, 2003.

GUARIENTI, E. M.; CIACCO, C. F.; CUNHA, G. R.; DEL DUCA, L. DE J. A.; CAMARGO, C. M. O. Efeitos da precipitação pluvial da umidade relativa do ar e de excesso de déficit hídrico do solo no peso do hectolitro, no peso de mil grãos e no rendimento de grãos de trigo. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 412-418, 2005.

GUARIENTI, E. M.; SANTOS, H. P.; LHAMBY, J. C. B. influência do manejo do solo e da rotação de culturas na qualidade industrial do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 12, p. 2375-2382, 2000.

GUERREIRO, L. Panificação, Dossiê técnico, REDETEC Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, Dez/ 2006.

GUPTA, R. B.; BATEY, I. L.; MACRITCHIE, F. Relationship between protein composition and functional properties of wheat flowers. **Cereal Chemistry**, v. 69, p. 125-131, 1991.

GUPTA, R. B.; PAUL, J. P.; CORNISH, G. B.; PALMER, G. A.; BEKES, F.; RATHJEN A. J. Allelic variation at glutenin subunit and gliadin loci, Glu-1, Glu-3 and Gli-1, of common wheats. 1. Its additive and interaction effects on dough properties. **Journal of Cereal Science**, v. 19, p. 9-17, 1994.

GUTKOSKI, L. C. **Controle de qualidade de grãos e farinhas de cereais**. IV Simpósio de Nutrição, Ciência e Tecnologia de Alimentos, Passo Fundo, 2009.

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

GUTKOSKI, L. C.; KLEIN, B.; PAGNUSSATT, F. A. Características tecnológicas de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivados no Cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p.786-792, 2007.

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

GUTKOSKI, L. C.; ROSA, O. F.; TROMBETTA, C. Correlação entre o teor de proteínas em grãos de trigo e a qualidade industrial das farinhas. **Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 20, n.1, p. 29-40, 2002a.

GUTKOSKI, Luiz C.; NETO, Raul J. Procedimento para teste laboratorial de panificação – pão tipo forma. **Ciência Rural**, v. 32, n. 5, p. 873-879, 2002b.

HADDAD, Y.; BENET, J. C.; DELENNE, J. Y.; MERMET, A.; ABECASSIS, J. Rheological behaviour of wheat endosperm — proposal for classification based on

the rheological characteristics of endosperm test samples. **Journal of Cereal Science**, v. 34, n.1, p. 105-113, 2001.

HALVERSEN, J; ZELENY, L. Criteria of wheat quality. In: Pomeranz, Y. **Wheat: chemistry and technology**. 3 ed. Saint Paul: American Associate of Cereal Chemistry, 1988. v. 1, p.15-45.

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

HE, X. Y.; LIU, L.; XIA, X. C.; LIU, J. J.; PEÑA, J. R. Composition of HMW and LMW glutenin subunits and their affects on dough properties, pan bread, and noodle quality of Chinese bread wheats. **Cereal Chemistry**, v. 82, p. 345-350, 2005.

HERNÁNDEZ, Z. J. E.; FIGUEROA, J. D. C.; RAYAS-DUARTE, P.; MARTÍNEZ-FLORES, H. E.; ARÁMBULA, G. V.; LUNA, G. B.; PEÑA, R. J. Influence of high and low molecular weight glutenins on stress relaxation of wheat kernels and the relation to sedimentation and rheological properties. **Journal of Cereal Science**, v. 55, p. 344-350, 2012.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. **Carbohydrate Polymers**, v. 45, n. 3, p.253-267, 2001.

HOSENEY, R. C. **Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales**, 1^a ed. Zaragoza: Editorial Acribia S.A.,1991. 1321p.

HOSENEY, R.C. **Principles of cereal science and technology**. 2^o ed. St. Paul: American associate cereal chemistry, 1994.

HRUSKOVÁ, M.; SVEC, I. Wheat Hardness in Relation to Other Quality Factors. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 27, n. 4, p. 240-284, 2009.

HRUSKOVÁ, M.; SVEC, I.; JIRSA, O. Correlation between milling and baking parameters of wheat varieties. **Journal of Food Engineering**, v. 77, p. 439-444, 2006.

