



BÁRBARA LOUISE ABREU PAIXÃO

**CONTROLE DE QUALIDADE APLICADO EM FARINHAS DE
TRIGO PRODUZIDAS NO ESTADO DO MARANHÃO:
ÊNFASE NAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E
REOLÓGICAS**

São Luís
2022

BÁRBARA LOUISE ABREU PAIXÃO

**CONTROLE DE QUALIDADE APLICADO EM FARINHAS DE
TRIGO PRODUZIDAS NO ESTADO DO MARANHÃO:
ÊNFASE NAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E
REOLÓGICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Curso da Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Harvey Alexander Villa Vélez

São Luís
2022

Paixão, Bárbara Louise Abreu.
CONTROLE DE QUALIDADE APLICADO EM FARINHAS DE TRIGO
PRODUZIDAS NO ESTADO DO MARANHÃO: ÊNFASE NAS ANÁLISES
FÍSICO-QUÍMICAS E REOLÓGICAS / Bárbara Louise Abreu Paixão. - 2022.
57 p.

Orientador(a): Harvey Alexander Villa Vélez.
Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2022.

1. Análises. 2. Farinha de Trigo. 3. Farinografia.
4. Reologia. 5. Trigo. I. Vélez, Harvey Alexander Villa. II. Título.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. HARVEY ALEXANDER VILLA VELEZ
Orientador – DEEQ/CCET/UFMA

Profa. Dra. MARIA DA GLÓRIA ALMEIDA BANDEIRA
DETEQI/CCET/UFMA

Profa. Dra. DIANA MARIA CANO HIGUITA
DEEQ/CCET/UFMA

27 de janeiro de 2022

Aos meus pais, as razões de tudo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, pelo milagre da vida e por me conduzir as escolhas que me proporcionaram todas as conquistas até o momento.

A dona Kenia, minha mãe, mulher que mais amo no mundo, que nunca mediu esforços para não deixar que nada me falte, sempre me incentivando, me entendendo e me aconselhando. Ao seu Estrela, meu pai, meu maior exemplo de honestidade, que certa vez me disse que eu deveria tentar sempre ser a melhor e desde então busco ser a melhor em tudo que faço. Ao meu irmão João Gabriel, por tornar a vida mais divertida com todas as conversas mirabolantes e brigas sobre quem comeu o último chocolate. Obrigada por serem minha base.

A tia Nildes, a quem considero uma segunda mãe, um exemplo de mulher guerreira e independente, que sempre acreditou no meu potencial e que em breve, possivelmente, será minha vizinha. A toda minha família que direta ou indiretamente contribuíram com essa jornada.

A Vinicius, por nunca ter me deixado desistir, por toda a calma, amor, carinho e companheirismo. Por todos os cadernos e materiais antigos que ajudaram bastante. Muito disso aqui, também é graças a você.

A Milena, minha dupla, pela parceria desde o primeiro dia, pelas madrugadas estudando cálculo e pelas milhares de caronas. Ao Gustavo, que nunca me disse não quando eu precisei de ajuda, e não foram poucas vezes. A Anny, por todas as conversas, conselhos e risadas. Ao Kauan, por tornar os dias mais leves, divertidos e nunca negar uma Keila. Ao Julles, por toda a paciência de sempre ensinar e ajudar nos mais diversos assuntos. Aos amigos que a graduação me contemplou fazer e que sempre farão parte da minha história, Andrew, Luciana, Emilio e Mateus.

Ao Prof. Dr. Harvey Alexander Villa Vélez, pela orientação ao longo desses anos, por ter acreditar no meu potencial e me receber de portas abertas no seu laboratório. Por toda preocupação, cuidado e compreensão.

A Nyliã, minha supervisora, por ter me escolhido e dado a oportunidade de me desenvolver profissionalmente na empresa, por todas as conversas e ensinamentos.

Por fim, mas não menos importante, eu agradeço a mim mesma por sempre me manter firme e focada nos momentos difíceis. Esse é só o começo!

“A vida é combate, ...”
Gonçalves Dias

PAIXÃO, B. L. A. **Controle de qualidade aplicado em farinha de trigo produzidas no estado do maranhão: ênfase nas análises físico-químicas e reológicas.** 2022. 57 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2022.

