

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

P

P

E

Q



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ESTUDO DO PERFIL PROTEÍCO E QUALIDADE DE
PANIFICAÇÃO EM FARINHAS DE TRIGO ARGENTINO
DAS REGIÕES DE NECOCHEA E UP RIVER**

Aluno: Mônica Cecília Ferreira Praxedes da Silva

Orientador: Prof. Dr. Nelson Medeiros de Lima Filho

Co Orientador: Profa. Dra. Maria Elizabeth Cavalcante Chaves

PPEQ - Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Química

Cidade Universitária- Recife – PE

CEP. 50640-901

Telefax: 0-xx-81- 21267289

Recife/PE

Janeiro/2012

MÔNICA CECÍLIA FERREIRA PRAXEDES DA SILVA

**ESTUDO DO PERFIL PROTEÍCO E QUALIDADE DE PANIFICAÇÃO EM
FARINHAS DE TRIGO ARGENTINO DAS REGIÕES DE NECOCHEA E UP
RIVER**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Química da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em Engenharia
Química.

Área de concentração: Processos Industriais
Orientadores: Prof. Dr. Nelson Medeiros de
Lima Filho
Profa. Dra. Maria Elizabeth
Cavalcante Chaves

Recife
2012

Catálogo na fonte

Rosineide Mesquita Gonçalves da Luz – CRB-4/1361 (BCTG/UFPE)

- S586e Silva, Mônica Cecília Ferreira Praxedes da.
Estudo do perfil proteico e qualidade de panificação em farinhas de trigo argentino das regiões de Necochea e Up River / Mônica Cecília Ferreira Praxedes da Silva – Recife: O Autor, 2012.
85 f., il., figs., gráfs., tabs.
- Orientador: Prof. Dr. Nelson Medeiros de Lima Filho.
Co-Orientadora: Profa. Dra Maria Elizabeth Cavalcante Chaves
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2012.
Inclui Referências e Anexos.
1. Engenharia Química. 2. Trigo Argentino. 3. Perfil Proteico. 4. Análises Físico-Químicas. 5. SE-HPLC. 6. Eletroforese. 7. Regiões de Necochea e Up-River. I. Lima Filho, Nelson Medeiros (Orientador). II. Chaves, Maria Elizabeth Cavalcante (Co-Orientadora). III. Título.

660.2 CDD (22.ed)

UFPE/BCTG-2012 / 111

MÔNICA CECÍLIA FERREIRA PRAXEDES DA SILVA

**ESTUDO DO PERFIL PROTÉICO E QUALIDADE DE PANIFICAÇÃO EM
FARINHAS DE TRIGO ARGENTINO DAS REGIÕES DE NECOCHEA E UP
RIVER**

Área de concentração: Processos Industriais

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 30 de janeiro de 2012 a Banca Examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Nelson Medeiros de Lima Filho
Departamento de Engenharia Química da UFPE

Profa. Dra. Maria Elizabeth Cavalcante Chaves
Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami (LIKA) UFPE

Profa. Dra. Samara Alvachian Cardoso Andrade
Departamento de Engenharia Química da UFPE

Profa. Dra. Margarida Angélica da Silva Vasconcelos
Departamento de Nutrição da UFPE

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu bom DEUS pelas bênçãos recebidas, por estar sempre ao meu lado , me protegendo, me guiando, me dando sabedoria para enfrentar todos os desafios.

Ao meu marido, meus filhos, minha mãe, minhas irmãs por toda a compreensão nos momentos que tive que focar no trabalho e abdicar um pouco do convívio da família.

À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) Departamento de Engenharia Química pelo Programa de Pós Graduação.

Ao professor Nelson Medeiros pela orientação, pela confiança, pela força e apoio durante o mestrado.

Ao professor Cesar Abreu por ter me dado a oportunidade de realização deste mestrado, ter acreditado em mim, me dado força para continuar.

Ao professor João Pedro por ter me indicado para este programa e me mostrado este caminho.

Ao professor Benachour pela confiança e incentivo.

Ao Flávio Garret pela atenção dispensada e por estar sempre pronto para ajudar.

À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) ao Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami (LIKA) pela concessão na realização de análises e pelo apoio.

À professora Elizabeth Chaves por ter abertos as portas do LIKA, pela orientação, pela confiança, pela paciência, pela grande ajuda na realização de análises, fator determinante para a conclusão deste trabalho, serei grata por toda a vida.

Á Kilma Coelho pela grande ajuda, compreensão, dedicação durante as minhas análises cromatográficas, foi muito bom trabalhar com você, aprendi muito.

Á Gabriela pela ajuda na realização da eletroforese.

À equipe do LIKA pela ajuda nos momentos de dúvida ou alguma necessidade.

À Bunge Alimentos pela cessão das amostras em estudo, pela permissão da realização de grande parte das análises, especialmente ao Periotto , Arthur , Jefferson Franca e á equipe do laboratório, Elaine, Sergiane, Luiz, Renata, Micheline, Juliane.

Ao Camilo do Departamento de Nutrição da UPFE pela ajuda.

Ao professor Moacil Souza da Universidade Federal de Viçosa pela atenção dispensada, por ter cedido os padrões de trigo, pela ajuda e esclarecimentos.

À professora Mônica Pirozi e ao Leandro Santos pela atenção dispensada e esclarecimentos.

Á professora Olga Marques pelo incentivo e grande apoio.

Ao meu amigo Hilário pela força, incentivo e ajuda durante todo o programa.

Aos amigos Sávio, Lucilo, Márcia, Jailson e Ricardo pelo convívio, pela força nos momentos de aperto e aos demais amigos e colegas do programa.

Á professora Samara pela grande ajuda e incentivo e professora Angélica por terem-se disponibilizado a participar da banca examinadora.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho e que não foram citados, meus sinceros agradecimentos.

MUITO OBRIGADO.

RESUMO

O trigo é o cereal mais importante para a alimentação humana, pois, é o cereal mais consumido pelo homem na forma de bolos, pães e biscoitos. A produção brasileira de trigo é de aproximadamente 5,6 milhões de toneladas por ano enquanto o consumo é de aproximadamente 10 milhões de toneladas por ano. Para equilibrar esta equação é necessário importar aproximadamente 5 milhões de toneladas por ano, por questões geográficas e fiscais o Brasil é um grande importador de trigo da Argentina. Grande parte do consumo do trigo importado se dá nos estados do nordeste por estar longe das áreas de plantio que ficam na grande maioria no sul do país. No Brasil 50% da venda de farinha de trigo é destinada para o segmento de panificação e por isso o objetivo deste trabalho é estudar o perfil protéico do trigo argentino das regiões de Necochea e Up river por serem os trigos mais consumidos na nossa região. A qualidade tecnológica do trigo para panificação foi avaliada através da realização de análises de físico químicas do grão e das farinhas provenientes desses grãos bem como análise de eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS- PAGE) e análises do conteúdo protéico através da cromatografia líquida de alta performance por exclusão molecular (SE-HPLC). O que define a qualidade para uma farinha destinada á panificação é seu teor de proteínas, especialmente a quantidade e qualidade as proteínas formadoras do glúten que são as gluteninas e as gliadinas que juntas representam em médias 85% das proteínas do trigo. Estas proteínas são responsáveis pelas características viscoelásticas da massa, a glutenina é responsável pela elasticidade e a gliadina pela extensibilidade. Para uma boa performance de panificação é importante um equilíbrio entre estas duas forças, caso não seja possível a farinha terá que ser adicionada de substâncias oxidantes ou redutoras chamados de melhoradores para realizar essa correção. A técnica de SE-HPLC é altamente eficiente na análise da composição protéica e na distribuição molecular das proteínas. Neste método as proteínas são divididas em três classes principais, as gluteninas (proteínas poliméricas) , as gliadinas e as albuminas+globulinas (proteínas monoméricas). A qualidade de panificação foi avaliada através do percentual de proteína polimérica total na proteína (PPT) e na farinha (PPF), percentual de gliadina (PG) e proporção Gli/Glu. A eletroforese foi utilizada para comprovar a presença das proteínas poliméricas de alto peso molecular. As farinhas de trigo de Necochea apresentaram valores superiores de glúten, força de glúten, volume de pão, proteína,

PPT, PPF e maior equilíbrio Gli/Glu. Os parâmetros da análise farinográfica não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. São farinhas estáveis e com TDM alto que indica a sua boa qualidade tecnológica para panificação. De uma maneira os parâmetros de HPLC (% PPT, %PPF e Gli/Glu) apresentaram correlações estatisticamente significativas com os parâmetros alveográficos. As amostras da região de Necochea apresentaram um perfil protéico superior ao das amostras de Up river, no entanto as amostras de ambas regiões apresentaram bom potencial para panificação.

Palavras-Chave: Trigo Argentino, Regiões de NECOCHEA e UP-RIVER, Perfil Protéico, Análise Físico-Químicas, SE-HPLC, Eletroforese.

ABSTRACT

Wheat is the most important cereal crop for the human diet because it is the grain most consumed by humans, in the form of cakes, bread and cookies. Brazilian wheat production is approximately 5.6 million tons per year, whereas consumption is approximately 10 million tons per year. In order to balance that equation we must import about 5 million tons per year. For geographical and tax-related issues, Brazil is a major importer of wheat from Argentina. The northeastern states are responsible for much of the consumption of imported wheat, as these states are far away from planting areas, which are mostly located in the south of the country. In Brazil, 50% of the sales of wheat flour go to the bakery segment. The objective of this project is to study the protein profile of the wheat from the Argentinean regions of Necochea and Up-River, where the most consumed wheat in our region comes from. The technological quality of bread wheat was evaluated by performing analysis of physicochemical properties of grain and flour from these grains, as well as electrophoresis analysis of polyacrylamide gel (SDS-PAGE) and analysis of the protein content through high performance liquid chromatography by molecular exclusion (SE-HPLC). What defines the quality of flour intended for baking is its protein content, especially the amount and quality of gluten-forming proteins called gliadins and glutenins, which together represent on average 85% of wheat proteins. These proteins are responsible for the viscoelastic properties of the dough. The glutenin is responsible for elasticity whereas the gliadin is related to extensibility. For good baking performance, balance between these two forces is important. When that is not possible, reducing or oxidizing substances called boosters will have to be added to the flour to make a correction. The SE-HPLC technique is highly efficient in the analysis of protein composition and molecular distribution of proteins. In this method the proteins are divided into three main classes: the glutenins (polymeric proteins), the gliadins and the albumins + globulins (monomeric proteins). The baking quality was assessed by the percentage of total polymeric protein in the proteins (TPP) and in the flour (PPF), by the percentage of gliadin (PG) and by the ratio Gli / Glu. Electrophoresis was used to confirm the presence of polymeric proteins of high molecular weight. The wheat flour from Necochea presented higher values of gluten, gluten strength, bread volume, protein, TPP, PPF and greater Glu / Gli balance. The parameters of the farinographic analysis showed no statistically significant differences. They are stable flours with high TDM, which indicates their good technological quality for baking. In a way, the HPLC parameters (TPP, PPF and Gli / Glu) showed statistically significant correlations with the alveographic parameters. The samples from the region of Necochea showed a protein profile superior to that of samples from Up-River. However, samples from both regions showed good potential for baking.

Key words : Argentinean Wheat, NECOCHEA and UP RIVER Regions, Protein Profile, Physical and Chemical Analysis, SE-HPLC, Electrophoresis (SDS-PAGE).

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|---|----|
| FIGURA 1 | TRIGO ARGENTINO – REGIÃO TRIGUEIRA E SUB REGIÕES..... | 18 |
| FIGURA 2 | PERFIL DAS GLUTENINAS DE ALTO PESO MOLECULAR..... | 26 |
| FIGURA 3 | LIMPADOR DE GRÃOS LABOFIX 90..... | 29 |
| FIGURA 4 | HOMOGEINIZADOR DE GRÃOS..... | 29 |
| FIGURA 5 | MOINHO EXPERIMENTAL QUADROMAT SENIOR..... | 30 |
| FIGURA 6 | A-GLUTOMATIC B-GLÚTEN ÚMIDO..... | 32 |
| FIGURA 7 | CROMATOGRAMA DO EXTRATO DA PROTEÍNA POLIMÉRICA TOTAL E DA PROTEÍNA MONOMÉRICA | 36 |
| FIGURA 8 | MASSA APRESENTANDO REDE DE GÚTEN DESENVOLVIDA FORMANDO UM VÉU | 44 |
| FIGURA 9 | GLÚTEN E CARACTERÍSTICAS DE SEUS COMPONENTES..... | 45 |
| FIGURA 10 | GEL DE ELETROFORESE EM POLIACRILAMIDA REFERENTE A AMOSTRAS DE FARINHA DE TRIGO 1,2,3 DA REGIÃO DE NECOCHEA E 4,5,6, DE UP RIVER – PROTEÍNAS TOTAIS..... | 56 |
| FIGURA 11 | GEL DE ELETROFORESE EM POLIACRILAMIDA REFERENTE A AMOSTRAS DE FARINHA DE TRIGO 1,2,3 DA REGIÃO DE NECOCHEA E 4,5,6, DE UP RIVER – HMW-GS..... | 57 |
| FIGURA 12 | FOTO DOS PÃES..... | 61 |
| FIGURA 13 | GRÁFICO COM OS RESULTADOS DO TESTE DE PANIFICAÇÃO.... | 62 |
| FIGURA 14 | CORRELAÇÃO DO VOLUME DO PÃO COM O PERCENTUAL DE PROTEÍNA POLIMÉRICA NA PROTEÍNA..... | 65 |
| FIGURA 15 | CORRELAÇÃO DO PERCENTUAL DE PROTEÍNA POLIMÉRICA NA FARINHA COM O W..... | 66 |
| FIGURA 16 | CORRELAÇÃO DO PERCENTUAL DE PROTEÍNA POLIMÉRICA NA FARINHA COM O TDM..... | 67 |
| FIGURA 17 | CORRELAÇÃO DO PERCENTUAL DE GLÚTEN COM O PERCENTUAL DE PROTEÍNA POLIMÉRICA NA PROTEÍNA..... | 68 |
| FIGURA 18 | CORRELAÇÃO DO PERCENTUAL DE GLÚTEN COM O PERCENTUAL DE PROTEÍNA POLIMÉRICA NA FARINHA..... | 69 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------|--|----|
| TABELA 1 | IMPORTAÇÃO DE TRIGO 2011 | 17 |
| TABELA 2 | IMPORTAÇÃO DE TRIGO POR ESTADO 2011..... | 17 |
| TABELA 3 | RELAÇÃO DAS SUBUNIDADES DE GLUTENINAS DE ALTO PESO MOLECULAR | 27 |
| TABELA 4 | AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO TEMPO DE SONICAÇÃO..... | 35 |
| TABELA 5 | FORMULAÇÃO PARA PÃO FRANCÊS | 38 |
| TABELA 6 | ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO TRIGO..... | 41 |
| TABELA 7 | ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA | 46 |
| TABELA 8 | ALVEOGRAFIA | 50 |
| TABELA 9 | FARINOGRAFIA | 52 |
| TABELA 10 | EXTENSOGRAFIA | 55 |
| TABELA 11 | RESULTADOS OBTIDOS PELA CARACTERIZAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE HMW-GS POR SDS-PAGE E ESCORE DE PANIFICAÇÃO ACUMULADO PARA CADA AMOSTRA..... | 58 |
| TABELA 12 | COMPOSIÇÃO DAS PROTEÍNAS DA FARINHA POR SE-HPLC | 59 |
| TABELA 13 | MATRIZ DE CORRELAÇÃO PARA OS PARÂMETROS DE COMPOSIÇÃO PROTEICA E VOLUME DO PÃO PARA AS FARINHAS DE TRIGO NECOCHEA..... | 63 |
| TABELA 14 | MATRIZ DE CORRELAÇÃO PARA OS PARÂMETROS DE COMPOSIÇÃO PROTEICA E VOLUME DO PÃO PARA AS FARINHAS DE TRIGO UP RIVER..... | 64 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|---|
| LMW-GS | SUBUNIDADES DE GLUTENINAS DE BAIXO PESO MOLECULAR.. |
| HMW-GS | SUBUNIDADES DE GLUTENINAS DE ALTO PESO MOLECULAR.. |
| SDS-PAGE | ELETROFORESE EM GEL DE POLIACRILAMIDA E DUODECIL SULFATO DE SÓDIO..... |
| SDS | DUODECIL SULFATO DE SÓDIO..... |
| A-PAGE | ELETROFORESE EM GEL DE POLIACRILAMIDA E ÁCIDO LÁTICO..... |
| SE-HPLC | CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA RESOLUÇÃO POR EXCLUSÃO MOLECULAR..... |
| PF | PROTEÍNA NA FARINHA..... |
| PPT | PERCENTUAL DE PROTEÍNA POLIMÉRICA TOTAL NA PROTEÍNA..... |
| PPP | PERCENTUAL DE PROTEÍNA POLIMÉRICA..... |
| PPF | PERCENTUAL DE PROTEÍNA POLIMÉRICA TOTAL NA FARINHA. |
| PG | PERCENTUAL DE GLIADINA..... |
| PPE | PERCENTUAL DE PROTEÍNA POLIMÉRICA EXTRAÍVEL..... |
| UPP | PERCENTUAL DE PROTEÍNA POLIMÉRICA NÃO EXTRAÍVEL..... |
| GLI/GLU | RAZÃO GLIADINA/ GLUTENINA..... |
| GLU/GLI | RAZÃO GLUTENINA. / GLIADINA..... |
| UP RIVER | REGIÃO NORTE ACIMA DO RIO..... |
| Da | DALTON..... |
| KDa | KILO DALTON..... |
| MWD | DISTRIBUIÇÃO DE PESOS MOLECULARES |
| ABITRIGO | ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO TRIGO..... |
| FAEP | FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO ESTADO DO PARANÁ..... |
| TN | TRIGO NECOCHEA..... |
| TUP | TRIGO UP RIVER..... |
| FN | FARINHA DE TRIGO DE NECOCHEA..... |
| FUP | FARINHA DE TRIGO DE UP RIVER..... |
| AACC | AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS..... |
| AOAC | AMERICAN OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS..... |
| ICC | INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR CEREAL CHEMISTRY |

| | |
|--------|--|
| TFA | ÁCIDO TRIFLUORACÉTICO..... |
| NaCl | CLORETO DE SÓDIO..... |
| RPM | ROTAÇÕES POR MINUTO..... |
| UB | UNIDADES BRABENDER..... |
| GU | PERCENTUAL DE GLUTEN..... |
| Prot | PERCENTUAL DE PROTEÍNA..... |
| Extens | EXTENSIBILIDADE..... |
| VP | VOLUME DO PÃO..... |
| BSA | ALBUMINA DE SORO BOVINO..... |
| TDM | TEMPO DE DESENVOLVIMENTO DA MASSA..... |
| ITM | ÍNDICE DE TOLERÂNCIA Á MISTURA..... |
| Ie | ÍNDICE DE ELASTICIDADE..... |
| G | ÍNDICE DE INTUMESCIMENTO..... |
| PH | PESO HECTOLÍTRICO..... |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|-----|-------------------------------|
| % | PERCENTUAL..... |
| Ph | POTENCIAL HIDROGENIÔNICO..... |
| Nm | NANÔMETRO..... |
| ml | MILILÍTRO..... |
| Min | MINUTO..... |
| M | MOLAR..... |
| µm | MICRON |
| µl | MICROLITRO |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 16 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO | 20 |
| 2.1 | PROTEÍNAS DO TRIGO | 21 |
| 2.1.1 | Proteínas monoméricas | 21 |
| 2.1.2 | Proteínas poliméricas | 22 |
| 2.1.3 | Proteínas de reserva do trigo | 22 |
| 2.1.4 | Técnicas de análise | 23 |
| 3 | MATERIAIS E MÉTODOS | 28 |
| 3.1 | MATERIAIS..... | 28 |
| 3.2 | MÉTODOS..... | 28 |
| 3.2.1 | Coleta das amostras..... | 28 |
| 3.2.2 | Limpeza e preparação do grão..... | 28 |
| 3.2.3 | Moagem do grão | 30 |
| 3.2.3.1 | Moagem experimental | 30 |
| 3.2.4 | Análises físico-químicas do trigo | 31 |
| 3.2.4.1 | Umidade | 31 |
| 3.2.4.2 | Cinzas | 31 |
| 3.2.4.3 | Peso Hectolítrico | 31 |
| 3.2.4.4 | Peso de mil grãos | 31 |
| 3.2.4.5 | Dureza dos grãos | 32 |
| 3.2.4.6 | Glúten úmido | 32 |
| 3.2.4.7 | Falling Number | 33 |
| 3.2.5 | ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA FARINHA | 33 |
| 3.2.5.1 | Umidade | 33 |
| 3.2.5.2 | Cinzas | 33 |
| 3.2.5.3 | Glúten úmido | 33 |
| 3.2.5.4 | Proteína | 33 |
| 3.2.5.5 | Falling Number | 33 |
| 3.2.5.6 | Alveografia | 33 |
| 3.2.5.7 | Farinografia | 34 |
| 3.2.5.8 | Extensografia | 34 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.2.6 | Proteínas poliméricas e monoméricas por SE-HPLC..... | 34 |
| 3.2.6.1 | Extração da proteína polimérica total | 34 |
| 3.2.6.2 | Avaliação dos cromatogramas..... | 35 |
| 3.2.7 | Eletroforese..... | 36 |
| 3.2.8 | Teste de panificação | 37 |
| 3.2.8.1 | Aparelhagem para fabricação..... | 38 |
| 3.2.8.2 | Metodologia de preparação..... | 38 |
| 3.2.9 | Análise sensorial | 40 |
| 3.2.10 | Tratamento estatístico | 40 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 40 |
| 4.1 | TRIGO EM GRÃO – ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA..... | 40 |
| 4.1.1 | Umidade | 41 |
| 4.1.2 | Cinzas | 42 |
| 4.1.3 | Peso Hectolítrico | 42 |
| 4.1.4 | Peso de mil grãos | 43 |
| 4.1.5 | Dureza dos grãos | 43 |
| 4.1.6 | Glúten úmido | 43 |
| 4.1.7 | Falling Number..... | 45 |
| 4.2 | FARINHA DE TRIGO - ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA..... | 46 |
| 4.2.1 | Umidade | 47 |
| 4.2.2 | Cinzas | 47 |
| 4.2.3 | Proteína | 48 |
| 4.2.4 | Glúten úmido..... | 48 |
| 4.2.5 | Falling Number | 49 |
| 4.3 | FARINHA DE TRIGO - ANÁLISE REOLÓGICA | 49 |
| 4.3.1 | Alveografia..... | 49 |
| 4.3.2 | Farinografia | 52 |
| 4.3.3 | Extensografia | 54 |
| 4.4 | PERFIL ELETROFORÉTICO DAS FARINHAS | 56 |
| 4.5 | COMPOSIÇÃO DAS PROTEÍNAS DAS FARINHAS POR HPLC | 58 |
| 4.6 | PANIFICAÇÃO EXPERIMENTAL E ANÁLISE SENSORIAL..... | 60 |
| 4.7 | CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS ANALISADOS..... | 63 |
| 5 | CONCLUSÕES | 72 |

| | |
|--|-----------|
| REFERÊNCIAS | 73 |
| ANEXO - FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS | 84 |
| DE PANIFICAÇÃO..... | |

1 INTRODUÇÃO

Os cereais são considerados importantes culturas para a alimentação humana, destacando-se dentre eles: o trigo, o arroz, o milho, o centeio, a cevada, a aveia e o triticale. A composição química dos grãos de cereais varia amplamente, dependendo das condições ambientais e do genótipo. Essas variações se verificam, principalmente, nos conteúdos de proteínas, carboidratos, lipídeos, matéria mineral e vitaminas.