HUNG, P. V; MAEDA, T.; MISKELLY, D.; TSUMORI, R.; MORITA, N. Physicochemical characteristics and fine structure of high-amylose wheat starches isolated from Australian wheat cultivars. **Carbohydrate Polymers**, v. 71, p. 656–663, 2008.

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

JANE, J. L.; CHEN, J. F. Effect of amylose molecular size and amylopectin branch chain length on paste properties of starch. **Cereal Chemistry**, v. 69, n. 1, p. 60-65, 1992.

JANE, J. Structure of starch granules. **Journal Applied Glycoscience**, v. 54, p. 31-36, 2007.

JANE, J.; CHEN, Y. Y.; LEE, L. F.; MCPHERSON, A. E.; WONG, K. S.; RADOSAVLJEVIC, M; KASEMSUWAM, T. Effect of amylopectin branch length and amylase content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, v. 76, n. 5, p. 665-680, 1999.

KARIM, A.; NORZIAH, M. H.; SEOW, C. C. Methods for the study of starch retrogradation. **Food Chemistry**, v. 71, p. 9-36, 2000.

KASEMSUWAN, T.; JANE, J. Quantitative method for the survey of starch phosphate derivatives and starch phospholipids by ³¹P nuclear magnetic resonance spectroscopy. **Cereal Chemistry**, v.73, n.6, p.702-707, 1996.

KASEMSUWAN, T. JANE, J.; SCHNABLE, P.; ROBERTSON, D. Characterization of the dominant mutant amylase-extender (Ae1-5180) maize starch. **Cereal Chemistry**, v. 72, n. 5, p. 457-464, 1995.

KHATKAR, B. S.; FIDO, R. J.; TATHAM, A. S.; SCHOFIELD, J. D. Functional properties of wheat gliadins. II. Effects on dynamic rheological properties of wheat gluten. **Journal of Cereal Science**, v. 35, p. 307-313, 2002.

KIM, Y. S.; FLORES, R. A. Determination of bran contamination in wheat flours using ash content, color, and bran speck counts. **Cereal Chemistry**, v. 76, p. 957-961, 1999.

KOSLOV, S. S., KRIVANDIN, A. V., SHATALOVA, O. V., NODA, T., BERTOFT, E., FORNAL, J. Structure of starch extracted from near-isogenic wheat lines. Part II. Molecular organization of amylopectin clusters. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 87, p. 575-584, 2007.

KRIEGER, K. M., DUVICK, S. A.; POLLAK, L. M.; WHITE, P. J. Thermal properties of corn starch extracted with different blending methods: micro blender and homogenizer. **Cereal Chemistry**, v.74, n.5, p.553-555, 1997.

KWEON, M.; SLADE, L.; LEVINE, H. Solvent retention capacity (SRC) testing of wheat flour: principles and value in predicting flour functionality in different wheat-based food processes and in wheat breeding—A Review. **Cereal Chemistry**, v. 88, n. 6, p.537–552, 2011.

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos em alimentos regionais Iberoamericanos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 648p.

LAWRENCE, G. J.; MOSS, H. J.; SHEPHERD, K. W.; WRIGLEY, C. W. Dough quality of biotypes of eleven Australian wheat cultivars that differ in high-molecular-weight glutenin subunit composition. **Journal of Cereal Science**, v. 6, n. 1, p. 99-101, 1987.

LELLEY, T.; EDER, T.; GRAUGRUBER, H. Influence of 1BL.1RS wheat-rye chromosome translocation on genotype by environment interaction. **Journal Cereal Science**, v. 39, p.313-320, 2004.

LÉON, A. E. **De tales harinas, tales panes:** granos, harinas y productos de panificación em Iberoamérica. Córdoba: Hugo Báez, 2007, 473p.

LEON, E.; PISTON, F.; AOUNI, R.; SHEWRY, P. R.; ROSELL, C. M.; MARTIN, A.; BARRO, F. Pasting properties of transgenic lines of a commercial bread wheat expressing combinations of HMW glutenin subunit genes. **Journal of Cereal Science**, v. 50, p. 344-349, 2010.

LI, Y.; ZHOU, R.; BRANLARD, G.; JIA, J. Development of introgression lines with 18 alleles of glutenin subunits and evaluation of the effects of various alleles on quality related traits in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Cereal Science**, v. 51, p. 127-133, 2010.