RESUMO

A farinha proveniente da moagem do trigo é base para fabricação de diversos alimentos essenciais para uma dieta balanceada. Desta forma, atender aos critérios de qualidade é primordial para o desenvolvimento da indústria moageira bem como atendimento do mercado. A qualidade tecnológica da farinha e as suas características nutricionais modificam-se de acordo com as condições nas quais o grão de trigo foi plantado, colhido e armazenado, sendo necessária a realização de testes experimentais para monitoramento das suas características. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade de trigos provenientes de porões de quatro diferentes navios, bem como das farinhas obtidas a partir da moagem desses grãos. Para tanto, análises físicas do teor de cinzas, colorimetria, número de queda, teor de glúten e teor de umidade, e reológicas de farinografia e extensografia foram realizadas. As análises realizadas basearam-se nos métodos descritos pela AACCC – Approved Methods of Analysis. Os resultados mostram que todas as amostras de grãos e farinha de trigo estão de acordo com a legislação vigente. Somente a amostra IV apresentou um valor abaixo do recomendado para o teor de glúten (25.77%). Os percentuais da enzima alfa-amilase estavam baixos, no entanto essa deficiência é facilmente corrigida com a adição de microingredientes. Os testes reológicos afirmam que todas as farinhas são classificadas como forte e boas para produção de panificáveis.

Palavras-chave: Trigo, farinha de trigo, análises, farinografia, glúten, reologia, número de queda.

PAIXÃO, B. L. A. **Quality control applied to wheat flour produced in the state of Maranhão: emphasis on physical-chemical and rheological analysis.** 2022. 57 f. Graduate Work (Graduate in Chemical Engineering) – Curso de Engenharia do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2022.

ABSTRACT

Flour from wheat milling is the basis for the manufacture of several essential foods for a balanced diet. In this way, meeting the quality criteria is essential for the development of the milling industry as well as market service. The technological quality of the flour and its nutritional characteristics change according to the conditions in which the wheat grain was planted, harvested and stored, making it necessary to carry out experimental tests to monitor its characteristics. In this sense, this work aimed to evaluate the quality of wheat from the holds of four different ships, as well as the flour obtained from the milling of these grains. Therefore, physical analysis of ash content, colorimetry, drop number, gluten content and moisture content, and rheological analysis of farinography and extensography were performed. The analyzes carried out were based on the methods described by the AACC - Approved Methods of Analysis. The results show that all samples of grains and wheat flour are in accordance with current legislation. Only sample IV showed a value below the recommended for gluten content (25.77%). The alpha-amylase enzyme percentages were low, however this deficiency is easily corrected with the addition of micro-ingredients. Rheological tests claim that all flours are classified as strong and good for producing baked goods.

Keywords: Wheat, wheat flour, analysis, farinography, gluten, rheology, falling number.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do grão de trigo.....	20
Figura 2 – Representação da curva de farinografia	29
Figura 3 – Representação do fluxo de ensaio do glúten	33
Figura 4 – Diagrama de farinografia para a amostra I.....	44
Figura 5 – Diagrama de farinografia para a amostra II	44
Figura 6 – Diagrama de farinografia para a amostra III	45
Figura 7 – Diagrama de farinografia para a amostra IV	45
Figura 8 – Diagrama de extensografia para a amostra I.....	47
Figura 9 – Diagrama de extensografia para a amostra II.....	47
Figura 10 – Diagrama de extensografia para a amostra III	48
Figura 11 – Diagrama de extensografia para a amostra IV	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classes do Trigo do Grupo II destinado à moagem e a outras finalidades segundo a INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 38, DE 30 DE NOVEMBRO DE 2010.....	19
Tabela 2: Composição química do grão de trigo integral, do farelo, do endosperma, do gérmen. (% base seca).	21
Tabela 3: Valores mínimos exigidos pelo MAPA do PH.....	25
Tabela 4: Teores de cinza adequados para diversos tipos da farinha de trigo.....	26
Tabela 5: Intervalo de Falling Number adequado a diversos produtos.	28
Tabela 6: Resultados de umidade inicial (UI) e umidade final (UF) do grão, peso hectolitro (PH) e tempo de descanso (t) das farinhas de trigo, produzidas em um moinho no estado do Maranhão.	36
Tabela 7: Resultados de umidade, cor (L), cor (b) e cinzas das farinhas de trigo, produzidas em um moinho no estado do Maranhão.	38
Tabela 8: Resultados de número de queda (FN), glúten úmido (GU), glúten index (GI) e glúten seco (GS) das farinhas de trigo produzidas em um moinho no estado do Maranhão.....	40
Tabela 9: Resultados da farinografia: Absorção de água (ABS), tempo de desenvolvimento (TDM), estabilidade (EST) e índice de tolerância à mistura (ITM) das farinhas de trigo produzidas em um moinho no estado do Maranhão.	42
Tabela 10: Resultados da extensografia: Energia (A), resistência a extensão (R), extensibilidade (EXT) e número proporcional (NP) das farinhas de trigo produzidas em um moinho no estado do Maranhão.	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Área
ABS	Absorção de água
E	Extensibilidade
EST	Estabilidade
ITM	Índice de Tolerância a Mistura
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NF	Falling Number ou Número de Quedas
NP	Número Proporcional
PH	Peso Hectolitro
R	Resistencia a Extensão
R _m	Resistencia Máxima
SUNAB	Superintendência Nacional de Abastecimento
t	Tempo de descanso
TDM	Tempo de desenvolvimento da massa
UF	Umidade Final
UI	Umidade Inicial