O cereal que possui maior quantidade de proteína é o trigo, que 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. Na qual 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, (ATWELL, 2001; MCKEVITH, 2004).

No Egito, registros encontrados em tumbas, na forma de hieróglifos, indicam que essa sociedade já cultivava trigo desde 5.000 anos atrás. Os chineses apresentam registros do cultivo de trigo desde 2700 a.C.. No Brasil, o cultivo do trigo iniciou-se praticamente com a chegada dos portugueses (1534) e a expansão comercial só ocorreu a partir de 1940, no sul do país (ATWELL, 2001; ROSSI; NEVES, 2004).

Atualmente, o trigo é cultivado em todo o mundo, exceto nas regiões de clima tropical quente. É bem adaptado às condições climáticas que prevalecem nas regiões de clima temperado.

O trigo como matéria-prima pode ser considerado como responsável pela qualidade da sua farinha, considerando-se a diversidade das variedades de grãos existentes, bem como as condições de clima e solo de cada região. O trigo possui importante papel no aspecto econômico e nutricional da alimentação humana, pois a sua farinha é largamente utilizada na indústria alimentícia (FERREIRA, 2003; GIEKO; DUBKOVSKY; CAMARGO, 2004).

O Trigo Argentino constitui importante alternativa para abastecimento dos Moinhos do Nordeste Brasileiro.

Boletim 1163 do SECOM divulgado em 2011 aponta que a produção nacional de 2010/2011 foi de 5,6 milhões contra 5,02 milhões de toneladas na safra anterior, enquanto que o consumo tem se mantido na casa das 10 milhões de toneladas. O que não é produzido em solo nacional é importado principalmente da Argentina e outros países, conforme mostra a Tabela 1. Na Tabela 2 podemos ver a importação de trigo por Estado.

Tabela 1- Importações de trigo 2011: principais origens por quantidade exportada. Fonte ABITRIGO (2011)

| PAÍSES | TONELADAS | % |
|-----------|--------------|--------|
| Argentina | 4.175.157,22 | 79,74 |
| EUA | 85.248,33 | 1,63 |
| Paraguai | 310.890,81 | 5,94 |
| Canadá | 39.487,89 | 0,75 |
| Uruguai | 625.270,16 | 11,94 |
| Outros | 22,21 | 0,00 |
| Total | 5.236.077,22 | 100,00 |

Tabela 2- Importação de trigo 2011 por Estado. Fonte ABITRIGO(2011)

| ESTADO | SIGLA | TONELADAS | % |
|---------------------|-------|--------------|-------|
| São Paulo | SP | 1.165.305,28 | 22,26 |
| Ceará | CE | 708.792,06 | 13,54 |
| Bahia | BA | 495.155,20 | 9,46 |
| Pernambuco | PE | 472.287,69 | 9,02 |
| Rio Grande do Sul | RS | 371.031,69 | 7,09 |
| Rio de Janeiro | RJ | 458.820,72 | 8,76 |
| Paraná | PR | 290.278,20 | 5,54 |
| Minas Gerais | MG | 238.377,06 | 4,55 |
| Pará | PA | 181.123,59 | 3,46 |
| Paraíba | PB | 171.630,16 | 3,28 |
| Santa Catarina | SC | 108.007,83 | 2,06 |
| Sergipe | SE | 137.268,80 | 2,62 |
| Rio Grande do Norte | RN | 100.458,65 | 1,92 |
| Espírito Santo | ES | 90.101,45 | 1,72 |
| Maranhão | MA | 87.692,00 | 1,67 |
| Alagoas | AL | 69.321,58 | 1,32 |
| Amazonas | AM | 49.936,07 | 0,95 |

| | | | |
|--------------------|----|---------------------|---------------|
| Mato Grosso do Sul | MS | 38.840,20 | 0,74 |
| Mato Grosso | MT | 1.650,00 | 0,03 |
| Total | | 5.236.077,22 | 100,00 |

Segundo a Embrapa, 90% do trigo brasileiro é produzido na região Sul do País. São os Estados do Sul os principais responsáveis por equilibrar a nossa balança. O Paraná é o líder, com média de 3 milhões de toneladas ao ano metade do que é produzido no País.

Apesar de ser líder brasileiro na produção de trigo, o cereal plantado no Paraná não consegue oferecer preços melhores do que a Argentina. Segundo o economista da FAEP, Pedro Loyola, até para os Estados do Nordeste sai mais em conta importar trigo argentino, Figura 1, do que comprar o paranaense. Segundo Loyola, "É mais barato embarcar um navio em Rosário (Argentina) e mandar para o Nordeste do que embarcar no Paraná ou mandar por outro meio daqui (Portal do Agronegócio 12/07/2010). "

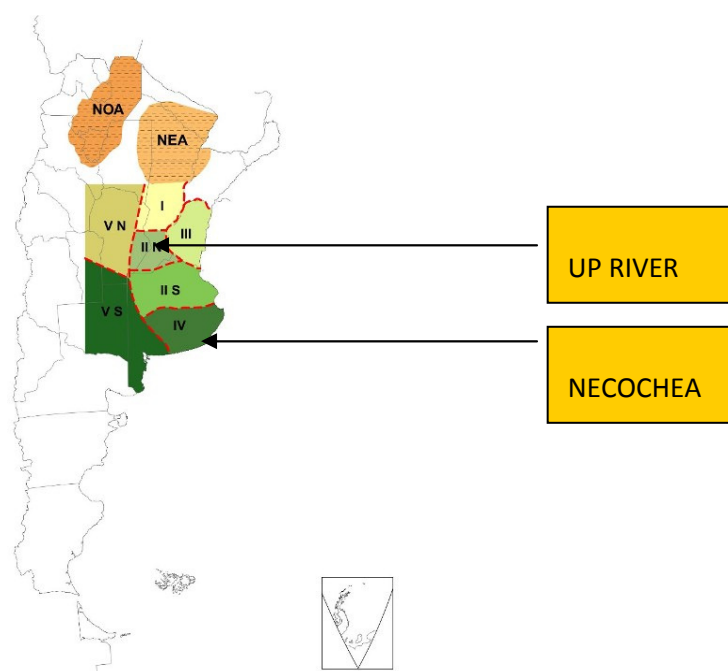


Figura 1 - Trigo Argentino – Região trigueira e Sub Regiões

O trigo é utilizado na forma de farinha que é transformada principalmente em bolos, pães e biscoitos. A interpretação da qualidade do trigo depende do segmento de destino e pode ser avaliada através de diversas formas, tais como análises de composição centesimal, análises reológicas, eletroforese em gel de poliacríamida (SDS-

PAGE), cromatografia líquida de alta resolução por exclusão molecular (SE-HPLC) e testes de panificação.

A qualidade da farinha destinada à panificação é um tema muito importante visto que 55% da farinha vendida no Brasil (ABITRIGO, 2011) é para o segmento de panificação. O que define a qualidade de uma farinha para panificação é seu teor de proteínas, especialmente a quantidade e qualidade do glúten. Nos laboratórios de controle da qualidade das indústrias moageiras e de transformação da farinha de trigo existem vários equipamentos para análise destes parâmetros, mas não são comuns os testes de eletroforese e de cromatografia líquida de alta resolução.

No presente trabalho de pesquisa foi avaliado a qualidade tecnológica para panificação do trigo ARGENTINO em função de ser o trigo de maior importação do Brasil e mais consumido no nordeste brasileiro. Foram estudadas 15 amostras de grãos das regiões de NECOCHEA e UP RIVER e de suas respectivas farinhas. Os testes foram realizados em escala experimental com potencial para estimar acuradamente a qualidade tecnológica deste trigo. As amostras foram estudadas quanto a parâmetros físico-químicos de cinzas, proteína, glúten úmido, falling number, extensografia, farinografia e alveografia. Foi determinada a distribuição de peso molecular das proteínas por (SE-HPLC) determinando o percentual de proteínas poliméricas totais na proteína (PPT), proteínas poliméricas totais na farinha (PPF) e **eletroforese** (SDS-PAGE) identificando as subunidades de glutenina. Foi preparado pão francês e realizado análise sensorial para comprovar o potencial de panificação das farinhas em estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO

A qualidade do grão de trigo pode ser definida como resultado da interação que a cultura sofre no campo, as condições do solo, clima, incidência de pragas e moléstias, manejo da cultura, cultivar, bem como das operações de colheita, secagem, armazenamento, moagem e das características genéticas (POMERANZ, 1987). No Brasil existe cultivares de trigo adaptadas e com alta força de glúten, as quais são denominadas de melhoradores (BRASIL, 2001). As avaliações físicas, reológicas e

funcionais dos trigos são de vital importância para a indústria de panificação, pois permite definir a proporção a ser utilizada nas mesclas de trigos e de farinhas (RAO & RAO, 1993), pois, caso um determinado trigo não atinja a qualidade desejada ele pode ser mesclado com outro de melhor qualidade, neste contexto há necessidade da avaliação das proteínas do trigo.

2.1 PROTEÍNAS DO TRIGO

O trigo é o único cereal que possuiu proteínas com capacidade para formar massa, esta capacidade está relacionada à formação do glúten que tem um papel extremamente importante na qualidade tecnológica do trigo (MACRITCHIE, 1992; SHEWRY e TATHAM, 1997; GIANIBELLI *et al*, 2001).

As proteínas do trigo são divididas em dois grupos, um deles formado pelas albuminas e globulinas, representando 15% das proteínas totais e outro formado pela gliadina e glutenina completando os 85% restantes, responsáveis pela formação do glúten. As proteínas do glúten podem ser visualizadas por meio de eletroforese, sendo constituídas por amplo espectro de peso molecular. Essas proteínas são classificadas em dois grupos: as gluteninas (alto e baixo peso molecular), responsáveis pela elasticidade, e as gliadinas, responsáveis pelas características de viscosidade (BIETZ e HUEBENDER, 1980; WIESER *et al*, 1994). Cada proteína é produto de, pelo menos, um gene, sem haver modificações pós-traducionais, excetuando-se a formação de pontes de dissulfeto (CALDEIRA *et al.*, 2000).

O fracionamento das proteínas do trigo é possível através da adição de uma solução salina à farinha. O extrato solúvel desta solução contém 60% de albuminas solúveis em água e 40% de globulinas solúveis em solução salina. O tratamento do resíduo obtido após separação das albuminas e globulinas com etanol permite a separação da gliadina, solúvel em solução alcoólica e da glutenina, insolúvel. A gliadina e a glutenina são ricas em asparagina, prolina e aminoácidos sulfurados. A gliadina é caracterizada pela alta extensibilidade (coesividade) e baixa elasticidade. Já a glutenina apresenta baixa extensibilidade e alta elasticidade.

Durante o processo de panificação, as proteínas do glúten são responsáveis, entre os componentes da farinha de trigo, pela formação de uma rede viscoelástica a qual, ao

sustentar o gás produzido pela fermentação, dá forma ao pão. Essas proteínas de reserva estão presentes no endosperma da semente e são as principais responsáveis pela qualidade de panificação.

As proteínas podem ser classificadas de acordo com a sua solubilidade (OSBORNE, 1907) e com sua estrutura molecular (KREIS e SHERAY *et al.*, 1985).

Quanto á solubilidade segundo o estudo de OSBORNE (1907) as proteínas dos grãos de cereais podem ser classificadas nos seguintes grupos: albuminas (solúveis em água e tampões diluídos), globulinas (não solúveis em água e solúveis em solução salina diluída), prolaminas (solúveis em solução de álcool etílico 70 a 90%) e gluteninas (solúveis em ácidos ou bases diluídas).

Quanto à estrutura molecular, é possível dividir as proteínas do trigo em dois principais grupos: Proteínas monoméricas e poliméricas (MACRITCHIE e LAFIANDRA, 1997).

2.1.1 PROTEÍNAS MONOMÉRICAS

As proteínas monoméricas são as que apresentam cadeias com ligações simples ou as que apresentam apenas ligações dissulfídicas intramoleculares. No trigo encontramos as albuminas, globulinas e as gliadinas.

As albuminas e globulinas apresentam baixo peso molecular, sendo na sua maioria enzimas. Sua massa molecular é inferior á das gliadinas (<30000 Da). Além de apresentarem baixa quantidade de ácido glutâmico e alta lisina, diferente do glúten (MACRITCHIE e LAFIANDRA, 1997; GIANIBELLI *et al.*, 2001).

As gliadinas são prolaminas monoméricas que apresentam massa molecular variando de 30000 a 80000 Da. Geralmente são correlacionadas às características de viscosidade e extensibilidade do glúten. Alguns autores associam algumas gliadinas específicas com qualidade de panificação. Estas proteínas não devem ter um efeito direto na qualidade do trigo em termos de força de massa (GIANIBELLI *et al.*, 2001).

2.1.2 PROTEÍNAS POLIMÉRICAS

As proteínas poliméricas são as que apresentam ligações dissulfídicas intramoleculares e intermoleculares, formando desta forma cadeias compostas por subunidades. Podemos considerar três grandes grupos, albuminas de alta massa molecular, tritricinas e glutenina.

As tritricinas, são consideradas globulinas de massa molecular variando de 22000 Da a 58000 Da, foram bastante estudadas por Singh *et al.* (1991).

As gluteninas são proteínas poliméricas de alta massa molecular variando de 100000 Da a milhões de KDa. São compostas por dois grupos distintos de subunidades, os de baixa massa molecular (LMW-GS) variando de 40000 Da a 50000 Da, representam 60% do total de gluteninas presentes no endosperma do trigo e os de alta massa molecular (HMW-GS) variando de 95000 Da a 140000 Da, que embora se apresentem em menor quantidade são primordiais no processo de panificação, por ser o principal fator determinante da elasticidade do glúten (TATHAM *et al.* 1985a)

2.1.3 PROTEÍNAS DE RESERVA DO TRIGO

Estas proteínas são a reserva que o embrião da nova planta a ser gerada utilizará durante o processo de germinação e a fase inicial de crescimento antes da fotossíntese estar totalmente estabelecida (D'OVIDIO e MASCI, 2004). Elas são formadas durante o desenvolvimento da planta e acumulam-se no endosperma do grão.

As propriedades viscoelásticas da massa do trigo resultantes da estrutura e interações das proteínas do glúten (SHEWRY e TATHAM, 1999) são extremamente importantes para mensurar a qualidade da panificação e determinar qual deverá ser o uso final. Para panificação e massas alimentícias é necessário um glúten mais elástico e mais forte, enquanto que para bolos e biscoitos é indicado um glúten menos elástico e mais fraco (DOBRA SZCZYK e MORGENSTERN, 2003). A expressão "força de glúten" é utilizada para designar à capacidade mínima ou máxima de uma farinha, quando submetida ao trabalho mecânico de mistura com água, bem como sua

associação à maior ou menor capacidade de absorção de água pelas proteínas formadoras de glúten, que combinadas à capacidade de retenção do gás carbônico resulta em um pão de volume aceitável, textura interna sedosa e de granulometria aberta (TIPPLES, 1982).

Gupta et al., (1992) estudaram a relação entre a composição das proteínas e as propriedades funcionais da farinha de trigo e concluíram que o aumento no percentual de proteína na farinha não resultou numa variação sistemática na proporção de glutenina, gerou acréscimo na proporção de gliadina e decréscimo nas proporções de albumina e glutenina. A distribuição de pesos moleculares (MWD) de proteínas de trigo pode ser caracterizada a partir da relação de dois grupos principais, as proteínas monoméricas e poliméricas. As frações poliméricas podem ser separadas em dois grupos de acordo com a solubilidade em tampão fosfato de sódio SDS: a fração extraível (PPE) e não extraível (UPP). MACRITCHIE e LAFIANDRA, (1997), WEEGELS, (1996), encontraram boa correlação para a UPP (em geral acima de 0,60) com a força da massa e volume do pão.

A quantidade e a distribuição de pesos moleculares de proteínas de reserva de trigo e a variação quantitativa e qualitativa de polímeros de glutenina tem sido correlacionados com diferentes parâmetros de qualidade avaliados por testes tecnológicos e de panificação (MACRITCHIE, 1992; PAYNE *et al.*, 1987).

2.1.4 TÉCNICAS DE ANÁLISE

A qualidade da farinha de trigo está fortemente relacionada com a qualidade dos grãos que a originou e com as condições de processo a que foi submetida durante a moagem dos grãos. É definida por várias características que podem ter diversos significados dependendo da finalidade a que se destina. Estas características dependem da qualidade e da quantidade das proteínas do grão. Em função da grande diversidade de farinhas de trigo são necessárias as realizações de vários testes para determinar características químicas, enzimáticas e físicas / reológicas.

Muitas informações sobre aspectos bioquímicos e genéticos de proteínas de reserva têm sido extensivamente estudados por meio da eletroforese e de cromatografia (MACRITCHIE e LAFIANDRA, 1997).

A técnica SE-HPLC (cromatografia líquida de exclusão molecular) é altamente eficiente na análise da composição protéica, sendo usada em vários setores de pesquisa e indústrias de processamento de trigo. A SE-HPLC tem inicialmente um custo alto que pode ser diluído com a maximização de seu uso, tem alta precisão de resposta com a utilização de amostras muito pequenas. É uma técnica muito importante na determinação da composição de proteínas que combinada com o ultra som tem sido muito utilizada em estudos dos endospermas dos cereais, em especial do trigo (MACRITHIE, 1999). Neste método as proteínas são divididas em três principais classes de proteínas de endosperma de trigo: as gluteninas (proteína polimérica), as gliadinas e albuminas + globulinas (monoméricas) (BATEY et al., 1991). Esta técnica pode ser utilizada também para analisar a distribuição molecular das proteínas poliméricas (GUPTA et al., 1993). É possível avaliar a qualidade de panificação através dos seguintes parâmetros: percentual de proteínas poliméricas, percentual de gliadinas (PG), proporção glutenina/gliadina (GLU/GLI), proteínas poliméricas da farinha (PPF) e percentual de proteínas poliméricas não extraíveis que são obtidos após as análises. (HUEBNER e WALL 1976; DACHKEVITCH e AUTRAN 1989, MACRITCHIE e LAFIANDRA 1997).

Vários tipos de colunas de SE-HPLC têm sido utilizados para o estudo das proteínas da farinha de trigo. Alguns atributos têm sido indicados para a escolha das colunas SE disponíveis no mercado, como, solubilidade das proteínas, condições de eluição, interação com a coluna suporte, resolução dos picos, tempo de vida da coluna. (HUEBNER e BIETZ, 1985; SINGH *et al.*, 1990; BATEY *et al.*, 1991; CIAFFI *et al.* 1996).

Agentes desnaturantes como SDS causam efeitos negativos sobre suporte à base de sílica, portanto, foram feitas tentativas para remover o SDS a partir da preparação de amostras e tampões de eluição (Batey *et al.*, 1991). A partir da publicação deste trabalho, muitos outros pesquisadores adotaram as condições de eluição hidrofóbicas para SE-HPLC na caracterização de proteínas de trigo para melhorar a resolução de pico (GUPTA *et al.*, 1993; LARROQUE *et al.*, 1997; BIETZ e HUEBNER, 1999). Outros grupos de pesquisa usam condições hidrofílicas (DACHKEVITCH e AUTRAN 1989; CIAFFI *et al.*, 1996). Todos eles concordam sobre a conveniência de usar SDS para a extração de proteínas. Além disso, Batey *et al.*, (1991) recomendou o uso de mais 0,3%

SDS no buffer de extração para evitar os problemas mais tarde no desempenho cromatográfico.