LIANG, D.; TANG, J.; PEÑA, R. J.; SINGH, R.; HE, X.; SHEN, X.; YAO, D.; XIA, X.; HE, Z. Characterization of CIMMYT bread wheats for high- and low-molecular weight glutenin subunits and other quality-related genes with SDS-PAGE, RP-HPLC and molecular markers. **Euphytica**, v. 172, n. 2, p. 235-50, 2010.

LIM, S.; KASEMSUWAN, T.; JANE, J. Characterization of phosphorus in starch by ³¹P-nuclear magnetic resonance spectroscopy. **Cereal Chemistry**, v.71, p.488-493, 1994.

LIU, L.; HE, Z. H.; YAN, J.; ZHANG, Y.; XIA, X. C.; PEÑA, R. J. Allelic variation at the Glu-1 and Glu-3 loci, presence of the 1B.1R translocation, and their effects on mixographic properties in Chinese bread wheats. **Euphytica**, v. 142, p. 197–204, 2005.

LOMBARDI, S. **Controle da Qualidade de Farinha.** Curitiba: Granotec do Brasil, 2001.

LUO, C.; GRIFFIN, W. B.; BRANLARD, G.; NEIL, M. Comparison of low- and high molecular-wheight wheat glutenin alleles effects on flour quality. **Treoretical and applied genetics**, v. 102, p. 1088-1098, 2001.

LYONS, G.; ORTIZ-MONASTERIO, I.; STANGOULIS, J.; GRAHAM, R. Selenium concentration in wheat grain: is there sufficient genotypic variation to use in breeding? **Plant and Soil**, v. 269, p. 369-380, 2005.

MACRITCHIE, F.; LAFIANDRA, D. Structure-functions relationship of wheat proteins. In: DAMORADAN, A.; PARAF, A. **Food Proteins and Their Applications (eds.)**. p. 293-324, 1997.

MAGAN, N.; LACEY, J. Ecological determinants of mould growth in stored grain. **International Journal of Food Microbiology**, v. 7, n. 3, p. 245-256, 1988.

MANDARINO, J. M. G. **Aspectos importantes para qualidade do trigo**. Londrina, EMBRAPA/CNPSo, 1993. 32p. (Documentos, 60).

MASSAUX, C.; SINDIC, M.; LENARTZ, J.; SINNAEVE, G.; BODSON, B.; FALISSE, A.; DARDENNE, P.; DEROANNE, C. Variations in physicochemical and functional properties of starches extracted from European soft wheat (*Triticum aestivum* L.): The importance to preserve the varietal identity. **Carbohydrate Polymers**, v. 71, p. 32-41, 2008.

MATSUKI, J.; YASUI, T.; KOHYAMA, K.; SASAKI, T. Effects of environmental temperature on structure and gelatinization properties of wheat starch. **Cereal Chemistry**, v. 80, n. 4, p. 476-480, 2003.

MATUZ, J. Inheritance of SDS sedimentation volume of flour in crosses of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). **Cereal Research Communications**, v. 26, p. 203-210, 1998.

MAZZUCO, H.; POTECLA, J. A.; JUNIOR, W. B.; ZANOTOO, D. L.; MIRANDA, M. Z.; AVILA, V. S. Influência do estágio de maturação na colheita e temperatura de secagem de grãos de trigo sobre os valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAc) em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2221-2226, 2002.

MCKEVITH, B. Nutritional aspects of cereals. **Nutrition Bulletin**, v.29, p.111-142, 2004.

MILLER, D. L. Industrial uses of wheat and flour. In: INGLETT, G. E. **Wheat: Production and Utilization.**, 1 ed. Westport: AVI, 1974, p. 398-411.

MIRANDA, M. Z.; EL-DASH, A. Farinha integral de trigo germinado. Características nutricionais e estabilidade ao armazenamento. **Revista Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 22, n.3, p.216-223, 2002.

MIRANDA, M. Z.; MORI, C.; LORINI, I. **Qualidade Comercial do Trigo Brasileiro: Safra, 2005**. Embrapa, Passo Fundo, RS, 2008. (Documento 80).