Não existe um sistema de extração que solubilize a proteína total da farinha, mas, o uso de SDS no tampão de extração melhorou a eficiência. Entre todos os tampões testados, a melhor resolução de classes de proteína principal do trigo foi obtido com 0,5% de SDS e fosfato, pH 6,9. A escolha deste tampão ajuda a evitar solubilidade baixa causada pelo uso de outros solventes (RIZZA *et al.*, 2005). Outros tampões deram resolução mais baixa das três principais frações, incluindo acetonitrila e ácido trifluoracético. O tempo de sonicação foi otimizado para maximizar a extração da glutenina sem degradação. O objetivo da sonicação é usar um longo tempo o suficiente para dar o máximo na área do cromatograma, mas não alterar o perfil segundo MacRitchie citado por Rizza *et al.*, 2005. Como a sonicação quebra as maiores moléculas de glutenina, o tempo muito longo de sonicação irá reduzir a altura do primeiro pico e causar um aumento das áreas para aparecer em tempos de eluição mais tarde.

Os sistemas analíticos mais utilizados são a cromatografia líquida de alta resolução (HPLC de exclusão de tamanho) e os sistemas electroforéticos com duodecil sulfato de sódio (SDS) em géis de poliacrilamida (SDS-PAGE). Em 1984 Bietz analisou extratos não reduzidos em SDS de trigos de diferente qualidade de panificação através de SE-HPLC e encontrou uma relação inversa entre a quantidade de glutenina nativa facilmente extraída de HMW-GS e a qualidade da farinha. Mais tarde, Singh *et al.*, (1990) desenvolveram um procedimento para extração completa das proteínas não reduzidas da farinha mediante esforço mecânico. A quantidade relativa de gluteninas, após extração completa das proteínas apresentou boa e significativa correlação com a qualidade de panificação de diversos genótipos de trigo. Vários estudos têm mostrado relações entre o conteúdo de macropolímeros de gluteninas e parâmetros de qualidade (SINGH *et al.*, 1990; GUPTA *et al.*, 1992; WEEGELS *et al.*, 1996; VASIL *et al.*, 2001; RUBIO *et al.*, 2005; PIROZI *et al.*, 2007).

A eletroforese é um método muito importante na análise de proteínas, pode ser utilizado na caracterização de proteínas de reserva de trigo de duas formas: SDS-PAGE e ácido láctico em poliacrilamida (A-PAGE). A SDS-PAGE geralmente é utilizada para separação e caracterização das HMW-GS, enquanto A-PAGE é utilizado principalmente

na identificação de diferentes cultivares. As subunidades de glutenina de alta massa molecular são codificadas por seis genes por sua vez situados dois a dois nos locos Glu1 do braço longo dos cromossomos 1A, 1B,e 1D (locos Glu A1, Glu B1 e Glu D1). Estes locos mostram variação alélica em uma ou duas bandas de proteínas conforme Figura 2

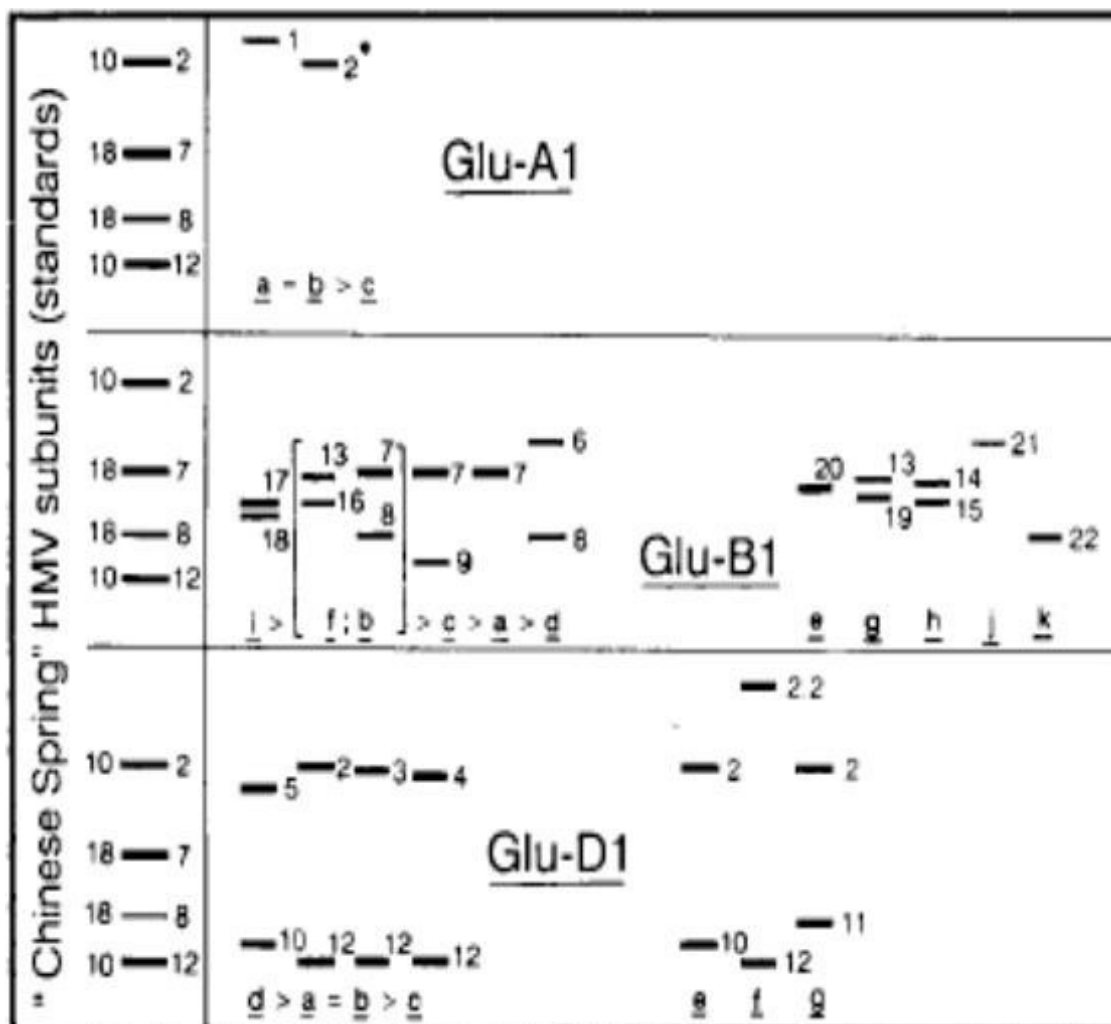


Figura 2- Perfil das gluteninas de alto peso molecular. Fonte: Gianibelli *et al.*, 2001.

Com o objetivo de uma uniformização mundial, Payne e Lawrence (1983) estabeleceram uma nomenclatura para as subunidades de HMW-GS através de uma sequência de números conforme a posição das bandas na análise de SDS – PAGE.

O trigo comum apresenta de 3 a 5 subunidades de HMW-GS. Payne *et al* (1981) mostrou que os alelos responsáveis pela produção das HMW-GS influenciaram na qualidade do glúten, contribuindo para uma melhor ou pior performance de panificação

e que o locus Glu-D1 que pode produzir alternativamente os pares de subunidades 5+10 que estão associados a boa qualidade de panificação e os pares 2+12 associados com qualidade de panificação inferior. Resultado este confirmado por diversos trabalhos (BRANLAND e DARVET (1985), SANTOS (2008), DIAS (2010).

Para encontrar o melhor conjunto para uma cultivar foi desenvolvido um sistema de escores onde cada subunidade recebeu um valor de 1 a 4 , esses valores juntos podem acumular até 10 pontos conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Relação das subunidades de gluteninas de alto peso molecular e respectivos escores para qualidade de panificação

| ESCORE | CROMOSSOMO / GENOMA | | |
|--------|---------------------|-------|------|
| | 1 ^a | 1B | 1D |
| 4 | - | - | 5+10 |
| 3 | 1 | 17+18 | - |
| 3 | 2* | 14+15 | - |
| 3 | - | 13+16 | - |
| 3 | - | 7+8 | - |
| 2 | - | 7+9 | 2+12 |
| 2 | - | - | 3+12 |
| 1 | N | 20 | 4+12 |
| 1 | - | 6+8 | - |
| 1 | - | 7 | - |

Fonte: Zanatta et al., 2002

Sendo assim um , genótipo com presença das bandas 2*, 7+8 e 5+10 obtém uma pontuação igual a 10, que indica um trigo de qualidade superior para panificação, enquanto um genótipo que apresente as bandas, 6+8 e 2+12, somará apenas 4 pontos que indica um trigo com baixa qualidade para panificação (ZANATTA *et al.*, 2002)

O teste de microsedimentação em SDS (MS-SDS) tem sido outro teste muito utilizado para estabelecer a correlação entre subunidades de proteínas e a qualidade da

panificação por ser um método simples, rápido e que utiliza vidrarias e equipamentos facilmente encontrados em laboratório de análises de cereais. É um bom indicador da qualidade da proteína e do potencial tecnológico do trigo, classificando as proteínas pelo volume do sedimento (Índice de Sedimentação) e considera tanto melhor o glúten pelo volume de sedimentação (GERMANI *et al.*, 1994; PIROZI, 1995).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

Os equipamentos, materiais e amostras utilizados no presente trabalho são descritos junto com os seus respectivos métodos.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 COLETA DAS AMOSTRAS

Foram coletadas 30 amostras de grãos de trigo de 6 navios, 3 navios de procedência de NECOCHEA e 3 de procedência de UP-RIVER. As amostras de aproximadamente 15 kg cada uma foram submetidas a uma rigorosa homogeneização para termos uma boa representação da realidade de cada tipo de trigo e agrupadas por navio formando uma amostra mãe de cada navio, foram analisadas em triplicata e foram nomeadas aleatoriamente como TN1, TN2, TN3, TUP1, TUP2, TUP3.

3.2.2 LIMPEZA E PREPARAÇÃO DOS GRÃOS

A limpeza dos grãos consta da remoção de impurezas (matérias estranhas e grãos avariados) foi realizada através de equipamento Limpador de grãos de laboratório Labofix 90 Brabender, mostrado na Figura 3, seguindo a metodologia Brabender OHG, Duisburg, 1990. Operating Instructions for Labofix 90.



Figura 3 – Limpador de Grãos Labofix 90

Após a limpeza os grãos são umidificados até 15% de umidade (base úmida), e devidamente homogeneizados em um misturador de grãos conforme mostrado na Figura 4, após os grãos foram acondicionados em um recipiente fechado permanecendo em descanso por 24 horas para que o mesmo obtenha condições ideais para a moagem, tornando o farelo mais flexível facilitando a sua separação do endosperma.

O acondicionamento do trigo em grãos consiste no tratamento por umidade, ou a combinação de calor e umidade com a finalidade de modificar as características físicas. Os objetivos são: favorecer a separação entre o endosperma e a casca; facilitar o peneiramento na moagem; evitar a moagem excessiva da casca; e facilitar o trabalho mecânico da moagem nos bancos de cilindros, melhorando o aproveitamento de energia (PEREIRA, 2001). A água penetra no grão por toda a superfície da casca e preenche o espaço compreendido entre o gérmen e o endosperma. A quantidade de água absorvida pelo trigo depende da estrutura do grão e de sua umidade inicial.



Figura 4 – Homogeneizador Chopin

3.2.3 MOAGEM DOS GRÃOS

3.2.3.1 Moagem Experimental

Moagem experimental é a moagem das amostras dos grãos de trigo simulando o processo produtivo de um moinho industrial. O equipamento específico é mostrado na Figura 5.



Figura 5 – Moinho Experimental

Quadrumat Senior Brabender.

As amostras foram moídas em um moinho Quadrumat Senior BRABENDER (Brabender OHG, Duisburg, Alemanha) seguindo a metodologia Brabender OHG, Duisburg. (1990). O equipamento é preciso, produzindo uma farinha de alta qualidade. É composto por dois cilindros; um que faz a rotura do trigo, e o outro que faz a redução, por um conjunto de peneiras (*plansifter*) e por um elevador de roscas. O funcionamento do moinho experimental é semelhante a um moinho industrial. Existem quatro saídas na parte inferior das peneiras: duas para a farinha e duas para o farelo. As farinhas são unidas, formando a farinha total que será a base de nosso estudo e denominadas como FN1, FN2, FN3, FUP1, FUP2, FUP3. O rendimento da moagem (extração) foi determinado em função da massa total de grãos após o condicionamento, como segue:

$$\% \text{ de Rendimento} = \frac{\text{Farinha extraída}}{\text{Massa de Grãos}} \times 100 \quad (1)$$

3.2.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO TRIGO

As amostras de trigo foram submetidas às análises de umidade, teor de cinzas, peso hectolítrico, peso de mil grãos, dureza, glúten e falling number.

3.2.4.1 UMIDADE

A umidade foi determinada pelo método N° 110/1 do ICC (1976).

3.2.4.2 CINZAS

As cinzas ou resíduo mineral fixo foi determinado pelo método N° 104/1 do ICC (Revised 1990).

3.2.4.3 PESO HECTOLÍTRICO (PH)

O Peso hectolítrico dos grãos foi determinado pelo método extraído do Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade do Trigo. Instrução Normativa N°. 7, de 15 de Agosto de 2001. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Representa a massa de 100 litros expressa em quilogramas é fortemente utilizado como parâmetro de comercialização e expressa indiretamente a qualidade do grão. Quanto maior o valor do PH maior a aceitação e valorização do produto (MAZZUCO *et al.*, 2002).

3.2.4.4 PESO DE MIL GRÃOS

O peso de mil grãos foi determinado pelo método descrito em Brasil, (1992). Consta da contagem manual de 100 grãos separados aleatoriamente da massa de grãos e em seguida são pesados, o resultado da pesagem é multiplicado por 10.

3.2.4.5 DUREZA DOS GRÃOS

Esta análise foi realizada através de um método empírico que consta em pesar 20g da amostra, moer em um moinho de laboratório da Perten. O produto proveniente da moagem será devidamente coletado na sua totalidade e peneirado durante 30 segundos em um Rotap ajuste 4 utilizando tela de 425 μm . A fração que passar na tela (peneirado) será pesada. Quanto menor o valor referente ao trigo moído que passou na peneira de 425 μm maior será a dureza do trigo.

Esta análise é importante para dar subsídios para a preparação e condicionamento do trigo.

3.2.4.6 GLÚTEN ÚMIDO

O glúten foi determinado pelo método N° 38-12 da AACC (1995) em equipamento Glutomatic conforme mostrado na Figura 6 A e B.

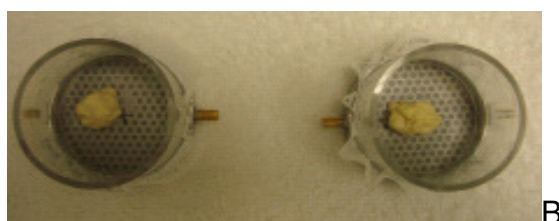


Figura 6 –A Glutomatic

B Glúten úmido quantificado na análise

3.2.4.7 FALLING NUMBER

O Falling Number foi determinado pelo método 56-81B da AACC (1995).

Trata-se de um teste de viscosidade em pasta que mede a capacidade da enzima alfa amilase em liquefazer um gel de amido, onde é realizada a tomada de tempo para uma haste metálica percorrer o gel a uma distância fixa e a temperatura de 100°C.

3.2.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA FARINHA

As amostras de farinha de trigo foram submetidas às análises de umidade, teor de cinzas, glúten úmido, proteína, falling number, extensografia, farinografia e alveografia.

3.2.5.1 UMIDADE

A umidade foi determinada pelo método N° 110/1 do ICC (1976)

3.2.5.2 CINZAS

As cinzas ou resíduo mineral fixo foi determinado pelo método N°. 104/1 do ICC (Revised 1990).

3.2.5.3 GLÚTEN ÚMIDO

O glúten foi determinado pelo método da AACC N° 38-12 (1995)

3.2.5.4 PROTEÍNA

A proteína foi determinada pelo método 991.20 da A.O.A.C. (1995).

3.2.5.5 FALLING NUMBER

O Falling Number foi determinado pelo método 56-81 B da AACC (1995).

3.2.5.6 ALVEOGRAFIA

Os testes alveográficos foram realizados conforme o método 54-30 da AACC (1995).

3.2.5.7 FARINOGRAFIA

Os testes de farinografia foram realizados conforme o método 54-21 da AACC (1995).

3.2.5.8 EXTENSOGRAFIA

Os testes extensográficos foram realizados conforme o método 54-10 da AACC (1995).

3.2.6 PROTEÍNAS POLIMÉRICAS e MONOMÉRICAS NA FARINHA POR SE-HPLC.

Foi utilizada técnica de análise conforme descrita por Larroque et al., (2000) com modificações.

3.2.6.1 Extração da proteína Proteína polimérica total (PPT)

A extração de proteína do endosperma foi conduzida como descrito por Larroque et al., (2000) com modificações. Foram pesados 10 mg da amostra de cada farinha em um tubo de eppendorf e adicionado 1mL de tampão –SDS (0,5% SDS em 0,05 M fosfato de sódio, pH 6,9) , agitado em vortex por 5 min e sonicado por 2 min (Ohm et al 2009) . Foram realizados vários testes para encontrar o melhor tempo de sonicação determinando as melhores condições para extração da proteína (conforme Tabela 4). Após foi aquecido imediatamente por 2 min a 80°C em banho maria e resfriado em banho de gelo . As amostras foram centrifugadas a 16.000 X g por 15 minutos em centrífuga refrigerada e o sobrenadante foi filtrado em uma membrana de polivinilideno difluoreto de 0,45µm (Durapore Millipore). Para a SE-HPLC foram usados 500µl do extrato de proteína.

As amostras foram analisadas em cromatografia líquida de exclusão (SE - HPLC) em um sistema Amersham A900, classificando as proteínas de maior e menor peso molecular através de uma coluna de exclusão Superdex 200 HR 10/30 (10X300 mm), usando como fase móvel uma solução tampão de fosfato 0,05M (pH 6,9) a uma vazão de 0,5 ml/min, a um comprimento de onda de 214 nm e injetando 500 µL.

Foram testados outras fases móveis como 15% de acetronitrila contendo 0,1% de ácido trifluoroacético (TFA), tampão fosfato pH 6,9, tampão fosfato pH 6,9 com SDS 0,2% e tampão fosfato pH 6,9 com 0,2 M de NaCl. A melhor resolução obtida foi utilizando o tampão fosfato pH 6,9.

O peso molecular aparente foi estimado passando na coluna padrões de BSA (67.000 Da) e anidrase carbônica (25.000 Da).

Tabela 4- Avaliação dos efeitos do tempo de sonicação em extratos de proteínas de farinha de trigo.

| Picos | Tempo de retenção (min) | Não Sonicado % Área | Sonicado 1min % Área | Sonicado 2min % Área | Sonicado 3min % Área | Sonicado 5min % Área |
|----------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Gluteninas | 7,8 | 15,6 | 32,1 | 43,0 | 36,6 | 18,3 |
| Zona de transição | 13,71 | 3,4 | 8,6 | 7,5 | 4,4 | 10,4 |
| Gliadinas | 16,37 | 75,8 | 56,7 | 45,5 | 53,3 | 61,6 |
| Não Glúten Proteínas | 19,50 | 5,2 | 2,6 | 4,0 | 5,7 | 9,7 |

3.2.6.2 Avaliação dos Cromatogramas

Os cromatogramas apresentam 3 grupos de picos que foram denominados como picos 1, 2 e 3 que correspondem às frações de gluteninas, (proteínas poliméricas), gliadinas (proteínas monoméricas) e albuminas/globulinas (não proteínas do glúten) respectivamente. O percentual de proteína polimérica total (PPT) e o percentual de proteína polimérica na farinha (PPF) foram calculados pelas equações 2 e 3, um cromatograma característico é mostrado na Figura 7.

$$\text{PPT} = \left(\frac{\text{Área do Pico 1}}{\text{Área do Pico 1} + \text{Área do Pico 2} + \text{Área do Pico 3}} \right) * 100 \quad (2)$$

$$\text{PPF} = \left(\frac{\text{PF} * \text{PPT}}{100} \right) \quad (3)$$

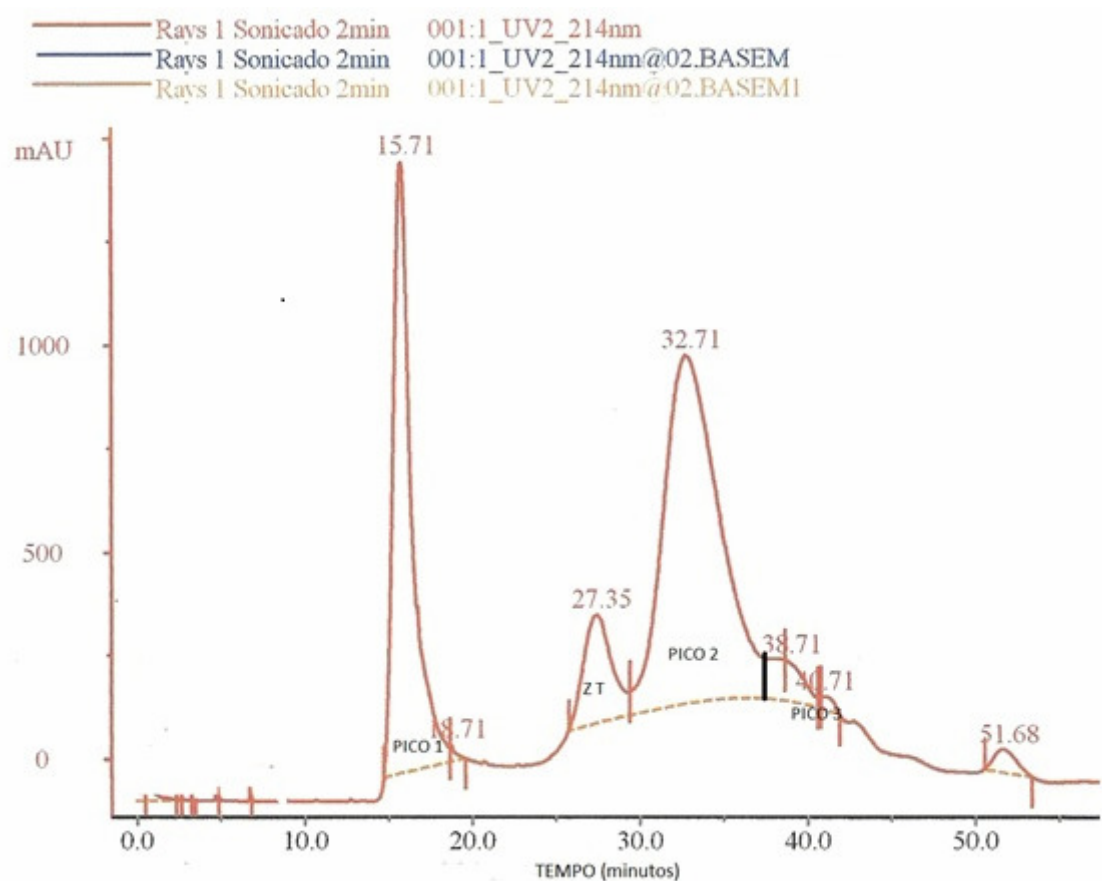


Figura 7 – Cromatograma Característico das Análises de Proteínas Poliméricas Totais e Monoméricas

3.2.7 ELETROFORESE SDS – PAGE

Foi realizada a eletroforese unidimensional para identificação das HMW-GS pelo procedimento de Laemmli (1970) para extração das proteínas e fracionamento em gel de poliacrilamida com algumas modificações. Foram pesados 50 mg de cada farinha em tubos de eppendorf e adicionados 1 mL de tampão de amostra (125 μ L de 0,5 M de Tris – HCl, pH 6,8; 500 μ L de H₂O; 100 μ L de glicerol; 180 μ L de SDS a 10%, 20 μ L de

azul de bromofenol e 50 μ L de β mercaptoetanol). As amostras foram agitadas em vortex até dispersão da farinha, aquecidas em banho – Maria a 93° C por 5 minutos e centrifugadas a 7200 x g por 8 min. Após, 20 μ L de cada amostra foram fracionados em gel de poliacrilamida na concentração de 5% para o gel de entrada e 12% para o gel de saída. A corrida ocorreu em um sistema Atta AE-3131 com corrente constante de \approx 30 V por aproximadamente 6 h. Após término da corrida os géis foram corados com solução corante (0,05% de comassie, 50% de metanol, 5% de ácido acético) e revelados com solução descorante (mesma formulação da solução corante sem o comassie).

Foi aplicado no gel um padrão de peso molecular contendo substâncias com pesos moleculares de 66KDa, 45KDa e 36KDa, também foram utilizados 6 padrões preparados com farinha de trigo de cultivares e linhagens cedidas pela Coordenação de Agronomia da Universidade de Viçosa, conforme segue:

Embrapa 42 (P1 = 1, 17+18, 5+10)

Embrapa 22 (P2 = 1, 7+8, 5+10)

IAC 364 (P3 = 1, 13+16, 5+10)

Aliança (P4 = 2*, 7+9, 5+10)

IVI 011041 (P5 = 1, 7+8, 2+12)

IAC 24 (P6 = 1, 13+16, 2+12)

Estes cultivares e linhagens foram estudados por Dias., 2010.

3.2.8 TESTE DE PANIFICAÇÃO

A qualidade de panificação das farinhas foi determinada segundo o método MAP-04-PD-054 da Bunge Alimentos e parâmetros estabelecidos na Tabela 5. Determinaram-se os volumes dos pães após resfriamento, pelo método de deslocamento

de sementes MAP-04-PD-061, através de um recipiente de volume previamente estabelecido.

3.2.8.1 Aparelhagem para Fabricação

- Balança, resolução 0,5g.
- Maseira (recomendada: semi-rápida INCO PPA-10 ou 20).
- Divisora.
- Modeladora.
- Bandejas metálicas ou calhas de fermentação.
- Câmara de fermentação.
- Forno com controle de temperatura de teto e lastro e com vaporizador.
- Esteira ou pá de forneamento, palheta e instrumento cortante.
- Termômetro.

3.2.8.2 Metodologia de Preparação

Os ingredientes foram pesados conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5- Formulação e parâmetros para pão francês

| FORMULAÇÃO E PARÂMETROS PARA PÃO FRANCÊS | |
|---|---|
| Item | Valor |
| Farinha de trigo | 2.000g |
| Sal | 40g (2%) |
| Açúcar | 20g (1%) |
| Aditivo Suprema | 20g (1%) |
| Fermento biológico fresco | 80g (1%) |
| Água | 54 a 56% conforme a absorção farinográfica |
| Tempo de batimento | 9 a 11 min |
| Tempo de forno | 17 min |

Descrição do preparo:

1. Foi utilizado fermento biológico seco.
2. Foi calculado a temperatura da água necessária para a obtenção de uma massa com aproximadamente 28°C.
4. Adicionou-se os ingredientes na masseira ligando-a por alguns segundos, na primeira velocidade ($\pm 28\text{rpm}$), para ficar bem disperso.
5. Adicionou-se a água na temperatura controlada, a quantidade de água depende da absorção da massa e pode variar de 50 a 58% de absorção.
6. Foi misturado por 2 minutos com a masseira na primeira velocidade ($\pm 28\text{rpm}$).
7. Em seguida, foi misturado na segunda velocidade ($\pm 48\text{rpm}$) até a massa apresentar aparência de estar desenvolvida, com filme de glúten fino e bem formado, foi anotado o tempo total de mistura na segunda velocidade.
8. Foi retirado a massa da masseira, pesado 2kg de e boleado e colocado na divisora de modo a obter pedaços de 60-70g. Deixado em repouso por aproximadamente 10 minutos, coberto com um plástico, sobre a mesa. .
9. Foi ajustado a modeladora para o tamanho recomendado das peças de massa e modelado os pães.
10. Foi colocado as peças modeladas em bandejas metálicas identificadas e levadas à câmara de fermentação a $31 \pm 3^\circ\text{C}$ com umidade relativa de 80% por 6 horas.
11. Após conferido o “ponto” as massas, com um instrumento cortante, foi feito o corte em cada pão e, em seguida, forneado a $210 \pm 20^\circ\text{C}$ com vapor injetado por 17 minutos.
12. Depois de assados, os pães foram do forno e deixados esfriar
13. Em seguida, foi pesado cada pão e separado 6 unidades, aleatoriamente, para medir o volume (conforme MAP-04-PD-061).

Foram avaliadas as características de absorção de água, tempo de batimento e volume do pão.

3.2.9 ANÁLISE SENSORIAL

Foi realizada análise sensorial por uma equipe de 6 analistas devidamente treinados, que avaliaram as seguintes características: pestana, coloração da casca, textura da casca, coloração do miolo e alveolagem do miolo conforme ficha de avaliação no anexo 1.

3.2.10 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Para tratamento dos dados foi utilizado o teste t de Student ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$) através do programa Statistic for Windows 7.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TRIGO EM GRÃO – ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

Os resultados das análises físico-químicas das amostras de grãos de trigos argentinos das duas regiões são apresentados na Tabela 6, observamos que os trigos apresentaram diferenças estatisticamente significativas para glúten, cinzas e dureza de grão.

Tabela 6 - Análises físico-químicas de amostras de grãos de trigo argentino das regiões de NECOCHEA (TN) e UP-RIVER (TUP).

| Amostras | Análises Físico-Químicas | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------------------------|------|-------------------------|------|-------------------------------|-------|-----------------------------------|-----|-------------------------|-------|-------------------------|-------|------------------------------------|-------|
| | Umidade (%) ^a | | Cinzas (%) ^b | | Gluten úmido (%) ^b | | Falling Number (seg) ^a | | PH (Kg/hl) ^a | | Dureza (g) ^b | | Peso de mil grãos (g) ^a | |
| | TN | TUP | TN | TUP | TN | TUP | TN | TUP | TN | TUP | TN | TUP | TN | TUP |
| 1 | 11,4 | 12,0 | 1,69 | 1,80 | 25,80 | 24,82 | 488 | 420 | 77,90 | 77,70 | 6,55 | 10,10 | 40,90 | 31,10 |
| 2 | 11,6 | 12,2 | 1,67 | 1,74 | 26,25 | 25,20 | 489 | 428 | 78,60 | 77,90 | 7,25 | 9,00 | 38,19 | 30,40 |
| 3 | 11,5 | 12,4 | 1,69 | 1,73 | 26,51 | 24,70 | 470 | 416 | 78,60 | 77,90 | 7,95 | 9,70 | 38,64 | 32,07 |
| 4 | 12,2 | 12,5 | 1,58 | 1,73 | 25,50 | 24,00 | 381 | 362 | 78,00 | 77,90 | 9,95 | 9,20 | 34,19 | 41,41 |
| 5 | 12,2 | 12,7 | 1,58 | 1,78 | 26,00 | 24,35 | 435 | 357 | 78,15 | 78,15 | 8,25 | 8,25 | 36,00 | 40,05 |
| 6 | 12,2 | 12,6 | 1,58 | 1,74 | 25,70 | 23,70 | 408 | 359 | 76,55 | 77,90 | 9,85 | 9,85 | 35,10 | 38,21 |
| 7 | 12,0 | 11,8 | 1,52 | 1,84 | 25,37 | 25,15 | 401 | 444 | 78,80 | 77,25 | 8,50 | 9,75 | 40,31 | 36,51 |
| 8 | 12,2 | 11,8 | 1,52 | 1,77 | 26,19 | 25,74 | 369 | 435 | 78,60 | 77,00 | 9,20 | 9,35 | 42,95 | 38,55 |
| 9 | 12,3 | 11,8 | 1,55 | 1,80 | 26,00 | 25,60 | 393 | 440 | 78,80 | 77,25 | 9,15 | 9,90 | 39,98 | 38,30 |
| Médias | 11,96 | 12,2 | 1,6 | 1,77 | 25,92 | 24,81 | 426 | 407 | 78,22 | 77,66 | 8,52 | 9,46 | 38,47 | 36,29 |

TN: Trigo Necochea; TUP: Trigo Up river; ^a média aritmética dos resultados obtidos em triplicata das amostras de grão de trigo de Necochea e Up river não apresentam diferença estatisticamente significativa ($p>0,05$) de acordo com o teste T de Student; e ^b media aritmética dos resultados obtidos em triplicata das amostras de grão de trigo de Necochea e Up river apresentam diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$) de acordo com o teste T de Student;

Os valores de cinzas e proteínas foram calculados na base de 14% de umidade.

4.1.1 Umidade

Os teores de umidade das duas procedências estão abaixo de 13,00 % e não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as duas procedências . Estes

resultados estão dentro do limite estabelecido pela Legislação Brasileira de Trigo, Instrução Normativa nº 7 (BRASIL, 2001) que estabelece 13% como o limite de umidade para o trigo. Valores abaixo de 13% são recomendados tecnicamente, pois, contribuem para a conservação do grão durante o armazenamento (FARONI *et al.*, 2007).

4.1.2 Cinzas

As amostras de trigo de trigo Up–River mostraram valores de cinzas superiores variando de 1,73 a 1,80%, enquanto as amostras de trigo Necochea variaram de 1,52 a 1,69%, tais amostras apresentaram diferença estatisticamente significativa. A associação de valores elevados de umidade e cinzas poderiam resultar em um ambiente propício à síntese de micotoxinas em grãos e produtos derivados.

4.1.3 PH

As amostras de trigo não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as duas procedências e seus valores indicam um trigo pesado. O PH é um parâmetro importante na classificação da qualidade do trigo podendo afetar o processo de moagem do grão (DONNELLY e PONTE, 2000). Segundo Guarienti (1996), na determinação do PH estão associadas várias características do grão, como a forma, a textura do tegumento, o tamanho, o peso e as características extrínsecas ao produto, como a presença de palha, de terra e outras matérias estranhas, bem como pode indicar grau de infestação (ataque de pragas do grão). Um trigo pode ser considerado muito pesado quando apresentar valores entre 80 e 83 Kg/hL e pesado para valores de 76 a 79 Kg/hL. Valores mais elevados de PH não asseguram que o trigo seja de melhor qualidade. Essa relação poderá ser significativa quando se comparar a mesma variedade com valores de PH bem diferenciados, pois, muitos fatores podem contribuir para alguns erros na determinação deste parâmetro, como os espaços vazios entre os grãos, o teor de água, a quantidade e o tipo de impurezas presentes no trigo, porém, é difícil prever a qualidade de um determinado trigo para uso em panificação a partir deste resultado (MANDARINO, 1993).

4.1.4 Peso de Mil Grãos

O peso de mil grãos permite classificar o trigo por tamanho e também indica qualidade por expressar o enchimento, ou seja, o tamanho do grão.

Os grãos de trigo podem ser classificados de acordo com o seu tamanho em muito pequeno (PMG de 15 a 25 g), pequeno (PMG de 26 a 35 g), médio (PMG de 36 a 45 g), grande (PMG de 46 a 54 g) e muito grande (PMG \geq 55 g). O PMG das amostras de trigo Necochea variou de 35,15 a 41,03 g e de 31,15 a 39,86 g para as amostras de trigo Up-River. Grãos de trigo de tamanho pequeno não dão bons resultados na indústria de moagem, pois, geram perdas na produção de farinha pela diminuição da quantidade de trigo moído (GUARIENTI, 1996). A absorção de água durante a etapa de preparação do trigo também é influenciada pelo tamanho do grão, os pequenos absorvem maior quantidade de água que os grandes (POSNER; HIBBS, 1999). O ideal para o processo é que a massa de grãos não apresente variações de tamanho permitindo que todos os grãos recebam o mesmo tratamento (quantidade de água vezes tempo de descanso).

4.1.5 Dureza do Grão

O rendimento de extração da farinha está relacionado com a dureza do grão, que por sua vez, é definida pela quantidade de um grupo de proteínas, as friabilinas, presentes no endosperma do trigo. Os grãos podem ser classificados como duro, semi-duro ou mole. Os trigos duros apresentam pequena quantidade de friabilinas ou por vezes até ausência destas proteínas (GIROUX e MORRIS, 1998). Segundo Greenaway (1969) e Guarienti (1996), os genótipos de trigo duro proporcionam maior índice de extração de farinha se comparado aos de grão mole. Na prática, verifica-se que grãos de trigo mole provocam embuchamento nos rolos de moagem, entupimento nas tubulações e plansifters, diminuindo o rendimento e a produtividade. Alguns moinhos são equipados com diagramas de moagem apropriados para moer trigo mole.

As amostras de Necochea apresentaram maior dureza que as de Up-River com diferença estatisticamente significativa.

4.1.6 – Glúten Úmido

O trigo de Necochea apresentou glúten úmido variando de 25,37 a 26,51 % e o trigo Up-River apresentou teor de glúten úmido variando de 23,70 a 25,74% com diferenças estatisticamente significativas, em média o trigo Necochea apresentou maiores valores de glúten úmido. Segundo Carvalho Junior (1999), a faixa de glúten úmido recomendada para farinhas destinadas à panificação é de 24 a 36%, Assim sendo, tanto as farinhas de Necochea bem como as de Up-River apresentaram-se dentro dos valores recomendados.

O glúten é um complexo protéico que é formado quando a farinha é combinada com água e batimento mecânico Figura 8.



Figura 8- Massa apresentando rede de glúten desenvolvida formando um véu

É responsável pela elasticidade, extensibilidade e retenção de gás da massa formada. É constituído por uma massa viscoelástica tridimensional que proporciona as características físicas e reológicas de plasticidade, viscosidade e elasticidade importantes para a massa (HAARD, 1992; WIESER, 2007), conforme Figura 9. A qualidade e quantidade do glúten determinam uma forte absorção de água e uma elevada elasticidade da pasta de padaria que é muito importante para a retenção do dióxido de carbônico durante o processo de fermentação do pão (SALES, 1987; VITTI, 1987; CALDEIRA et al., 2000).

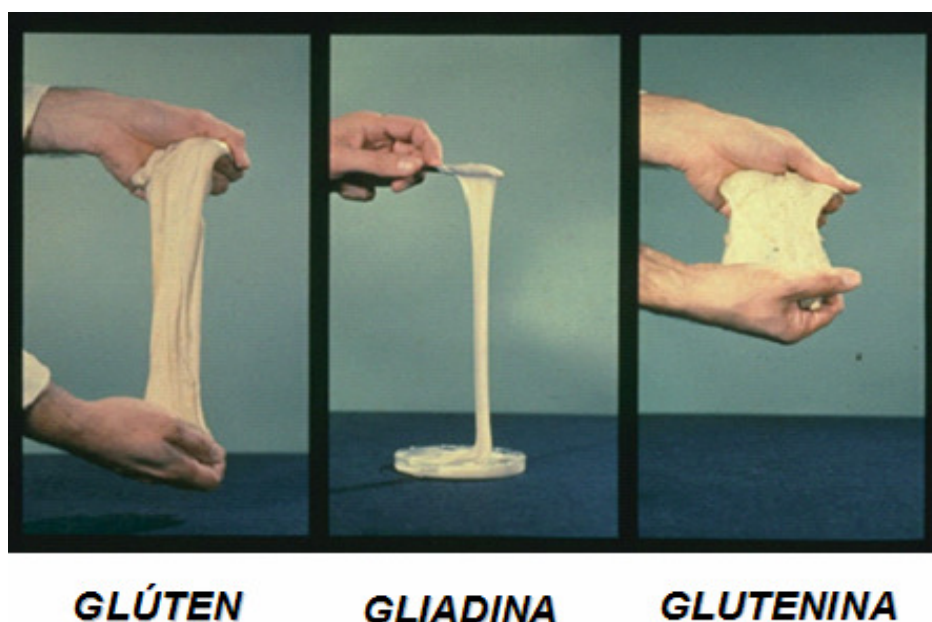


Figura 9 - Glúten e características de seus componentes.

Fonte: FENNEMA, 1996

Os grãos de trigo com elevados teores de glúten úmido tendem a produzir farinhas denominadas fortes, enquanto que os grãos de trigo com baixos teores de glúten úmido tendem a obter farinhas denominadas fracas, as quais apresentam baixa elasticidade e baixo teor de proteínas, sendo utilizadas principalmente na fabricação de bolachas e biscoitos (FARONI *et al.*, 2007; WIESER, 2007).

4.1.7 Falling Number

Os grãos de trigo apresentaram valores médios de 426 e 407 segundos para o trigo de Necochea e Up–River respectivamente. Estes valores são considerados altos e são compatíveis com trigo melhorador. Baixos valores podem estar relacionados a elevada ação da α -amilase, proveniente da germinação antecipada do grão de trigo imaturo, síntese da 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).

4.2 FARINHA DE TRIGO ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

A Tabela 7 mostra os resultados das análises físico-químicas das amostras de farinhas provenientes dos grãos de trigo de Necochea e Up-River.

Tabela 7 - Análise físico-química de amostras de farinha de trigo das regiões de Necochea (FN) e Up-River (FUP).

| Amostras | Análises Físico-Químicas | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--------------------------|------|-------------------------|------|-----------------------------------|-----|---------------------------|-------|-------------------------------|-------|------------------------------|-------|---------------------------|-------|
| | Umidade (%) ^b | | Cinzas (%) ^b | | Falling number (seg) ^a | | Proteína (%) ^a | | Glúten úmido (%) ^b | | Gluten sêco (%) ^a | | Extração (%) ^b | |
| | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP |
| 1 | 14,0 | 13,5 | 0,48 | 0,50 | 471 | 467 | 10,29 | 10,09 | 27,2 | 24,25 | 9,5 | 8,90 | 64,20 | 62,89 |
| 2 | 14,0 | 13,5 | 0,48 | 0,51 | 494 | 461 | 10,36 | 12,26 | 27,3 | 24,50 | 9,5 | 8,90 | 64,20 | 62,89 |
| 3 | 14,0 | 13,6 | 0,48 | 0,51 | 482 | 452 | 10,51 | 10,28 | 27,3 | 25,50 | 9,2 | 8,90 | 64,20 | 62,89 |
| 4 | 13,6 | 13,6 | 0,46 | 0,49 | 369 | 392 | 11,07 | 10,60 | 27,6 | 22,50 | 10,6 | 8,10 | 65,53 | 62,26 |
| 5 | 13,8 | 13,5 | 0,47 | 0,48 | 372 | 398 | 11,12 | 10,61 | 27,8 | 22,50 | 9,8 | 8,20 | 65,53 | 62,26 |
| 6 | 13,4 | 13,4 | 0,47 | 0,46 | 383 | 406 | 11,29 | 10,74 | 27,8 | 22,30 | 10,1 | 8,40 | 65,53 | 62,26 |
| 7 | 13,9 | 13,4 | 0,48 | 0,50 | 409 | 409 | 11,35 | 10,82 | 28,5 | 27,00 | 9,50 | 10,60 | 67,28 | 62,84 |
| 8 | 13,9 | 13,4 | 0,47 | 0,50 | 418 | 397 | 11,39 | 10,83 | 28,6 | 27,20 | 9,40 | 10,30 | 67,28 | 62,84 |
| 9 | 13,8 | 13,6 | 0,46 | 0,48 | 431 | 412 | 11,57 | 10,87 | 28,8 | 27,30 | 9,10 | 10,40 | 67,28 | 62,84 |
| Média | 13,8 | 13,5 | 0,47 | 0,49 | 425 | 422 | 10,99 | 10,61 | 27,88 | 24,78 | 9,63 | 9,19 | 65,67 | 62,66 |

FN: Farinha de trigo Necochea; FUP: Farinha de trigo Up-River; ^a média aritmética dos resultados obtidos em triplicata das amostras de grão de trigo de Necochea e Up river não apresentam diferença estatisticamente significativa ($p>0,05$) de acordo com o teste T de Student; e ^b media aritmética dos resultados obtidos em triplicata das amostras de farinha de trigo de Necochea e Up river apresentam diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$) de acordo com o teste T de Student.