MITTELMANN, A.; NETO, J. B.; CARVALHO, F. I. F.; LEMOS, M. C. I.; CONCEIÇÃO, L. D. H. Herança de caracteres do trigo relacionados à qualidade de panificação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 5, p. 974-983, 2000.

MOREIRA, T.; ALEGRANSI, L. Panorama dos moinhos no Paraná. **Boletim Informativo do Sistema FAEP**, n. 1176, p. 13-14, 2012.

MORETTO, E.; FETT, R. **Processamento e análise de biscoitos**. São Paulo: Varela, 1999.

MORRISON, W. R. Lipid in cereal starches: a review. **Journal of Cereal Science**, v. 8, n. 1, p. 1-15, 1988.

MORRISON, W. R. Starch lipids and how they related to starch granule structure and functionality. **Cereal Foods World**, v. 40, p. 437-445, 1995.

MORRISON, W. R.; GADAN, H. The amylose and lipid contents of starch granules in developing wheat endosperm. **Journal of Cereal Science**, v. 5, p. 263–275, 1987.

MORRISON, W. R.; LAW, R. V.; SNAPE, C. E. Evidence for inclusion complexes of lipids with V-amylose in maize, rice and oat starches. **Journal of Cereal Science**, v.18, p.107–109, 1993.

MORRISON, W. R.; MILLIGAN, T. P.; AZUDIN, M. N. A relationship between the amylase and lipid contents of starches from diploid cereals. **Journal of Cereal Science**, v. 2, p. 257-271, 1984.

MORRISON, W. R.; TESTER, R. F. Properties of damage starch granules. II. Crystallinity, molecular order and gelatinisation of ball-milled starches. **Journal of Cereal Science**, London, v. 19, n. 2, p. 209-217, 1994.

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

MUNDSTOCK, C. M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: ed. Autor, 228p. 1998.

MURRAY, L. F.; MOSS, R. Estimation of fat acidity in milled wheat products. I. Colorimetric determination. **Journal of Cereal Science**, v.11, n.2, p.171-177, 1990.

NEWPORT SCIENTIFIC. **Operation manual for series 4: Instructions Manual**. . Austrália: Warriewood, 1998. 123p.

NWOKOCHA, L. M.; AVIARA, N. A.; SENAN, C.; WILLIAMS, P. A. A comparative studie of some properties of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) and cocoyam (*Colocasia esculenta*, Linn) starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 76, p. 362-367, 2009.

OELOFSE, R. M.; LABUSCHAGNE; M. T.; DEVENTER, C. S. Influencing factors of sodium dodecyl sulfate sedimentation in bread wheat. **Journal of Cereal Science**, v. 52, p. 96-99, 2010.

OLÁN, M. O.; RANGEL, E. E.; MIR, E. V.; GALÁN, J. M.; SÁNCHEZ, H. L.; VARELA, A. S.; PEÑA, R. J. Proteínas del glúten y reología de trigos harineros mexicanos influenciados por factores ambientales y genotípicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 9, p. 989-996, 2010.

OLIVEIRA, D. S. de, **Aplicação de xilanase e/ou ciclodextrina glicosiltransferase (CGTase) na produção de pães**. 2010. 158f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2010.

OLIVER, J. R.; ALLEN, H. M. The prediction of bread banking performance using the farinograph and extensograph. **Journal of Cereal Science**, v. 15, n.1, p.79-89, 1992.

ORTOLAN, F. **Genótipos de trigo do Paraná – safra 2004: caracterização e fatores relacionados à alteração de cor de farinha**. 2000. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

OSMAN, A. M.; STRUIK, P. C.; BUEREN, E. T. L. Perspectives to breed for improved baking quality wheat varieties adapted to organic growing conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, p. 207-215, 2012.

OURY, F.; CHIRON, H.; FAYE, A.; GARDET, O.; GIRAUD, A.; HEUMEZ, E.; ROLLAND, B.; ROUSSET, M.; TROTTET, M.; CHARMET, G; BRANLARD, G. The prediction of bread wheat quality: joint use of the phenotypic information brought by technological tests and the genetic information brought by HMW and LMW glutenin subunits. **Euphytica**, v. 171, n. 1, 2009.

OWENS, G. Cereal processing technology. In: CAUVAIN, S. P. **Breadmaking**. 1 ed. Boca Ration: CRC Press, 2001, p. 204-228.