4.2.1. Umidade

As farinhas apresentaram umidade média de 13,8 e 13,5% para os trigos de Necochea e Up–River respectivamente, estes valores apresentaram diferença estatisticamente significativa. Estão dentro do limite de 15% m/m estabelecido pela Portaria nº354 do MS/SVS (Brasil, 1996). O teor de umidade deve ser bem controlado, pois, é de grande relevância para a conservação da farinha durante sua estocagem. Umidade alta é um dos principais fatores de aceleração de reações químicas e enzimáticas, provocando alterações nas características nutricionais, sensoriais e tecnológicas (SILVA, 2003).

4.2.2 Cinzas

Os resultados de cinzas das farinhas variaram de 0,46 a 0,48% para os trigos de Necochea e de 0,46 a 0,51% para os trigos de Up–River, apresentando diferença estatisticamente significativa. O percentual de cinzas na base seca em farinhas tem sido utilizado como parâmetro de classificação de farinhas, como segue: até 0,8% de cinzas farinha tipo1, de 0,81 a 1,4% farinha tipo 2 e de 1,41 a 2,5% de cinzas farinha integral (BRASIL 2005). Os valores de cinzas estão relacionados com as cinzas do trigo e o grau de extração. Elevados teores de cinzas em farinhas podem indicar alta extração com inclusão de farelo o que é indesejável devido ao fato de propiciar uma cor mais escura, cocção inferior e interferir no desenvolvimento da rede de glúten (VIEIRA; BARDIALE-FURLONG; OLIVEIRA, 1999) ; FANAN *et al.*, 2006). Embora as farinhas de Necochea apresentaram índice de extração superior ao Up River, as cinzas de suas farinhas ficaram inferiores às do trigo Up River em função do trigo Up River apresentar cinzas mais elevadas.

Segundo Matsuo e Dexter (1980), o conteúdo de minerais do grão depende da variedade do trigo e existe um gradiente na concentração de minerais dentro e fora do grão. A maior concentração dos minerais se encontra na parte periférica do grão, que é responsável pelo farelo; daí se concluiu que quanto maior a quantidade ou a contaminação, maior será o teor de cinzas na farinha. (HONESEY, 1991).

4.2.3 Proteínas

Os valores de proteína não apresentaram diferenças significativas. Os valores médios encontrados foram 10,99% e 10,61% para as farinhas provenientes do trigo Necochea e para as farinhas provenientes do trigo Up-River, respectivamente. O teor de proteínas nas farinhas varia entre 9 e 15% em base seca, sendo o principal determinante da qualidade e do valor comercial do trigo (PAYNE *et al.*, 1987). A determinação do conteúdo protéico não é suficiente para definir a adequada classificação da qualidade industrial da farinha. Desse modo, é possível que farinhas que apresentem o mesmo conteúdo protéico apresentem performance de panificação diferentes, em função da proporção dos grupos de proteína do glúten (glutenina/gliadina), os quais estão sujeitos a variações genéticas e de ambiente (LUKOW *et al.*, 1989). Para avaliar a qualidade da proteína existem técnicas confiáveis e que possibilitam um detalhamento preciso das características intrínsecas da farinha e posterior qualidade de panificação. Algumas destas técnicas são utilizadas no controle da qualidade na indústria moageira e em programas de melhoramento genético, tais como: alveografia, farinografia, cromatografia, número de queda, SDS (dodecil sulfato de sódio) de Zeleny entre outros (GUARENTI, 1996).

4.2.4 Glúten Úmido

As amostras de farinha de trigo de Necochea apresentaram valores de glúten úmido variando de 27,20 a 28,80% e valores de glúten seco variando de 9,10 a 10,60% . As amostras de farinha de trigo de Up-River apresentaram valores de glúten úmido variando de 22,30 a 27,30% e valores de glúten seco variando de 8,10 a 10,60%. Os trigos Necochea e Up River apresentaram diferenças significativas para o glúten úmido. Geralmente, o teor de glúten está associado com o conteúdo de proteínas insolúveis da farinha de trigo, porém as características tecnológicas de panificação e das massas estão relacionadas ao conteúdo de proteína e á qualidade do glúten (HOSENEY, 1994; TANADA-PALMU e GROSSO, 2003).

4.2.5 Falling Number

Os valores do Falling Number das amostras de farinhas das duas regiões apresentaram-se bem similares com valores médios de 425 e 422 segundos para as farinhas de Necochea e Up–River respectivamente, indicando baixa atividade enzimática para farinhas destinadas à panificação. Segundo Pizzinatto (1997) o valor que é recomendado para o número de Falling Number, está entre 200 e 300 segundos para a farinha de trigo destinada à panificação, o que não foi encontrado nas farinhas em estudo. Guarienti (1996) constatou que a baixa atividade enzimática não é um problema de difícil solução, pois, a farinha poderá ser corrigida na formulação dos pães com reforçadores ou melhoradores, utilizando a enzima α -amilase fungica com a finalidade de correção dessa deficiência. No caso do trigo essa correção pode ser feita através de mesclas de trigo que tenham atividade enzimática.

4.3 FARINHA DE TRIGO - ANÁLISE REOLÓGICA

O objetivo dos testes reológicos: alveografia, farinografia, e extensografia é avaliar a qualidade do glúten, estes testes são utilizados na indústria de moagem de trigo e nas indústrias consumidoras de farinha de trigo, como, indústrias de massas, de pães e de biscoitos para avaliar a qualidade do glúten e poder destinar cada farinha para seu uso final específico.

4.3.1 Alveografia

É um teste reológico que avalia a força ou o trabalho mecânico necessário para expandir uma massa (W), bem como analisa as características viscoelásticas, a tenacidade (P), a extensibilidade (L), relação tenacidade/extensibilidade (P/L), índice de entumescimento (G) e índice de elasticidade (Ie). A Tabela 8 mostra os resultados obtidos nas análises.

Tabela 8 - Análises Reológicas - Alveografia

| Amostras | Alveografia | | | | | | | | | | | |
|--------------|---------------------|--------|---------------------|-------|------------------|------|------------------------|------|--------------------------|-------|------------------------|-------|
| | P (mm) ^a | | L (mm) ^b | | P/L ^b | | W (10-4J) ^b | | G ^b | | Ie (%) ^a | |
| | Tenacidade | | Extensibilidade | | | | Força | | Índice de Intumescimento | | Índice de Elasticidade | |
| | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP |
| 1 | 89,00 | 93,00 | 83,00 | 69,00 | 1,07 | 1,35 | 234 | 178 | 20,30 | 18,50 | 64,20 | 63,00 |
| 2 | 87,00 | 95,00 | 72,00 | 66,00 | 1,21 | 1,44 | 234 | 180 | 18,90 | 18,10 | 63,90 | 61,70 |
| 3 | 100,00 | 94,00 | 69,00 | 58,00 | 1,45 | 1,62 | 248 | 210 | 17,70 | 17,00 | 66,10 | 61,50 |
| 4 | 71,00 | 69,00 | 93,00 | 61,00 | 0,76 | 1,13 | 249 | 224 | 21,50 | 17,40 | 64,60 | 68,20 |
| 5 | 71,00 | 70,00 | 86,00 | 59,00 | 0,83 | 1,19 | 251 | 234 | 20,60 | 17,10 | 64,20 | 67,90 |
| 6 | 68,00 | 74,00 | 91,00 | 67,00 | 0,75 | 1,10 | 259 | 246 | 21,20 | 18,20 | 64,60 | 68,70 |
| 7 | 85,00 | 104,00 | 81,00 | 58,00 | 1,05 | 1,79 | 264 | 251 | 20,00 | 17,00 | 62,90 | 66,00 |
| 8 | 85,00 | 92,00 | 82,00 | 62,00 | 1,04 | 1,48 | 268 | 253 | 20,20 | 17,50 | 62,60 | 64,60 |
| 9 | 81,00 | 95,00 | 80,00 | 70,00 | 1,01 | 1,36 | 282 | 265 | 19,90 | 18,60 | 65,10 | 65,50 |
| Média | 81,89 | 87,33 | 81,89 | 63,33 | 1,02 | 1,38 | 254,33 | 226, | 20,03 | 17,71 | 64,24 | 65,23 |

78

FN: Farinha Necochea; FUP: Farinha Up-River; ^a média aritmética dos resultados obtidos em triplicata das amostras de farinha de trigo de Necochea e Up-River não apresentam diferença estatisticamente significativa ($p>0,05$) de acordo com o teste T de Student; e ^b media aritmética dos resultados obtidos em triplicata das amostras de grão de trigo de Necochea e Up-River apresentam diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$) de acordo com o teste T de Student.

Os valores encontrados para a tenacidade (P) também conhecida como resistência da massa à deformação variaram de 68 a 100 para o trigo Necochea e de 69 a 104 para o trigo Up-River. Não houve diferença estatisticamente significativa, ao contrário dos valores de L, P/L e W. Os valores médios de P/L foram de 1,02 e 1,38 para as farinhas de trigo de Necochea e Up-River, respectivamente. Os valores médios da força (W) foram de 254 e 226 para as farinhas de trigo de Necochea e Up-River, respectivamente.

Observa-se que as amostras de farinhas de trigo de Necochea apresentaram um equilíbrio entre as forças elasticidade/extensibilidade e um W maior que evidencia um trigo mais forte. As amostras de farinhas de trigo Up-River apresentaram a elasticidade superior á extensibilidade e um W um inferior ás amostras de farinha de trigo de Necochea.

O valor de W é um indicativo da qualidade do glúten. As amostras em estudo, podem ser classificadas como glúten de força média a forte, segundo Willian et al., (1988) citados por Guarienti, (1996) que mostra que valores de W menores que 50×10^{-4} J indicam glúten de qualidade “muito fraco”, entre 51 e 100×10^{-4} J, glúten fraco, valores entre 101 e 200×10^{-4} J, glúten de força média, entre 201 a 300×10^{-4} J, glúten de força média a forte, entre 301 e 400×10^{-4} J, glúten forte e acima de 401×10^{-4} J, glúten muito forte.

A propriedade de resistência à extensão da massa (P) é principalmente fornecida pela glutenina, pois, é formada por várias cadeias ligadas entre si (HOSENEY, 1991). É necessário proporcionalidade dos valores de P e L, para associados com o valor de W (força do glúten) expressarem um bom potencial de panificação (CHEN e D'APPOLONIA, 1985 citados por GUARIENTI, 1996).

As amostras apresentam índice de Intumescimento (G) médio de 20,03 e de 17,71 para as farinhas de trigo Necochea e Up–River respectivamente. Este índice representa a extensibilidade biaxial da massa, sendo associada á expressão da viscosidade da massa, que nesta análise representa a capacidade de extensão das camadas de proteína e da amplitude da rede de glúten de reter gás carbônico (SILVA, 2003). Quanto maior P/G, maior será a tenacidade apresentada pela massa e menor seu índice de intumescimento.

O índice de elasticidade (Ie) médio das farinhas de trigo de Necochea foi 64,24% e para as de trigo Up–River foi 65,23%. Quanto maior o Ie maior a resistência elástica, que tem relação com os fenômenos de recuperação da forma inicial após a deformação. Isso permite prever a performance reológica da massa utilizada na panificação industrial e produção de biscoitos (MIRANDA *et al.*, 2005).

A análise do conjunto de parâmetros de alveografia fornece subsídios relevantes sobre a qualidade da farinha contribuindo para melhor destiná-la á fabricação de produtos finais específicos.

4.3.2. Farinografia

A Tabela 9 mostra os valores obtidos na farinografia das amostras de farinha de trigo das duas regiões da Argentina em estudo.

Tabela 9 - Análise Reológica - Farinografia

| Amostras | Farinografia | | | | | | | |
|--------------|---------------------------|-------|---|-------|---------------------------------|-------|--|-------|
| | Absorção (%) ^a | | TDM (min) ^a Tempo de Desenvolvimento da Massa | | Estabilidade (min) ^a | | ITM (UB) ^a Índice de Tolerância da Massa | |
| | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP |
| 1 | 55,8 | 55,80 | 11 | 11 | 20,00 | 21,30 | 10,00 | 4,00 |
| 2 | 56 | 55,90 | 12 | 12 | 23,50 | 18,40 | 10,00 | 10,00 |
| 3 | 56,3 | 55,70 | 12 | 12 | 21,80 | 18,30 | 8,00 | 5,00 |
| 4 | 54,5 | 55,60 | 13 | 14 | 30,00 | 36,00 | 4,00 | 8,00 |
| 25 | 54,2 | 55,40 | 13,56 | 14 | 31,00 | 40,00 | 4,00 | 5,00 |
| 6 | 54,6 | 55,30 | 14 | 14 | 34,00 | 37,50 | 8,00 | 10,00 |
| 7 | 55,7 | 55,60 | 14 | 17 | 32,70 | 21,30 | 2,00 | 10,00 |
| 8 | 55,6 | 55,40 | 14 | 19 | 33,50 | 18,20 | 2,00 | 10,00 |
| 9 | 54,1 | 55,20 | 16 | 19 | 30,00 | 21,00 | 4,00 | 10,00 |
| Média | 55,17 | 55,54 | 13,56 | 14,67 | 28,50 | 25,78 | 5,78 | 8,00 |

FN: Farinha de trigo Necochea; FUP: Farinha de trigo Up-River; ^a média aritmética dos resultados obtidos em triplicata das amostras de farinha de trigo de Necochea e Up-River não apresentam diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) de acordo com o teste T de Student; e ^b media aritmética dos resultados obtidos em triplicata das amostras de grão de trigo de Necochea e Up -River apresentam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) de acordo com o teste T de Student.

O princípio do farinógrafo consta em demonstrar a resistência da massa mediante uma ação mecânica (QUAGLIA, 1991). O farinograma é um gráfico que fornece parâmetros de absorção de água, tempo de desenvolvimento da massa, estabilidade, índice de tolerância à mistura e tempo de quebra (RANKEN, 1993).

A interpretação do gráfico permite caracterizar vários parâmetros conforme são listados a seguir, propriedades de mistura da massa, tempo de chegada, tempo de partida, tempo de desenvolvimento, estabilidade, tempo de queda e índice de tolerância.

Os parâmetros da análise farinográfica não apresentaram diferenças significativas. As amostras de farinha apresentaram absorção com valores médios de 55,17 e 55,54% para as farinhas de Necochea e Up–River respectivamente. A absorção de água da farinha é de fundamental importância na qualidade dos produtos da panificação. Segundo Pratt (1971), a absorção de água é influenciada por vários fatores, dentre os quais o teor de proteína e amido, características essas de cada cultivar de trigo. A absorção de água depende também do grau de extração da farinha e do teor de amido danificado no processo de moagem. Nesta análise a absorção de água deve ser ajustada para obtenção de uma consistência da massa de 500 UB (Unidades Brabender), que é o nível ótimo onde a massa é capaz de reter adequadamente os gases liberados na fermentação e no cozimento no forno.

O tempo de desenvolvimento máximo da massa (TDM) é o tempo em minutos que ela leva para atingir o ponto máximo da curva. É uma indicação do ponto ótimo de energia necessária para o desenvolvimento mecânico da massa. As amostras apresentaram valores médios de 13,56 e 14,67 minutos para os trigos Necochea e Up River, respectivamente. Estes valores podem ser classificados como altos, indicando que estas farinhas exigiram maior energia de mistura para desenvolver a estrutura da rede de glúten, evidenciando a sua boa qualidade tecnológica.

CAMARGO et al., (1987) encontraram tempo de desenvolvimento de 8,0 min para farinhas provenientes de grãos importados da América do Norte.

O tempo de chegada é uma medida da velocidade de absorção de água pela farinha e corresponde ao tempo, em minutos, necessário para que a linha superior do gráfico atinja a linha das 500 UB, após o início da mistura e da adição de água. Este

parâmetro é fortemente dependente da quantidade e da qualidade da proteína e também da granulometria da farinha (BLOKSMA, 1971).

O tempo de saída é o tempo limite da mistura, ou seja, após esse tempo a massa não deve ser mais misturada. É o tempo compreendido desde o início do teste até a saída do gráfico da linha das 500 UB.

A estabilidade à mistura da massa é uma indicação da qualidade da farinha, relacionada com a qualidade da proteína. É a diferença entre o tempo de saída e o tempo de chegada. Os valores encontrados foram superiores a 20min para ambas as procedências, o que caracteriza como farinhas de boa qualidade.

O índice de tolerância da massa à mistura (ITM) é a diferença entre o topo da curva no ponto de desenvolvimento máximo da massa e o topo da curva medido 5 minutos após esse tempo de desenvolvimento ser alcançado. Este índice é também um indicativo de força de glúten da farinha. As amostras apresentaram valores médios de 5,78 UB e 8,00 UB. Estes valores são considerados baixos e são característicos de farinhas com glúten forte. CAMARGO *et al.*, (1987), encontraram resultados semelhantes para trigo importado da América do Norte.

4.3.3 Extensografia

O extensógrafo registra as curvas de força-tempo em que uma massa-teste estenda até que se rompa. Características da curva de força-tempo ou extensogramas usados na avaliação da qualidade geral da farinha e seu comportamento a aditivos adicionados. A Tabela 10 mostra os resultados obtidos das análises extensográfica das farinhas avaliadas.

Tabela 10 - Análise Reológica - Extensografia

| Amostras | Extensografia | | | | | | | | | |
|--------------|--|--------|---|--------|-----------------------------------|-------|--------------------------------------|--------|---------------------------------|------|
| | Resistência à extensão (UB) ^b | | Resistência máxima à extensão (UB) ^a | | Extensibilidade (cm) ^b | | Área (cm ²) ^b | | Proporção (UB/min) ^b | |
| | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP |
| 1 | 810,00 | 610,00 | 1000,00 | 810,00 | 13,00 | 12,30 | 136,00 | 128,35 | 7,69 | 6,59 |
| 2 | 540,00 | 600,00 | 820,00 | 800,00 | 13,50 | 12,30 | 139,20 | 128,90 | 6,07 | 6,50 |
| 3 | 660,00 | 595,00 | 905,00 | 805,00 | 13,20 | 12,20 | 138,00 | 128,10 | 6,86 | 6,60 |
| 4 | 740,00 | 645,00 | 820,00 | 880,00 | 8,90 | 12,00 | 85,30 | 127,00 | 9,21 | 7,33 |
| 5 | 620,00 | 420,00 | 770,00 | 650,00 | 9,30 | 15,00 | 87,60 | 124,60 | 8,28 | 4,33 |
| 6 | 690,00 | 550,00 | 785,00 | 720,00 | 9,30 | 13,00 | 86,50 | 125,00 | 8,44 | 5,54 |
| 7 | 660,00 | 480,00 | 680,00 | 680,00 | 8,90 | 15,10 | 70,10 | 142,60 | 7,64 | 4,50 |
| 8 | 650,00 | 520,00 | 690,00 | 780,00 | 9,00 | 14,30 | 74,80 | 148,30 | 7,67 | 5,45 |
| 9 | 670,00 | 540,00 | 700,00 | 715,00 | 9,10 | 14,50 | 75,00 | 145,20 | 7,69 | 4,93 |
| Média | 671,11 | 551,11 | 796,67 | 760,00 | 10,47 | 13,41 | 99,17 | 133,12 | 7,73 | 5,75 |

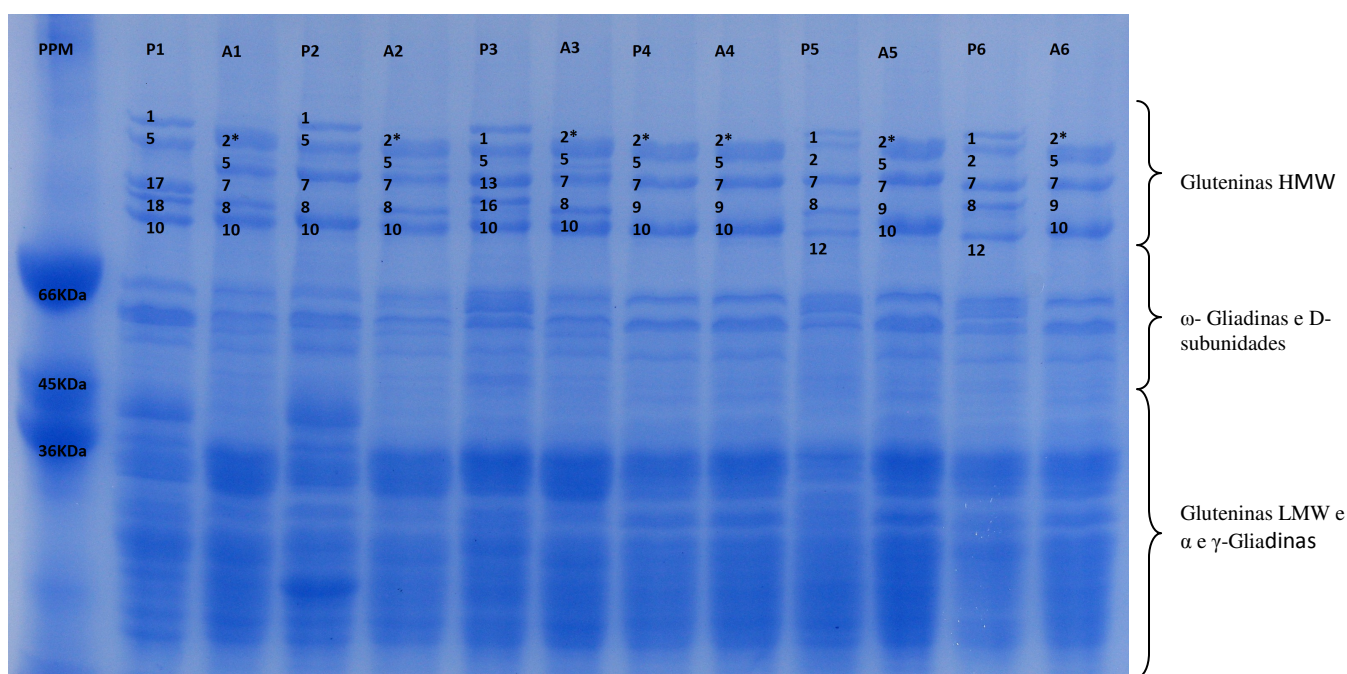
FN: Farinha necochea; FUP: Farinha Up river; ^a média aritmética dos resultados obtidos em triplicata das amostras de farinha de trigo de Necochea e Up river não apresentam diferença estatisticamente significativa ($p>0,05$) de acordo com o teste T de Student; e ^b media aritmética dos resultados obtidos em triplicata das amostras de grão de trigo de Necochea e Up river apresentam diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$) de acordo com o teste T de Student.

As amostras de farinha de trigo de Necochea apresentaram valores de resistência à extensão, superiores com diferenças estatisticamente significativas, ao contrário da extensibilidade, que foi superior para as farinhas de trigo Up-River. Ambas as farinhas apresentam características de força média a forte significando que seu glúten é adequado para a produção de pães de boa qualidade. Pelas características extensográficas das farinhas observa-se que ambas apresentaram os valores do número proporcional (resistência à extensão/extensibilidade) e da energia (área da

curva) nas faixas normalmente encontradas para as farinhas de força média a forte. Isso significa que, do ponto de vista das características extensográficas, essas farinhas apresentaram glúten com características adequadas para a produção de pão de boa qualidade.

4.4 PERFIL ELETROFORÉTICO DAS FARINHAS

As Figuras 10 e 11 mostram a distribuição das proteínas das amostras das farinhas de trigo em estudo.



PPM P1 A1 P2 A2 P3 A3 P4 A4 P5 A5 P6 A6

Perfil eletroforético de proteínas de amostras de farinha de trigo argentino por SDS-PAGE. Amostras A1, A2, e A3 correspondem às farinhas de trigo de Necochea e as amostras A4, A5 e A6 às farinhas de trigo de Up-River. Os padrões P1-Embrapa 42, P2- Embrapa 22, P3-IAC 364, P4-Aliança, P5-IVI011041, P6-IAC24. PMP corresponde ao padrão de peso molecular 66KDa, 45KDa e 36kDa.

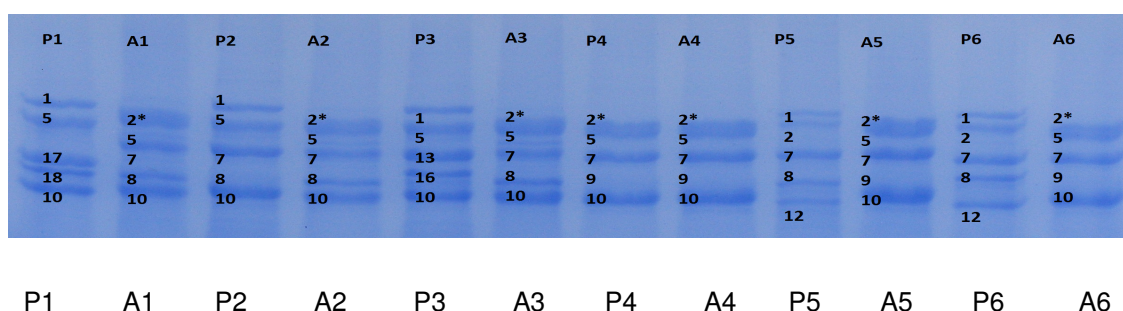


Figura 11- Perfil eletroforético das HMW-GS de amostras de farinha de trigo argentino por SDS-PAGE. Amostras A1, A2, e A3 correspondem às farinhas de trigo de Necochea e as amostras A4, A5 e A6 às farinhas de trigo de Up-River. Os padrões P1-Embrapa 42, P2-Embrapa 22, P3-IAC 364, P4-Aliança, P5-IVI011041, P6-IAC24.

Nos géis de SDS-PAGE Figura 10 e 11 é possível evidenciar a separação das proteínas de reserva em frações de diferentes massas moleculares, observa-se 3 frações distintas de acordo com o tamanho da cadeia protéica. Na parte superior vemos as gluteninas de alta massa molecular (HMW-GS), em seguida as ω -gliadinas, as D-subunidades das LMW-GS e mais abaixo uma mistura de subunidades de glutenina de baixo peso molecular (LMW-GS) e as α e ω -gliadinas.

As proteínas que apresentam maior impacto na performance da panificação são as gluteninas de alto peso molecular que aparecem na parte superior do gel, devido ao seu alto peso molecular sua migração na camada de gel é mais lenta. É bem evidente a presença das três subunidades de glutenina em todas as amostras analisadas. É possível identificar algumas HMW-GS com boa resolução, as bandas 2* e 5 e 9,10 aparecem juntas na maioria dos géis analisados, SANTOS., (2008) encontrou resultados similares para as bandas 2, 2* e para as bandas 9,10.

Todas as amostras deste estudo apresentaram subunidades de glutenina consideradas favoráveis á panificação com resultados de escore 10 para as farinhas de NECOCHEA e escore 9 para as farinhas de UP RIVER, conforme Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados obtidos pela caracterização da composição de HMW-GS por SDS-PAGE e escore de panificação acumulado para cada amostra.

| CULTIVAR/LINHAGEM/ AMOSTRA EM ESTUDO | GLU- A1 | GLU-B1 | GLU D1 | ESCORE |
|---|---------|--------|--------|--------|
| FN1 | 2* | 7+8 | 5+10 | 10 |
| FN2 | 2* | 7+8 | 5+10 | 10 |
| FN3 | 2* | 7+8 | 5+10 | 10 |
| FUP1 | 2* | 7+9 | 5+10 | 9 |
| FUP2 | 2* | 7+9 | 5+10 | 9 |
| FUP3 | 2* | 7+9 | 5+10 | 9 |
| EMBRAPA 42 | 1 | 17+18 | 5+10 | 10 |
| EMBRAPA 22 | 1 | 7+8 | 5+10 | 10 |
| IAC 364 | 1 | 13+16 | 5+10 | 10 |
| ALIANÇA | 2* | 7+9 | 5+10 | 9 |
| IVI 011041 | 1 | 7+8 | 2+12 | 8 |
| IAC 24 | 1 | 13+16 | 2+12 | 8 |

Neste estudo podemos identificar 6 subunidades de glutenina para as amostras, 2*,7,8,9,5,10, conforme a nomenclatura de Payne *et al* (1983). As subunidades 5 e 10 são citadas com frequência como responsáveis pela alta qualidade de panificação, mas, as demais subunidades presentes contribuem fortemente na performance global da panificação.

Segundo Liu *et al.*, (2008) as subunidades 1 e 2* são descritas como importantes fontes de qualidade, todas as amostras analisadas das duas regiões apresentaram subunidades 2*. No estudo de Tarekegne et al., (2005) foram analisados 42 cultivares de trigo pão onde foi encontrada uma baixa variabilidade nas HMW-GS, tendo a predominância dos alelos 2*, 7+9 e 5+10.

4.5 COMPOSIÇÃO DAS PROTEÍNAS DA FARINHA POR SE-HPLC

A Tabela 12 apresenta os resultados dos percentuais de proteínas poliméricas total na proteína, percentuais de proteínas poliméricas na farinha, a razão de gliadina/glutenina (Pico2/Pico1), calculados a partir dos dados obtidos por SE-HPLC, teor de proteína total e os resultados do volume do pão obtidos no teste de panificação.

Tabela 12- Análise das proteínas da farinha por HPLC e volume do pão.

| Amostras | Análises das Proteínas por HPLC e Volume do Pão | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|---|-------|--|-------|---|------|--|-------|---|------|----------------------|------|----------------------------|------|
| | Proteína(%) ^a | | Proteína polimérica total (%) ^b | | Proteína polimérica da farinha (%) ^b | | Proteína monomérica total (%) ^b | | Proteína monomérica na farinha (%) ^a | | GLI/GLU ^b | | Volume do pão ^b | |
| | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP | FN | FUP |
| 1 | 11,29 | 10,82 | 33,04 | 28,65 | 3,40 | 3,04 | 61,97 | 62,84 | 7,00 | 6,80 | 1,62 | 1,90 | 9,86 | 8,70 |
| 2 | 11,35 | 10,74 | 33,11 | 28,85 | 3,45 | 3,10 | 61,85 | 62,97 | 7,02 | 6,76 | 1,63 | 1,92 | 9,86 | 8,97 |
| 3 | 11,12 | 11,03 | 33,30 | 28,96 | 3,48 | 3,14 | 61,75 | 63,15 | 6,86 | 6,97 | 1,64 | 1,92 | 9,99 | 8,97 |
| 4 | 10,36 | 10,26 | 34,82 | 29,02 | 3,92 | 3,14 | 61,47 | 62,32 | 6,37 | 6,39 | 1,75 | 2,17 | 10,00 | 9,00 |
| 5 | 10,29 | 10,28 | 35,16 | 29,04 | 3,95 | 3,16 | 61,34 | 62,16 | 6,31 | 6,39 | 1,76 | 2,17 | 10,09 | 9,42 |
| 6 | 10,51 | 10,09 | 35,29 | 29,16 | 3,97 | 3,22 | 62,34 | 62,41 | 6,55 | 6,30 | 1,78 | 2,18 | 10,10 | 9,42 |
| 7 | 11,57 | 10,83 | 36,07 | 32,44 | 3,99 | 3,28 | 58,85 | 63,97 | 6,81 | 6,93 | 1,85 | 2,20 | 10,12 | 9,45 |
| 8 | 11,39 | 10,60 | 36,12 | 32,50 | 4,12 | 3,33 | 59,10 | 64,23 | 6,73 | 6,81 | 1,86 | 2,21 | 10,40 | 9,45 |
| 9 | 11,07 | 10,87 | 36,25 | 32,65 | 4,19 | 3,36 | 58,85 | 63,76 | 6,51 | 6,93 | 1,88 | 2,24 | 10,54 | 9,48 |
| Médias | 10,99 | 10,61 | 34,80 | 30,14 | 3,83 | 3,19 | 60,83 | 63,09 | 6,69 | 6,70 | 1,75 | 2,10 | 10,11 | 9,21 |

FN: Farinha de trigo Necochea; FUP: Farinha de trigo Up-River; ^a média aritmética dos resultados obtidos em triplicata das amostras de farinha de trigo de Necochea e Up-River não apresentam diferença estatisticamente significativa ($p>0,05$) de acordo com o teste T de Student; e ^b média aritmética dos resultados obtidos em triplicata das amostras de grão de trigo de Necochea e Up-River apresentam diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$) de acordo com o teste T de Student.

Observa-se que as farinhas de trigo Necochea apresentaram valores superiores de percentual de proteínas poliméricas na proteína e valores superiores de volume do pão.

O maior valor de percentual de proteína polimérica total na proteína (%PPT) foi observado para a amostra FN9 de Necochea e o menor valor foi para a amostra FUP1 de Up-River. As amostras de farinha de Necochea apresentaram valores médios de 34,80%

de PPT e 3,83 % de PPF (proteína polimérica na farinha) enquanto as amostras de Up-River apresentaram valores médios de 30,14% de PPT e 3,19% de PPF.

A razão média de Gli/Glu (pico2/pico1) mostrou diferenças significativas, entre os valores das farinhas de trigo de Necochea foi de 1,75 e para as farinhas de Up-River foi de 2,10, o trigo de Necochea mostra um maior equilíbrio entre as proteínas. Dias (2010) encontrou valores entre 1,85 e 2,00 para o grupo de amostras de trigo que apresentaram os maiores valores e média de 1,29 para o grupo de trigo que apresentou os menores valores.

4.6. PANIFICAÇÃO EXPERIMENTAL E ANÁLISE SENSORIAL

Todos os pães apresentaram uma boa performance de panificação com destaque para os pães provenientes das farinhas de Necochea cujo volume e características internas / externas foi superior ao das farinhas com trigo Up-River, conforme Tabela 12 e Figura 12.



Figura 12– Foto dos pães elaborados com farinha de trigo das regiões de NECOCHEA E UP – RIVER

Na Figura 13 podemos observar que os únicos atributos que deram diferença significativa ($p < 0,05$) foram pestana e alveolagem do miolo, salientando o resultado superior para o pão elaborado com a farinha de trigo de Necochea. Em relação aos outros atributos embora com valores superiores para a farinha de trigo de Necochea, estes não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$).

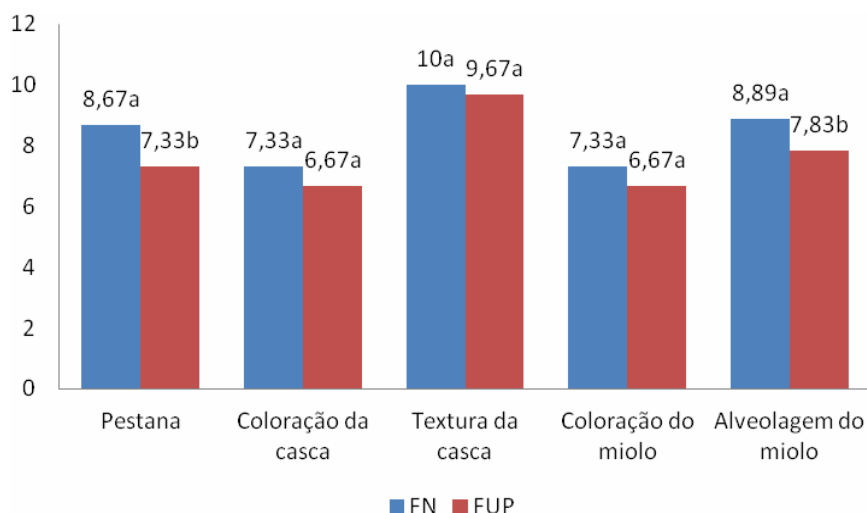


Figura 13- Notas obtidas durante a análise sensorial das características externas e internas do pão; médias com letras iguais não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste “t” de student, considerando o mesmo atributo.

4.7 CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS ANALISADOS

Os principais parâmetros quantitativos das amostras das farinhas de trigo que envolvem a composição protéica foram analisados pelo coeficiente de Pearson, seus valores estão expressos nas Tabelas 13 e 14 para as farinhas de Necochea e Up-River, respectivamente.

Tabela 13– Matriz de correlação para os parâmetros de composição protéica e volume de pão para as farinhas de trigo de Necochea

| | Prot | GU | P | L | P/L | W | TDM | RME | Extens | PPT | PPF | GLI/GLU | VP |
|---------------------|------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| Prot | 1,00 | 0,90* | -0,54 | 0,48 | -0,55 | 0,92* | 0,94* | -0,87* | -0,94* | 0,99* | 0,99* | 0,98* | 0,84* |
| GU | | 1,00 | -0,20 | 0,16 | -0,24 | 0,94* | 0,90* | -0,88* | -0,76* | 0,94* | 0,89* | 0,96* | 0,92* |
| P | | | 1,00 | -0,88* | 0,97* | -0,22 | -0,44 | 0,36 | 0,70* | -0,48 | -0,58 | -0,42 | -0,16 |
| L | | | | 1,00 | -0,96* | 0,17 | 0,27 | -0,16 | -0,70* | 0,44 | 0,51 | 0,38 | 0,11 |
| P/L | | | | | 1,00 | -0,23 | -0,40 | 0,31 | 0,74* | -0,51 | -0,59 | -0,45 | -0,18 |
| W | | | | | | 1,00 | 0,95* | -0,80* | -0,75* | 0,91* | 0,89* | 0,93* | 0,95* |
| TDM | | | | | | | 1,00 | -0,86* | -0,80* | 0,91* | 0,93* | 0,92* | 0,90* |
| RME | | | | | | | | 1,00 | 0,77* | -0,90* | -0,86* | -0,90* | -0,75* |
| Extens | | | | | | | | | 1,00 | -0,93* | -0,95* | -0,90* | -0,66 |
| PPT | | | | | | | | | | 1,00 | 0,98* | 0,99* | 0,84* |
| PPF | | | | | | | | | | | 1,00 | 0,97* | 0,85* |
| GLI/ GLU | | | | | | | | | | | | 1,00 | 0,88* |
| VP | | | | | | | | | | | | | 1,00 |

* significativo ($p > 0,05$) - Prot: % proteínas; GU: %Glúten; P: P(cm); L: L(cm); W: (10^{-4} J); TDM: Tempo de desenvolvimento da massa (min); RME: Resistência Máxima á Extensão (UB); Extens: Extensibilidade (cm); PPT: Proteína Polimérica Total na Proteína (%); PPF: Proteína Polimérica na Farinha (%); Gli/Glu: Gliadina/Glutenina; VP: Volume do Pão (cm^3/g).

Tabela 14– Matriz de correlação para os parâmetros de composição protéica e volume de pão para as farinhas de trigo de Up-River.

| | Prot | GU | P | L | P/L | W | TDM | RME | Extens | PPT | PPF | GLI/GLU | VP |
|---------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|---------|--------|
| Prot | 1,00 | -0,08 | 0,20 | 0,17 | 0,09 | -0,15 | 0,06 | -0,01 | -0,01 | 0,07 | 0,06 | -0,06 | 0,11 |
| GU | | 1,00 | -0,01 | -0,14 | 0,07 | 0,97* | 0,91* | -0,42 | 0,65 | 0,78* | 0,91* | 0,87* | 0,88* |
| P | | | 1,00 | 0,09 | 0,88* | -0,08 | 0,22 | -0,06 | 0,16 | 0,52 | 0,24 | -0,28 | -0,06 |
| L | | | | 1,00 | -0,39 | -0,15 | -0,01 | 0,11 | -0,22 | -0,01 | 0,00 | -0,11 | -0,15 |
| P/L | | | | | 1,00 | 0,01 | 0,20 | -0,12 | 0,25 | 0,48 | 0,23 | -0,20 | 0,03 |
| W | | | | | | 1,00 | 0,88* | -0,54 | 0,73* | 0,75* | 0,85* | 0,93* | 0,92* |
| TDM | | | | | | | 1,00 | -0,39 | 0,74* | 0,94* | 0,97* | 0,84* | 0,82* |
| RME | | | | | | | | 1,00 | -0,85* | -0,38 | -0,46 | -0,48 | -0,75* |
| Extens | | | | | | | | | 1,00 | 0,72* | 0,71* | 0,70* | 0,84* |
| PPT | | | | | | | | | | 1,00 | 0,91* | 0,66 | 0,69* |
| PPF | | | | | | | | | | | 1,00 | 0,81* | 0,87* |
| GLI/G LU | | | | | | | | | | | | 1,00 | 0,87* |
| VP | | | | | | | | | | | | | 1,00 |

* significativo ($p > 0,05$) - Prot: % proteínas; GU: %Glúten; P: P (cm); L: L(cm); W: (10^{-4} J); TDM: Tempo de desenvolvimento da massa (min); RME: Resistência Máxima á Extensão (UB); Extens: Extensibilidade (cm); PPT: Proteína Polimérica Total na Proteína (%); PPF: Proteína Polimérica na Farinha (%); Gli/Glu: Gliadina/Glutenina; VP: Volume do Pão (cm^3/g).