PARKER, R.; RING, S.G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, v. 34, p.1-17, 2001.

PAYNE, P. I.; HOLT, L. M.; JACKSON, E. A.; LAW, C. N. Wheat storage proteins: Their genetics and their potential for manipulation by plant breeding. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 304, p. 359-371, 1984.

PAYNE, P. I.; SEEKINGS, J. A.; WORLAND, A. J.; JARVIS, M. G.; HOLT, L. M. Allelic variation of glutenin subunits and gliadins and its effect on breadmaking quality in wheat: analysis of F5 progeny from “Chinese Spring” X “Chinese Spring” (Hope 1A). **Journal of Cereal Science**, v. 6, p. 103-118, 1987.

PEDROSA, I. **Da Cor à Cor Inexistente**. Rio de Janeiro: Editora Universidade de Brasília, 1982.

PEÑA, E.; BERNARDO, A.; SOULER, C.; JOUVE, N. Relationship between common wheat (*Triticum aestivum* L.) gluten proteins and dough rheological properties. **Euphytica**, v. 143, p. 169-177, 2005.

PEÑA, R. J. Wheat for bread and other foods. Food and Agriculture Organization (FAO), 2009. Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4011E/y4011e0w.htm>>. Acesso em: jun/2012.

PEÑA, R. J.; AMAYA, A.; RAJARAM, S.; MUJEEB-KAZI, A. Variation in quality characteristics associated with some spring 1B/1R translocations wheat. **Journal of Cereal Science**, v. 12, p.105-112, 1990.

PEÑA, R. J.; GONZÁLEZ, H. G.; CERVANTES, F. Relationship between Glu-D1/Glu-B3 allelic combinations and bread-making quality related parameters commonly used in wheat breeding. In. GLUTEN WORKSHOP, 8., 2004.

PERTEN, H. Application of the falling number method for evaluating alpha-amylase activity. **Cereal Chemistry**, v. 41, n. 3, p.127-140, 1964.

PERTEN, H. Factors influencing of the falling number values. Separata de **Cereal Science Today**, v. 12, n. 12, p.516-519, Dec. 1967.

PINTO, U. M.; FARONI, L. R. O.; ALVES, W.; SILVA, A. A. L. Influência da densidade populacional de *Sitophilus zeamais* (Motsch.) sobre a qualidade do trigo destinado à panificação. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1407-1412, 2002.

PIZZINATTO, A. **Qualidade da farinha de trigo: conceitos, fatores determinantes, parâmetros de avaliação e controle**. Campinas: ITAL, 1997. 62p.

POMERANZ, Y. Wheat **Chemistry and Technology**. American Associate Cereal Chemistry: St Paul, MN, 1978.

POMERANZ, Y.; BASS, E. J. Wheat flour milling. In:____. **Wheat Chemistry and Technology**. AACC, v.2, 1988, p.562.

POMERANZ, Y.; WILLIAMNS, P. C. Wheat hardness: is genetic, structural, and biochemical background, measurement, and significance. In: **Advances in cereal science and technology**, v. 10, 1990, p. 471 – 544.

POPPER, L.; SCHÄFER, W.; FREUND, W. **Future of Flour - A Compendium of Flour Improvement**. Kansas City: Agrimedia, 2006.

POSNER, E. S. Wheat. In: KULP, K; PONTE, J. G. **Handbook of cereal science and technology**. 2º ed. New York: Marcel Dekker, 2000. p. 1-29.

PRABHASANKAR, P.; SUDHA, M. L.; RAO, P. Quality characteristics of wheat flour milled streams. **Food Research International**, v. 33, p. 381-386, 2000.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de La panificación**. Zaragoza: Acribia, 1991.

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**, v. 75, n. 5, p. 721-728, 1998.

RANI, M. R. S., BHATTACHARYA, K. R. Microscopy of rice starch granules during cooking. **Starch – Stärke**, v. 47, p. 334-337, 1995.

RAO, G. V.; RAO, P. H. Methods for determining rheological characteristics of doughs: a critical evaluation. **Journal of Food Science and Technology**, v. 30, n. 2, p. 77-87, 1993.