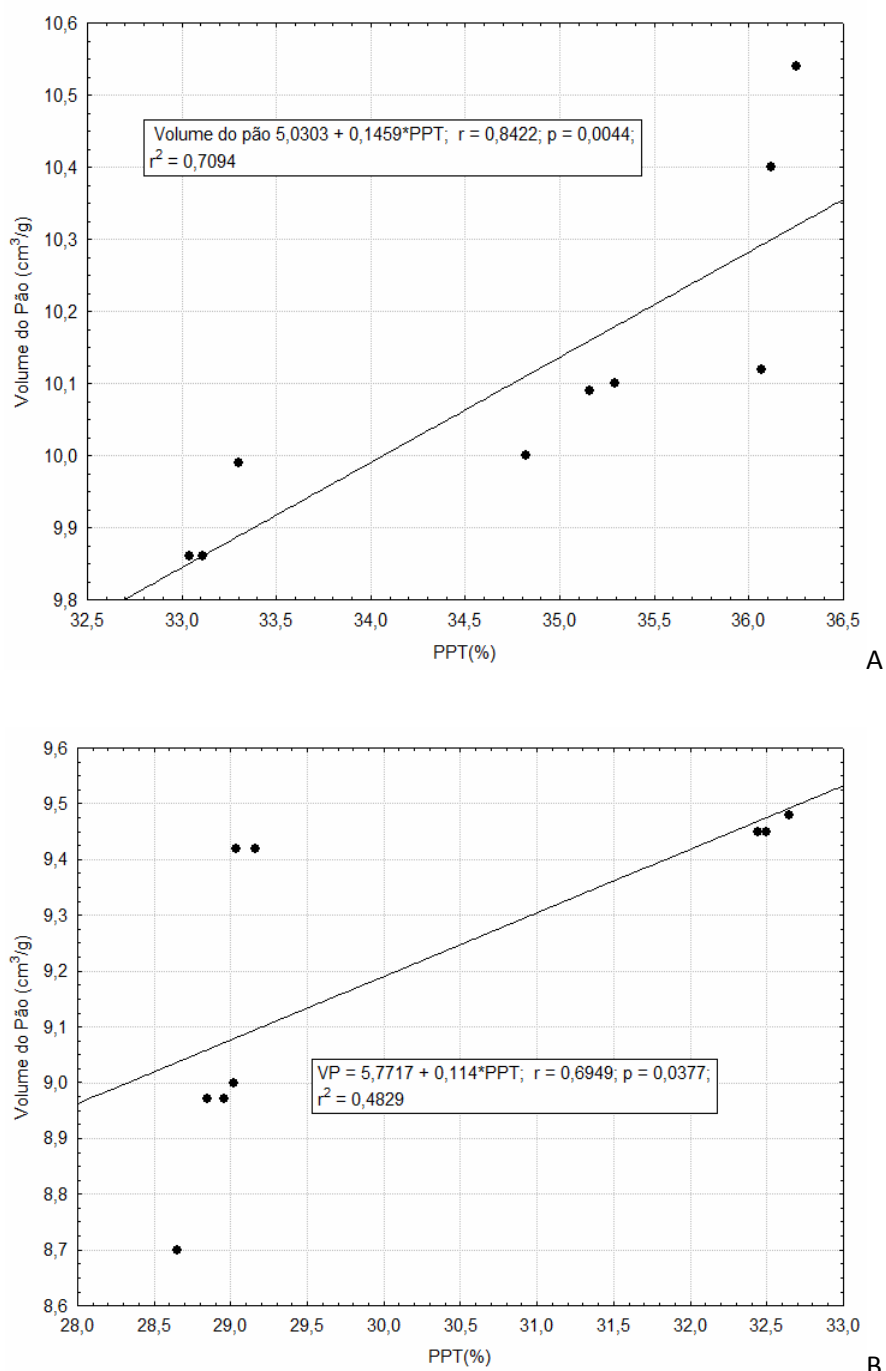


Figura 14 A e B - Correlação do volume do pão (cm³/g) com o percentual de proteína polimérica total na proteína. A e B farinhas de trigo Necochea e Up-River respectivamente.

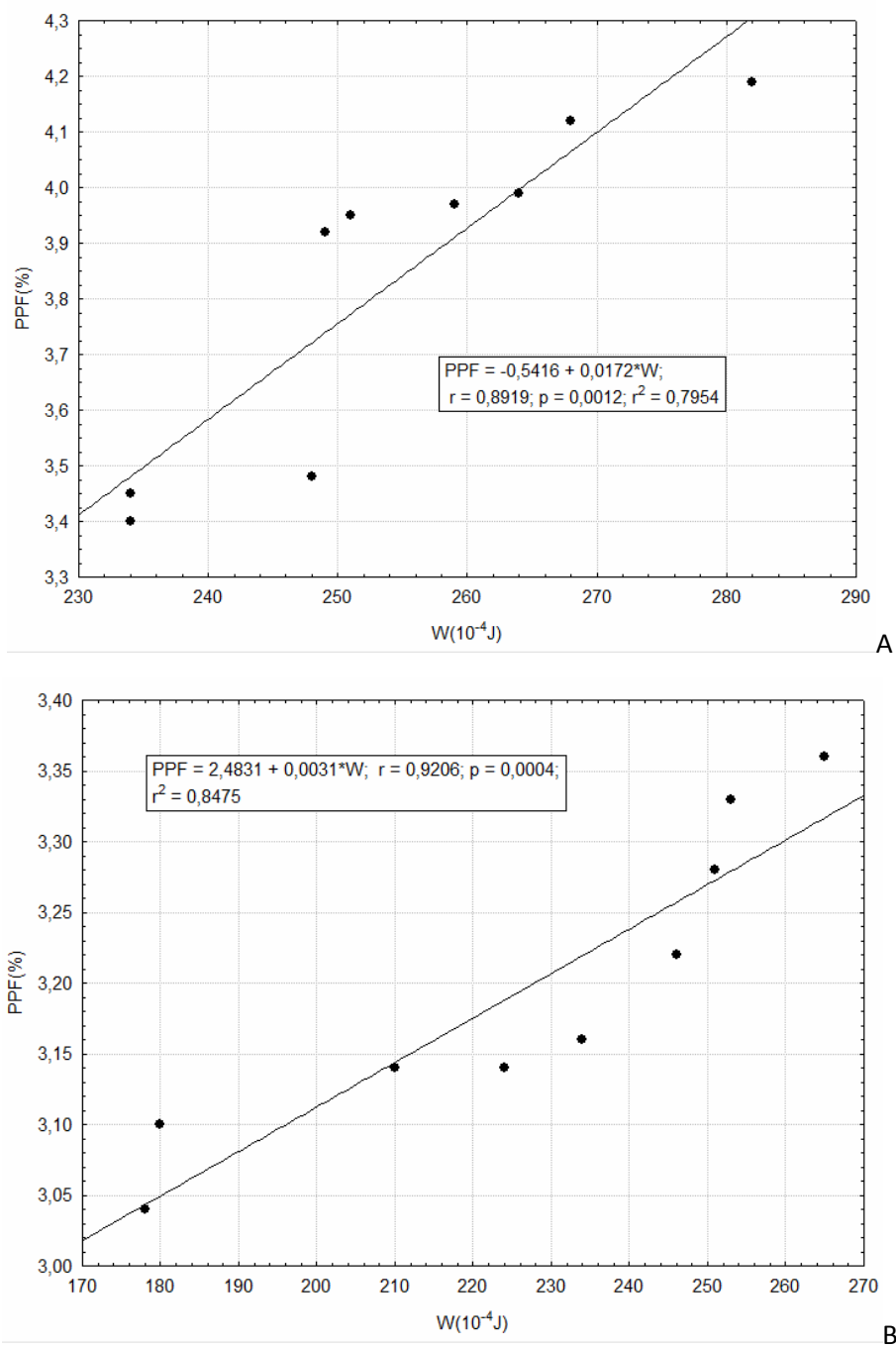
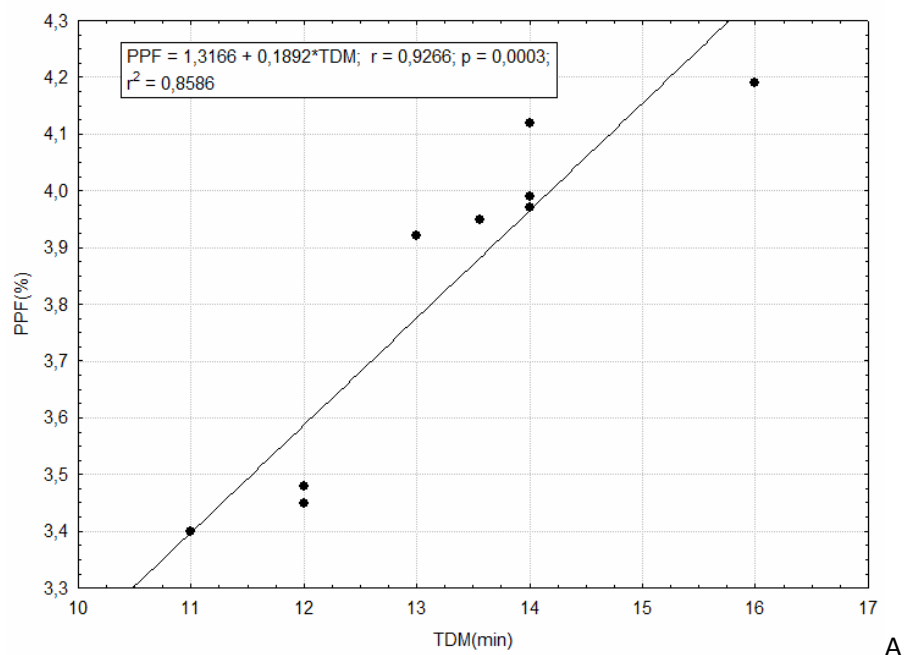
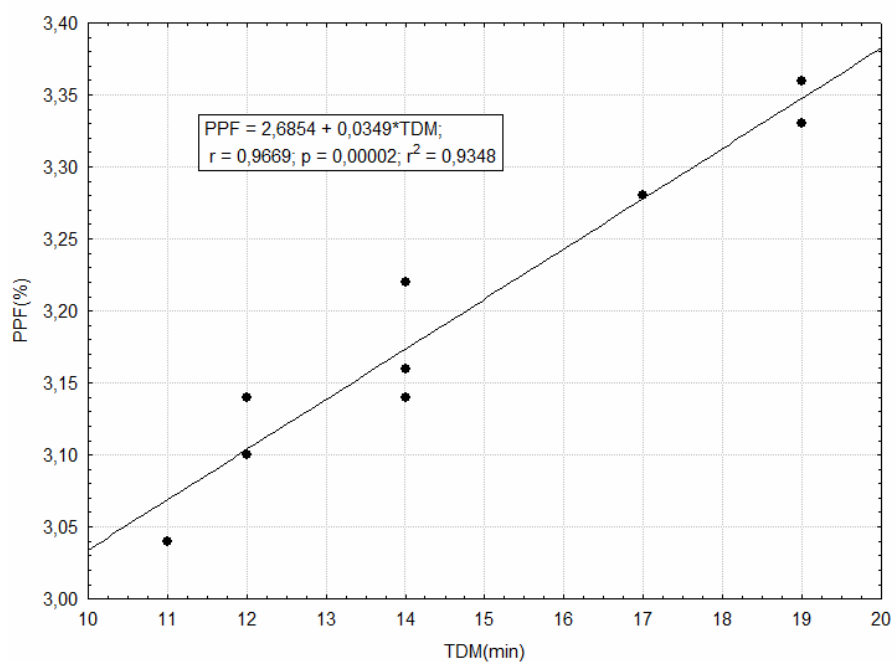


Figura 15 A e B - Correlação do percentual de proteína polimérica na farinha (Pico1) com a força do glúten W (10⁻⁴ J).



A



B

Figura 16 A e B - Correlação do percentual de proteína polimérica na farinha com o tempo de desenvolvimento da massa TDM (min). A e B farinhas de trigo Necochea e Up River respectivamente.

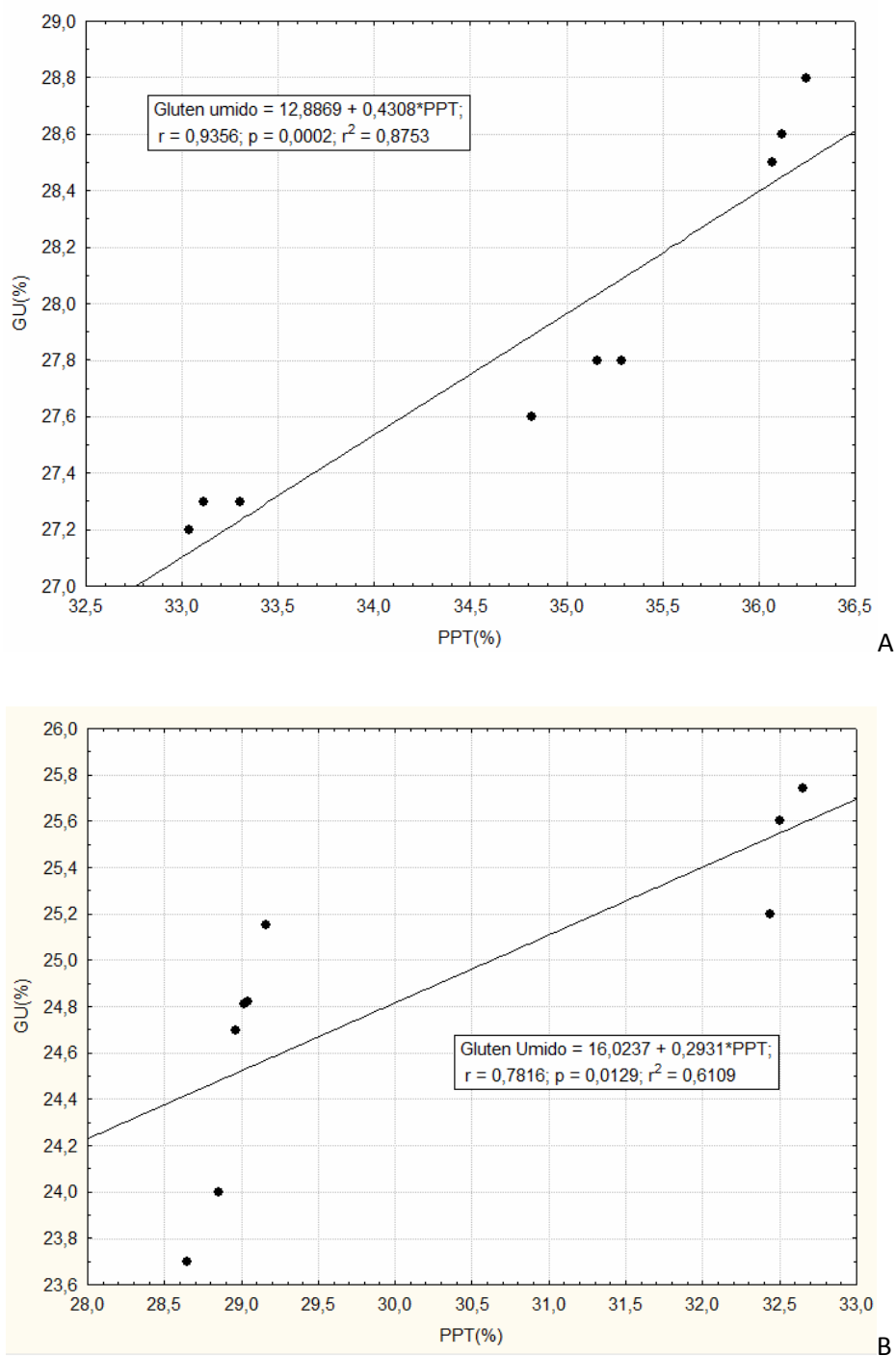


Figura 17A e B - Correlação do percentual do glúten com o percentual de proteína polimérica na proteína . A e B farinhas de trigo Necochea e Up-River respectivamente.

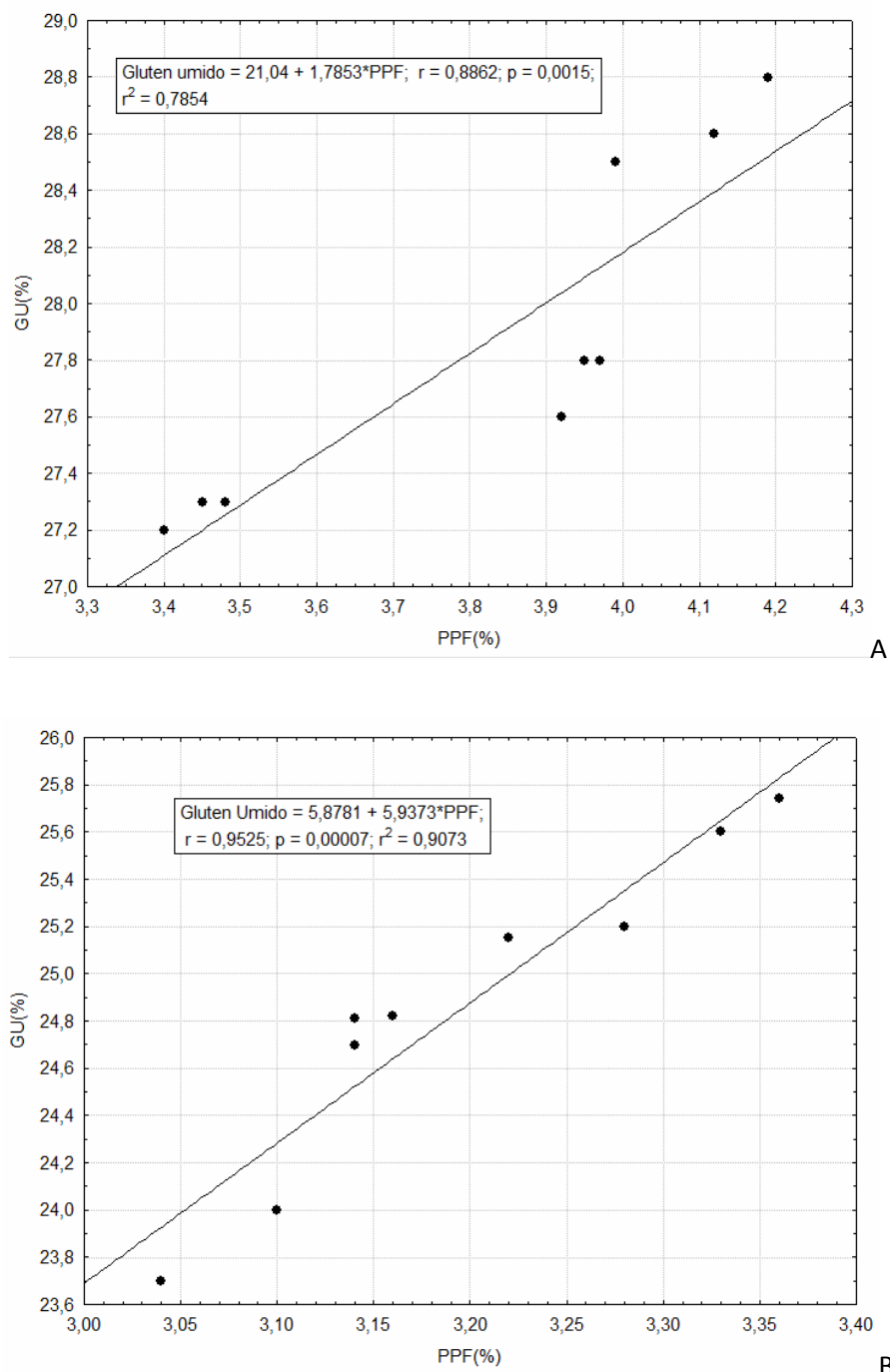


Figura 18A e B - Correlação do percentual de glúten com o percentual de proteína polimérica na farinha . A e B farinhas de trigo Necochea e Up-River respectivamente.

De uma maneira geral os parâmetros alveográficos apresentaram boas correlações com os parâmetros de HPLC (% PPT, % PPF e GLI/GLU), com valores superiores a 0,75 para ambos os trigos. Como a análise alveográfica é uma análise de rotina na indústria isso vem reforçar a utilização desta análise para avaliar a qualidade das farinhas para panificação.

Encontrado correlações significativas entre o volume do pão e TDM com valores de 0,90 e 0,82 para as farinhas de Necochea e Up-River.

Os valores de PPT apresentaram correlação estatisticamente significativa com o volume do pão com valores de 0,84 e 0,69 para as farinhas de Necochea e Up-River respectivamente.

Da mesma forma os valores de PPF também apresentaram correlações significativas com o volume do pão conforme Figura 14.

Ainda os valores de PPF apresentaram correlações significativas entre W (a força do glúten) e entre o TDM conforme Figuras 15 e 16.

Para as amostras em estudo o percentual de glúten teve correlações estatisticamente significativas com o percentual de proteína polimérica na proteína e percentual de proteína polimérica na farinha conforme mostrado nas Figuras 17 e 18.

Os valores percentuais da área de frações de proteínas separadas por SE-HPLC apresentaram correlações significativas com características de qualidade, indicando associações de distribuição de peso molecular das proteínas com características de qualidade. Especificamente, frações de proteína polimérica com elevado peso molecular (pico 1) mostraram um efeito positivo sobre a performance de panificação. Podemos observar que as farinhas de trigo Necochea apresentaram valores superiores de percentual de proteínas poliméricas na proteína e valores superiores de volume do pão.

Bietz (1984), Huebner and Bietz (1985), Dachkevitch and Autran (1989) , encontraram significativas associações entre parâmetros de SE-HPLC, especialmente proporção do primeiro pico com qualidade de panificação. Segundo Bietz 1986 as correlações podem variar bastante dependendo do nível de extração da proteína. Segundo Dachkevitch e Autran 1989, não foi encontrada correlação significativa quando ocorreram níveis intermediários de extração de proteína. Neste estudo os problemas de extratibilidade foram controlados adequando a sonicação (Singh *et al* 1990). Em função disso foram obtidas fortes correlações entre quantidade relativa de glutenina e qualidade de panificação.

A razão GLI/GLU (pico2/pico1) apresentou correlações significativas com o TDM, o W, extensibilidade, glúten, PPT e PPF.

Gupta, Batery e MacRitchie (1992) concluíram que a proporção de glutenina e percentual de glutenina na farinha tiveram relação com extensibilidade, tempo de desenvolvimento da massa, volume de pão e máxima resistência á extensão. Segundo Uthayakumaran *et al* (1999) o tempo de mistura depende do teor de proteínas e da variedade estudada assim como o aumento no teor de proteínas da farinha tem relação positiva com resistência máxima, volume do pão e extensibilidade. Neste estudo o trigo de UP RIVER não apresentou boa correlação para a resistência máxima á extensão.

5. CONCLUSÕES

Características alveográficas TDM e W estão significativamente correlacionadas com percentual de proteína polimérica na proteína e percentual de proteína polimérica na farinha, indicando que a análise alveográfica é um bom instrumento para avaliação da qualidade tecnológica das farinhas para panificação na indústria de processamento de grãos.

Das características extensográficas apenas a extensibilidade apresentou correlações significativas com os parâmetros de HPLC, percentual de proteína polimérica na proteína, percentual de proteína polimérica na farinha para as farinhas de trigo das duas regiões.

As amostras de farinha de trigo de Necochea apresentaram um perfil de panificação superior ao das amostras de farinha de trigo de Up-River, quando submetidas à comparação entre seus resultados obtidos, nos métodos de análises aplicados. Resultados esses apresentados na eletroforese em função do escore obtido, em glúten, percentual de proteína polimérica na proteína, percentual de proteína polimérica na farinha, volume do pão e maior equilíbrio entre as forças viscoelásticas refletindo nos resultados de Gli/Glu e P/L.