RASPER, V. F.; WALKER, C. E. Quality evaluation of cereals and cereal products. In: KULP, K; PONTE, J.G. **Handbook of cereal science and technology**. 2^o ed. New York: Marcel Dekker, 2000. p. 505-537.

RING, S. G., COLONNA, P.; IANSON, K. J.; KALICHEVSKY, M. T.; MILES, M. J., MORRIS, V. J.; ORFORD, P. D. The gelation and crystallization of amylopectin. **Carbohydrate Research**, v. 162, p. 277–293, 1987.

ROBIN, J. P.; MERCIER, M.; CHARBONNIERE, R.; GUILBOT, A. Lintnerized starch gel filtration and enzymatic studies of insoluble residues from prolonged acid treatment of potato starch. **Cereal Chemistry**, v. 51, p. 389-406, 1974.

ROJAS, J. A., ROSELL, C. M., BENEDITO, C. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. **Food Hydrocolloids**, v. 13, p. 27-33, 1999.

ROSA FILHO, O. **Uso de adubação nitrogenada no espigamento para melhorar a qualidade industrial do trigo**. Passo Fundo: Aldeia, 1999. (Comunicado Técnico nº 1 da OR Melhoramento de Sementes Ltda.).

ROUSSEL, P., **El Ensayo de Panificación en Francia. Alimentacion Equipos y Tecnologia**. 1991 v. 10, n. 1, p. 189-195.

SALDÍVAR, S.; OTHÓN, S. R. Cereal grains: properties, processing, and nutritional attributes. In:____. **Chemical composition of cereal grains**. Monterrey: CRC Press, 2010, p. 81-108.

SANTOS, Leandro S. **Perfil protéico e qualidade de panificação em linhagens de trigo desenvolvidas para a região do cerrado brasileiro**. 2008. 65 f. (Tese Mestrado em Ciencia e Tecnologia em Alimentos) – Universidade Federal de Vicosa, Minas Gerais, 2008.

SASAKI, T.; MATSUKI, J. Effect of wheat starch structure on swelling power. **Cereal Chemistry**, v. 75, n. 4, p. 525-529, 1998.

SCHEUER, P. M. FRANCISCO, A.; MIRANDA, M. Z.; LIMBERGER, V. M. Review trigo: características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 213-224, 2011.

SCHOCH, T.J. **Determination of amylose content**. In: Whistler, R. L. (Ed.), **Methods in 505 carbohydrate chemistry**. Academic Press, New York, pp. 106. 1964.

SCHMIDT, D. A. M.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, J. A. G.; BERTAN, I.; VALÉRIO, I. P.; HARTWIG, I.; MSILVEIRA, G.; GUTKOSKI, L. C. Variabilidade genética em trigos brasileiros a partir de caracteres componentes da qualidade industrial e produção de grãos. **Bragantia**, v. 68, n. 1, p. 43-52, 2009.

SCHMIDT, D. A. M.; SILVA, J. G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A.; BERTAN, I.; HARTWIG, I.; VALÉRIO, I.; RIBEIRO, G.; FINATTO, T.; BUSATO, C.; SILVEIRA, G.; FONSECA, D. Correlações entre gluteninas de alto peso molecular e técnicas que avaliam a qualidade de panificação em trigos hexaplóides (*Triticum aestivum*). In: XIV Congresso de Iniciação Científica, Pelotas, 2005.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos proteicos**. São Paulo: Varela, 1996. p. 184-193.

SHELTO N. D.R., D'APPOLONIA, B.L. Carbohydrate functionality in the baking process. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v.30, n.7, p.437-442, 1985.

SHEWRY, P. R. Wheat. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 6, p. 1537-1553, 2009.

SHEWRY, P. R.; AND TATHAM, A. S. The prolamin storage proteins of cereal seeds: Structure and evolution. **Biochemical Journal**, v. 267, p.1-12, 1990.

SHEWRY, P. R.; HALFORD, N. G.; TATHAM, A. S.; POPINEAU, Y.; LAFIANDRA, D.; BELTON, P. S. The high molecular weight subunits of wheat glutenin and their role in determining wheat processing properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.45, p.219-302, 2003.

SHEWRY, P. R.; TATHAM, A. S.; HALFORD, N. G. **The prolamins of the Triticeae**. In: Seed Proteins. SHEWRY, P. R.; CASEY, R. eds. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands, 1999.

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

SINGH, A.; SINGH, S.; ISONOB, N.; NODAC, T.; SINGH, A. M. Diversity in amylopectin structure, thermal and pasting properties of starches from wheat varieties/lines. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 45, p. 298–304, 2009.

SINGH, N. K.; SHEPHERD, K. W.; CORNISH, G. B. A Simplified SDS-PAGE Procedure for Separating LMW Subunits of Glutenin. **Journal of Cereal Science**, v. 14, p. 203-208, 1991.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L. SINGH, N. S.; SINGH, B. G. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81, n. 2, p. 219-231, 2003.

SINGH, S.; SINGH, N.; ISONO, N.; NODA, T. Relationship of Granule Size Distribution and amylopectin structure with pasting, thermal, and retrogradation properties in wheat starch. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 1180–1188, 2010.

SMANHOTTO, A.; NÓBREGA, L. H. P.; OPAZO, M. A. U.; PRIOR, M. Características físicas e fisiológicas na qualidade industrial de cultivares e linhagens de trigo e triticale. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.10, n.4, p.867-872, 2006.

SMITH, A. R.; CARUSO, T. E. Determination of phosphorous content. In: WHISTLER, R. L. **Methods in Carbohydrate Chemistry**; Starch. New York: Academic Press. 1964. v. 4; p. 43-47.

SMITH, A.M., DENYER, K., MARTIN, C. The synthesis of the starch granule. **Plant Physiology**, v. 48, p. 67-87, 1997.

STATSOFT, 2007. STATISTICA (data analysis software system). version 6. Disponível em: 511 <www.statsoft.com>. Acesso em: março de 2011.

SWANSTON, J. S., SMITH, P. L.; AGU, R. C.; BROSNAN, J.M; BRINGHURST, T. A.; JACK, F. R. Variation, across environments within the UK, in grain protein and grain hardness, in wheat varieties of differing distilling quality. **Field Crops Research**, v. 127, p. 146-152, 2012.

TAKEDA, Y.; HIZUKURI, S. Structures of rices amylopectins with low and high affinities for iodine. **Carbohydrate Research**, v. 37, p.79-88, 1987.

TESTER, R. F. Starch: The polysaccharide fractions. In: FRAZIER, P. J.; RICHMOND, P.; DONALD, A. M. **Starch: Structure and Functionality**. London: Royal Society of Chemistry, 1997. p.163-171.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch—composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal science**, v. 39, p. 151-165, 2004.

TESTER, R. F.; MORRISON, W. R. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. effects of amylopectin, amylose, and lipids. **Cereal Chemistry**, v. 67, n. 6, p. 551-557, 1990.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. A. **Starches: practical for the food industry**. Minnesota: Eagan Press, 1997. 94p.

TRETHOWAN, R. M.; PEÑA, R. J.; VAN GINKEL, M. The effect of indirect tests for grain quality on the grain yield and industrial quality of bread wheat. **Plant Breeding**, v. 120, p. 509-512, 2001.

TROCCOLI, A.; BORRELI, G. M.; VITA, P. D.; FARES, C.; DI FONZO, N. Durum Wheat Quality: A Multidisciplinary Concept. **Journal of Food Science**, v. 32, p. 99-113, 2000.

TURNBULL, K. M.; RAHMAN, S. Endosperm Texture in Wheat. **Journal of Cereal Science**, v. 36, p.327-337, 2002.

UTHAYAKUMARAN, S.; NEWBERRY, M.; KEENTOCK, M.; STODDARD, F. L.; BEKES, F. Basic rheology of bread dough with modified protein content and glutenin to gliadin ratios. **Cereal Chemistry**, v. 77, p. 744-749, 2000.

VANDEPUTTE, G. E.; DELCOUR, J. A. From sucrose to starch granule to starch physical behavior: a focus on rice starch. **Carbohydrate Polymers**, v.58, p.245-266, 2004.

VÁZQUEZ, D.; BERGER, A. G.; CUNIBERTI, M.; BAINOTTI, C.; MIRANDA, M. Z.; SCHEEREN, P. L.; JOBET, C.; ZÚÑIGA, J.; CABRERA, G.; VERGES, R.; PEÑA, R. J. Influence of cultivar and environment on quality of Latin American wheats. **Journal of Cereal Science**, v. 56, p. 196-203, 2012.