Constatou-se, ao final que as amostras em estudo provenientes das duas regiões têm boa qualidade tecnológica para panificação com destaque para as amostras provenientes da região de Necochea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTRY. **Approved Methods of the AACCC**, 1995. 1200p.

ATWELL, W. A. **Wheat Flour: Pratices Guides for the Food Industry**. 1 ed. St Paul, Minnesota, Eagan Press, 137 p. 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the AOAC**. 12.ed.Washington DC, 1975. 110p.

AUSSENAC, T.; CARCELLER, J. L.; KLEIBER, D. Changes in SDS solubility of glutenin polymers during dough mixing and resting. **Cereal Chemistry**. V.78, p.39-45, 2001.

BATEY, IL.; GUPTA, R. B.; MACRITCHIE, F. Use of size-exclusion high-performance liquid chromatography procedure. **Cereal Chemistry** . v. 68, p.207-209, 1991.

BIETZ, J. A. Analysis of wheat gluten proteins by high-performance liquid chromatography. **Baker's Dig**. V.58, p. 15-17, 20-21, 32, 1984.

BIETZ, J. A.; HUEBNER, F. R. Struture of glutenin: Achievements at the Northern Regional Research Center, Ann. **Technologic Agriculture**. V.29, p.249-277, 1980.

BIETZ, J. A. High-performance liquid chromatography of cereal proteins. Adv. **Cereal Sci. Technol**. 8:105-170, 1986.

BLOKSMA, A.H. Rheology and chemistry of dough. In: POMERANS, Y. **Wheat Chemistry and Technology**. Saint Paul, Minnesota, AACCC, 1971. p. 523-568.

BRABENDER OHG., Duisburg, 1990. Operating Instructions for Laborfix 90.

BRANLARD, G.; DARVELET, M. Diversity of grain proteins and bread wheat quality. 1. Correlation between gliadin bands and flow quality characteristics. **Journal of Cereal Science**, v.3, p.329-343, 1985.

BRANLARD, G.; DARVELET, M. Diversity of grain proteins and bread wheat quality. 2. Correlation between gliadin bands and flow quality characteristics. **Journal of Cereal Science**, v.3, p.345-354, 1985.

BRASIL. Ministério da Agricultura e reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para Análise de sementes**. Brasília, 1992. 365p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº354, de 18 de julho de 1996. Norma técnica referente a farinha de trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, D. F. nº140, 22 julho, 1996

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 8, 03 jun. 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 jun. 2005, Seção 1, n. 105, p. 91.

BUNGE ALIMENTOS , metodologia para preparação de pão francês MAP-04-PD-054

BUNGE ALIMENTOS , metodologia para medição de volume do pão MAP-04-PD-061

CALDEIRA, N. Q. N. et al. Diversidade de trigo, tipificação de farinhas e genotipagem. **Rev. Biotec. Cien. Desenv.**, Brasília, v. 3, n. 16, p. 44-48, 2000.

CAMARGO, C. R. O.; CAMARGO, C.E.G., Trigo: Avaliação tecnológica e novas linhagens. **Bragantia**, v. 46, n. 2, p. 81-169, 1987

CARVALHO, D. **Controle de qualidade de trigo e derivados e tratamento e tipificação de farinhas**. Granotec do Brasil (apostila), 1999.

CIAFFI, M.; TOZZI, L.; LAFIANDRA, D. Relationship between flour protein composition determined by size-exclusion high-performance liquid chromatography and dough rheological parameters. **Cereal Chemistry**, v. 73, p. 346-351, 1996

DACHKEVITCH, T.; AUTRAN J.C. Prediction of baking quality of Bread wheats in breeding programs by size-exclusion high performance liquid chromatography. **Cereal Chemistry**, v.66,n.6,p.448-456, 1989.

DALLA RIZZA, M. ; DELLAVALLE, P. D. ; VAZQUEZ, D.; CASTRO, M. Improved resolution of nonsilica-based size-exclusion HPLC column for wheat flour protein analyses. **Cereal chemistry**,v.82, n3, p287-289, 2005

DIAS, R. O. Perfil protéico e uso de marcadores relacionados á qualidade de panificação em trigo. 2011.37f. Dissertação (Mestrado em Genética) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2010

DOBRAZCZYK, B. J.; MORGENSTERN, M. P. Rheology and the breadmaking process. **Journal of Cereal Science**, v.38, n3, p229-245, 2003.

DONNELLY, B. J. ; PONTE, J. G. Pasta: raw materials and processing. In: KULP, K; PONTE, J. G. (2ed). Handbook of Cereal Science and Technology. New York : Marcel Dekker, 2000. p. 647-666

D'OVIDIO, R.; MASCI, S. The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten. **Journal of Cereal Science**,London, v. 39, p. 321-329, 2004.

EL-DASH, A.A. An objective experimental baking test using the farinograph and extensigraph. In: AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Annual Meeting, 61., New Orleans, 1976.

FANAN, S. et al. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelos testes de envelhecimento acelerados e de frio. **Rev. Bras. Sementes**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 152-158, 2006.

FARONI, L. R. D. et al. Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. **Rev. Bras. Eng. Agric. Amb.**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 115-119, 2007.

FENNEMA, O. R.; **Química de los alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1996

FERREIRA, R. A. Trigo: o alimento mais produzido no mundo. **Nut. Brasil**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 45-52, 2003.

GIECO, E. A.; DUBKOVSKY, J.; CAMARGO, L. E. A. Interaction between resistance to *Septoria tritici* and phonological stages in wheat. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 422-426, 2004.

GUARIENTI, E. M. Qualidade industrial de trigo. 2ªed. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. 36p. (*EMBRAPA –CNPT. DOCUMENTOS*, 27).

GUTKOSKI, L. C.; NETO, R. J. Procedimento para Teste Laboratorial de Panificação - Pão tipo Forma. **Rev. Cien. Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 873-879, 2002.

GERMANI, R.; EL DASH, A. A.; 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, p.97, 1994.

GIANIBELLI, M. C.; LARROQUE, O.R.; MACRITCHIE, F.; WRIGLEY, C.W. Biochemical genetic and molecular characterization of wheat glutenin and its component subunits. **Cereal Chemistry**. V.78, n6, p. 635-646, 2001.

GIROUX, M. J. ; MORRIS, C. F. Wheat grain hardness results from highly conserved mutations in the friabilin components puroindoline a and b. **Proc. Natl. Acad. Sci.** V. 95, p.6262-6266,1998.

GREENAWAY, W. T. A wheat hardness index. **Cereal Science Today**, v. 14, n.2, p.4-6,1969.

GUPTA, R. B.; BATEY, I. L.;MACRITCHIE, F. Relationships between protein composition and functional properties of wheat flours. **Cereal Chemistry**. V.69, n.2 p. 125-131. 1992.

GUPTA R. B.; BATEY, I. L.; MACRITCHIE, F. Biochemical basis of flour properties in bread wheats. I. Effects of variation in the quantity and size distribution of polymeric protein. **Journal of Cereal Science**. v. 18, n.1, p.23-41, 1993.

GUPTA, P. K. ; MIR, R. R. ; MOHAM, A. ; KUMAR, J. Review article: Wheat genomics: present status and future prospects. **International Journal of Plant Genomics**. P. 1-36, 2008

HAARD, N. F. Características de los tejidos vegetales comestibles: In: FENNEMA, O. R. (Ed.). **Química de los Alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1992. p. 966-967.

<http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/index.htm>

<http://www.trigoargentino.com.ar/2009/ESP/index.html>

<http://www.abitrigo.com.br/pdf/PART-MERCADO-FARINHA-DERIVADOS-2012.pdf> consulta em 10 de janeiro de 2012.

http://www.secom.gov.br/sobre-a-secom/nucleo-de-comunicacao-publica/copy_of_em-questao-1/edicoes-anteriores/novembro/boletim-1163-11.11

HOSENEY, R. C. Principios de ciência e tecnologia de los cereales. Zaragoza: Acribia, 1991.

HOSENEY, R. C. Principles of Cereal Science and Tecnology, American Association of Cereal Chemistry, St Paul, Minnesota, USA, 1994, 825p.

HUEBNER, F. R.; WALL, J.S. Fractionation and quantitative differences of glutenin from wheat varieties varying in baking quality. *Cereal Chemistry*. V.53, n.3 p.439-269, 1976.

HUEBNER, F. R. And BIETZ, J, A. 1985. Detection of quality differences among wheats by high-performance liquid chromatography. **J. Chromatogr.** 327:333-342

HUEBNER, F. R. And BIETZ, J, A. 1999. Quantitation and reproducibility problems in reversed-phase and size exclusion HPLC analyses of wheat proteins. **Cereal Chemistry**. 76:299-302

KREIS, M.; SHEWRY, P. R.; FORDE, B. G.; FORDE, J.; MIFLIN, B. J. **Structure and evolution of seed storage proteins and their genes with particular references to those of wheat, barley and rye**. In: Oxford University Press: London. P. 253-317 1985.

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

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR CEREAL CHEMISTRY. 1976 Norm ICC N° 110/01. **Determination of the moisture content of cereal products** - Practical Method. Vienna, 1976.

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR CEREAL CHEMISTRY . 1960 (Revised 1990). Norm ICC N°. 104/1. Determination of Ash in Cereals and Cereal Products.

LAEMMLI, U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. **Nature**, v.227, p.680-685, 1970.

LARROQUE, O. R.; GIANIBELLI, M. C.; GOMEZ SANCHEZ, M.; MACRITCHIE, F. Procedure for obtaining table proteins extracts of cereal flour and whole meal for size exclusion HPLC analysis. **Cereal Chemistry**. V77. P. 448-450, 2000.

LARROQUE, O. R., GIANIBELLI, M. C., BATEY, I. L., AND MACRITCHIE, F.1997a. Electrophoretic characterisation of fractions collected from gluten protein extracts subjected to size-exclusion high-performance liquid chromatography. *Electrophoresis* 18:1064-1067.

LARROQUE, O. R., UTHAYAKUMARAN, S., AND BEKES, F. 1997b. A rapid SE-HPLC analysis of polymeric protein. Pages 439-442 in: Proc. 47th **Australian Cereal Chemistry Conference**. C. W. Wrigley and A. Ross, eds. RACI: North Melbourne, Australia.

LEWIS, M. J. **Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado**. Zaragoza: Acribia, 1993. p.155.

LIU, S.; CHAO, S.; ANSERDON, J. A. New markers for high molecular weight glutenin subunit in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*.v.118.p.177-183,2008

LUKOW, O.M., PAYNE, P.I. AND TKACHUK, R. (1989). The HMW glutenin subunit composition of Canadian wheat cultivars and their association with bread-making quality. *J. Sci. Food. Agric.* 46: 451-460.

MCKEVITH, B. Nutritional aspects of cereals. British Nutrition Fundation. **Nutrition Bulletin**, v. 29, p. 111-124, 2004

MACRITCHIE, F. Physicochemical properties of wheat proteins in relation to functionality. *Adv. Food Nutr.* V.36, n1, p1-87.1992.

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

MACRITCHIE, F. Wheat Proteins: Characterization and Role in Flour Functionality. **Cereal Foods World**. V.44, n.2, p.188-193,1999.

MACRITCHIE, F. Wheat Proteins: Characterization and Role in Flour Functionality. **Cereal Foods World**. V.44, n.2, p.188-193,1999

MANDARINO, J. M. G. Aspectos importantes para a qualidade do trigo. Londrina; EMBRAPA – CNPSo, 1993.31p.

MATSUO, R. R.; DEXTER, J. E. Relation ship between some durum wheat characteristics and semolina milling propertis. **Canadian Journal fo Plant Science**, v. 60, p.49-53, 1980

MAZZUCO, H. et al. 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. **R. Braz. Zootec.**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 2221-2226, 2002.

MIRANDA, M. Z.; MORI, C.; LORINI, I **Qualidade do trigo brasileiro – safra 2004**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005b.92p. (Embrapa Trigo, Documentos 52)

OHM, J.B.; ROSS, A.S.; PETERSON, C. J.; MORRIS, C. F.Relationships of quality characteristics with size-exclusion HPLC chromatogram of protein extract in soft white winter wheats. **Cereal Chemistry**.v.86(2).p.197-203,2009

OSBORNE, T. B. The proteins of the wheat Kernel, Carnegie Intitution of Whashington, Publication, **Judd & Detweiler**, INC, nº 84. 1907.

PAYNE, P. I.; LAW, C. N.; MUDD, E.E. Control by homoeologous group 1 chromosomes on the high-molecular weight subunits of glutenin, a major protein of wheat endosperm. *Theoretical and Applied Genetics*.v.58,p.113-120, 1980

PAYNE, P.I.;CORFIELD,K.G.; HOLT,L.M.; BLACKMAN, J. A. Correlations between the inheritance of certain high molecular weight subunits of glutenin and bread-making quality in progenies of six crosses of bread wheat. **J. Sci. Food. Agric.** v.32,n.1.p.51-60,1981

PAYNE, P. I.; LAWRENCE, G. L. Catalogue of alleles for the complex gene loci, *Glu-A1*, *Glu-B1* and *Glu-D1* which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. **Cereal Research Communications**, Szeged, v. 11, n. 1, p. 29-35, 1983.

PAYNE, P. I.; NIGHTINGALE, M.A.; KRATTIGER, A. F.; HOLT, L. M. The relationship between HMW-GS glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. *J. Sci. Food Agric.* V. 40, n.1, p.51-65, 1987.

PEREIRA, P. S. J. **Tecnologia de Moagem I**. Fortaleza: SENAI/CERTREM, 2001.

PEREIRA, R. A. J. **Tecnologia de Moagem II**. Fortaleza: SENAI/CERTREM, 2001.

PIROZI, M. R. Avaliação da qualidade tecnológica de variedades de trigo (*Triticum aestivum*) durante o armazenamento. Lavras: UFLA, 1995, 149p. (Dissertação de Mestrado).

PIROZI, M. R.; MARGIOTTA, B.; LAFIANDRA, D. E.; MACRITCHIE, F. Composition of polymeric proteins and Bread – making quality of wheat lines with allelic HMW-GS- GS differing in number of cysteines. *Journal of Cereal Science*. Available online 4 September 2007.

PIZZINATO, A. **Qualidade da farinha de trigo: conceitos, fatores determinantes, parâmetros de avaliação e controle**. Campinas: ITAL, 1997.62p.

POMERAZ,Y. *Modern Cereal Science and Technology*. New York:VHC,1987.486p.

PORTAL do AGRONEGÓCIO 12/07/2010. <
<http://portaldoagronegocio.com.br/conteúdo.php?id=41222>>

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

PRATT JUNIOR, D.B. Criteria of flour quality. In: POMERANZ, Y. *Wheat Chemistry and Technology*. Saint Paul, Minnesota, AACC, 1971. p.201-226. QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de la panificación**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1991. p. 34-39, 51-57 e 61-64.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de la panificación**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1991. p. 34-39, 51-57 e 61-64. 450 p.

RANKEN, M. D. **Manual de industrias de los alimentos**. 2ed. Zaragoza: Acribia, 1993. p. 151-192.

RAO, G. V.; RAO, P. H. Methods for determining rheological characteristics of doughs: a critical evaluation. **Journal of Science Technology**. V. 30, n.2 p. 77-78, 1993.

Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade do Trigo. Instrução Normativa N°. 7, de 15 de Agosto de 2001. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo.

ROSSI, R. M>; NEVES, M. F. **Estratégias para o trigo no Brasil**. 1º edição , São Paulo : Atlas, 224 p. 2004.

RUBIO, A. I.; MACRITCHIE, F.; GANDIKOTA, S.; HOU, G. Relaciones de La composición proteínica y mediciones reológicas em masa com La calidad panadera de harinas de trigo, *Revista Fitotecnia Mexicana*, v. 28, n.3, p. 243-251, 2005.

SALES, A. M. ; VITTI, P. Estudo preliminar sobre propriedades tecnológicas de panificação da farinha mista de trigo e amaranto. **Col. Ital**, Campinas, v. 17, n1, p.49-53, 1987.

SANTOS, L. S. **Perfil proteico e qualidade de panificacao em linhagens de trigo desenvolvidas para a regio do cerrado brasileiro**. 2008, 65p. Dissertacao (Mestrado em Ciencia e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Vicosa, Vicosa, MG,2008.

SHEWRY, P. R.; TATHAM, A. S. Disulphide bonds in wheat gluten proteins. **Journal of Cereal Science**. V.25, n.3, p.207-227, 1997.

SHEWRY, P. R.; TATHAM, A. S.; AND HALFORD, N. G. **The Prolamins of the Triticae**. In: Seed Proteins. P. R. Shewry and R. Casey, eds. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands. 1999.

SILVA, R. C. **Qualidade tecnológica e estabilidade oxidativa de farinha de trigo e fubá irradiados**. 2003. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SINGH, N. K.; DONOVAN, G. R.; BATEY, I. L.; MACRITCHIE, F. Use of sonification and size- exclusion high-performance liquid chromatography in the study of wheat flour proteins. II. Quantity of glutenin as a measure of breadmaking quality. *Cereal Chemistry*. V. 67, n.2, p. 161-170, 1990.

SINGH, N. K.; SHEPHERD, K. W.; LANGRIDGE, P.; GREEN, L. C. Purification and biochemical characterization of triticein, a legume-like protein in wheat endosperm. **Journal of Cereal Science**. V.3 n.3, p. 207-219, 1991.

TANADA-PALMU, P.S.; GROSSO, C. R. F. Development and characterization of edibles filmes base on glúten from semi-hard and soft brazilian wheat flours (development of filmes based on glúten from wheat flours). **Revista Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.23, n.2, p. 264-269, 2003

TAREKEGNE, A.; LABUSCHAGNE, M. T. Relationship between high molecular weight glutenin subunit composition and gluten quality in ethiopian-grown bread and durum wheat cultivars and lines. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Oxford, v. 191, n. 4, p. 300-307, 2005.

TATHAM, A. S.; MIFLIN, B. J.; SHEWRY, P. R.; The beta -turn conformation in wheat gluten proteins: Relationship to gluten elasticity. *Cereal Chemistry*. V. 62, p. 405-442, 1985.

TIPPLES, K. H.; PRESTON, K. R.; KILBORN, R.H.; Implications of the term strength as related to wheat and flour quality. **Bakers Digest**, Merrian, p. 16-20, 1982.

UTHAYAKUMARAN, S.; GRAS, P. W.; STODDARD, F. L.; BEKES F. Effect of varying protein content and glutenin-to-gliadin ratio on the functional properties of wheat dough. *Cereal Chemistry*. V.76, n.3 p. 389-394, 1999.

VASIL, I.K.; BEAN, S.; ZHAO, J.; MCCLUSKEY, P.; LOOKHART, G.; ZHAO, H.; ALTPETER, F.; VASIL, M. Evaluation of baking properties and glúten protein composition of Field grown transgenic wheat lines expressing high molecular weight glutenin gene 1Ax1. *J. Plant Physiol*. V. 158, n. 6, p. 521-528, 2001.

VIEIRA, A. P.; BARDIALE-FURLONG; OLIVEIRA, M. L. M. Ocorrência de micotoxinas e características físico-químicas em farinhas comerciais. **Rev. Cien. Tecnol. Alim.**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 221-225, 1999.

WEEGELS, P. L.; HAMER, R. J.; SCHOFIELD, J. D.; RP-HPLC and capillary electrophoresis of subunits from glutenin isolated by SDS and Osborne fractionation. *Journal of Cereal Science*, v.23, n.1, p.1-18, 1996.













WIESIR, H.; SEILMEIER, W.; BELITZ, H. D. Quantitative determination of gliadina subgroups from different wheat cultivares. *Journal of Cereal Science*. V.19,n.2, p.149-155, 1994.

XU, J.; BIETZ, J. A.; CARRIERE, C. V. Viscoelastic properties of wheat gliadin and glutelin suspension. **Food Chem.**, Reading, v. 101, n. 3, p. 1025-1030, 2007.

ZANATTA, A. C. A.; SILVA, S. D. dos 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. 6 p. html. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico online, 85). Disponível em:<http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co85.htm>. Acesso em: 22 setembro 2011.

ANEXOS

Anexo 1 : Formulário de avaliação das características de panificação

| TESTE DE PANIFICAÇÃO : AVALIAÇÃO SENSORIAL PÃO FRANCÊS | | | | | | | | | | | | |
|--|---|------|---------|--|--|--|--|--|--|---------------------|--|--|
| Nome: _____ | | | | | | | | | | Data ____/____/____ | | |
| <p>Você está recebendo 6 amostras de pão francês para avaliação das 5 principais características (internas e externas), coloque as notas comparando com as fotos.</p> | | | | | | | | | | | | |
| Critérios | | Nota | Amostra | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Pestana |  | 2 | | | | | | | | | | |
| |  | 4 | | | | | | | | | | |
| |  | 6 | | | | | | | | | | |
| |  | 8 | | | | | | | | | | |
| |  | 10 | | | | | | | | | | |
| Coloração da casca |  | 5 | | | | | | | | | | |
| |  | 8 | | | | | | | | | | |
| |  | 10 | | | | | | | | | | |
| Textura da casca |  | 5 | | | | | | | | | | |
| |  | 8 | | | | | | | | | | |
| |  | 10 | | | | | | | | | | |
| Coloração do miolo |  | 5 | | | | | | | | | | |
| | | 8 | | | | | | | | | | |
| | | 10 | | | | | | | | | | |
| Alveolagem do miolo | | 5 | | | | | | | | | | |
| | | 8 | | | | | | | | | | |
| | | 10 | | | | | | | | | | |