VRINTEN, P.; SHIMBATA, T.; YANASE, M.; SUNOHARA, A.; SAITO, M.; INOKUMA, T.; TAKIYA, T.; TAKAHA, T.; NAKAMURA, T. Properties of a novel type of starch found in the double mutant "sweet wheat". **Carbohydrate Polymers**, v. 89, p. 1250-1260, 2012.

WANG, L. H.; ZHAO, X. L.; HE, Z. H.; MA, W.; APPELS, R.; PEÑA, R. J.; XIA, C. Characterization of low-molecular-weight glutenin subunit Glu-B3 genes and development of STS markers in common wheat (*Triticum aestivum* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, DOI 10.1007/s00122-008-0918-9, 2008.

WANG, L. Z.; WHITE P. J. Structure and properties of amylose, amylopectin and intermediate material of oat starches. **Cereal Chemistry**, v. 71, p. 263-268, 1994.

WEEGELS, P. L.; HAMER, R. J.; SCHOFIELD, J. D. Functional Properties of Wheat Glutenin. **Journal of Cereal Science**, v. 23 p. 1-18, 1996.

WHISTLER, R. L.; BeMILLER, J. N. Starch. In _____. **Carbohydrate Chemistry for Food Scientists**. AACC. St Paul: Eagan Press, 1997. p. 117-151.

WICKRAMASINGHE, H. A. M.; MIURA, H.; YAMAUCHI, H.; NODA, T. Comparison of the starch properties of Japanese wheat varieties with those of popular commercial wheat classes from the USA, Canada and Australia. **Food Chemistry**, v. 93, p. 9-15, 2005.

WILLIAMS, P.; EL-HARAMEIN, K. R.; NAKKOUL, H.; RIHAWI, S. **Crop quality evaluation methods and guidelines**. 2 ed.. Aleppo, Syria: ICARDA, 1988. 145p.

WONG, K.S.; JANE, J. Effects of pushing agents on the separation and detection of debranched amylopectin by high-performance anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection. **Journal of Liquid Chromatography**, v. 18, n. 1, p.63-80, 1995.

WURZBURG, O. B. Modified starch: properties and uses. Boca Raton: CRS Press, 1986 277p. apud FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S.Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas: Propriedades Gerais do Amido. Campinas, Fundação Cargill, 2001. v.1. 224p.

XAO, Z. S.; PARK, S. H.; CHUNG, K.; CALEY, M. S.; SEIB, P. A. Solvent retention capacity values in relation to hard winter wheat and flour properties and straight-dough breadmaking quality. **Cereal Chemistry**, v. 83, n. 5, p. 465-471, 2006.

YONEMOTO, P. G.; CALORI-DOMINGUES, M. A.; FRANCO, C. M. L. Efeito do tamanho dos grânulos nas características estruturais e físico-químicas do amido de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 761-771, 2007.

YU, L.; CHRISTIE, G. Measurement of starch thermal transitions using differential scanning calorimetry. **Carbohydrate Polymers**, v. 46, p. 179-184, 2001.

YU, L.; ZHOU, K. Antioxidant properties of bran extracts from 'Platte' wheat grown at different locations. **Food Chemistry**, v. 90, n. 1-2, p. 311-316, 2004.

YUAN, R. C.; THOMPSON, D. B.; BOYER, C. D. Fine structure of amylopectin in relation to gelatinization and retrogradation behavior of maize starches from three wx-containing genotypes in two inbred lines. **Cereal Chemistry**, v. 70, p. 81-89, 1993.

ZANATTA, A. C. A.; SILVA, S. D. A.; MILANI, W.; LUZA, J.; ARENDT, P. Uso de marcadores protéicos na seleção de trigo (*Triticum aestivum* L. em. Thell.) com qualidade tecnológica superior na Embrapa Trigo. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 85). Disponível: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co85.htm>. Acesso: jan./2012.

ZHENG, W.; PENG, Y.; MA, J.; APPELS, R.; SUN, D.; MA, W. High frequency of abnormal high molecular weight glutenin alleles in Chinese wheat landraces of the Yangtze-River region. **Journal of Cereal Science**, v. 54, p. 401-408, 2011.