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral	17
2.1 Objetivos específicos.....	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 HISTÓRICO DO TRIGO NO BRASIL E NO MUNDO:	18
3.2 HISTÓRICO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DO TRIGO:	18
3.3 COMPOSIÇÃO DO GRÃO DE TRIGO	20
3.4 MOAGEM.....	22
3.4.1 Recepção e armazenamento.....	22
3.4.2 Limpeza	22
3.4.4 Moagem do trigo	23
3.4.5 Embalagem da farinha.....	24
3.5 TESTES DE QUALIDADE E ANÁLISES LABORATORIAIS	24
3.5.1 Ensaio Físicos em Grãos de Trigo	24
3.5.2 Ensaio Físico-Químicos na Farinha de Trigo	25
3.5.2.1 Teor de Umidade	25
3.5.2.2 Teor de Cinzas	26
3.5.2.3 Colorimetria.....	27
3.5.2.4 Número de Queda (Falling Number).....	27
3.5.2.5 Teor de Glúten Úmido, Seco e Index	28
3.5.3 Propriedades Reológicas da Farinha de Trigo.....	28
3.5.3.1 Farinografia	28
3.5.3.2 Extensografia	29
4 MATERIAL E MÉTODOS	31
4.1 ENSAIOS FÍSICOS EM GRÃOS DE TRIGO	31
4.2 ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS NA FARINHA DE TRIGO	31
4.2.1 Teor de umidade	31
4.2.2 Teor de Cinzas	31
4.2.3 Colorimetria.....	32
4.2.4 Número de Queda (Falling Number).....	32

4.2.5 Teor de Glúten Úmido, Seco e Index	32
4.3 PROPRIEDADES REOLÓGICAS DA FARINHA DE TRIGO	33
4.3.1 Farinografia	33
4.3.2 Extensografia	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 ENSAIOS FÍSICOS EM GRÃOS DE TRIGO	36
5.2 ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS NA FARINHA DE TRIGO	38
5.3 PROPRIEDADES REOLÓGICAS DA FARINHA DE TRIGO	42
6 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização, o trigo está presente na alimentação humana. Inicialmente os grãos eram triturados com a utilização de pedras e o produto resultante era misturado com outros alimentos e consumidos como uma espécie de sopa. No Brasil, chegou em meados de 1534, porém o cultivo do cereal foi dificultado devido ao clima quente (ABITRIGO, 2021).

O trigo é um cereal que pertence ao conjunto de alimentos que o Ministério da Saúde (2014) recomenda que seja consumido em maior quantidade para se obter uma dieta balanceada, sendo considerado então a base da pirâmide alimentar. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (2021), esse cereal ocupa o segundo lugar entre os alimentos mais consumidos mundialmente e a tendência é que haja um crescimento de 2,5% (19,1 milhões de toneladas) em sua produção global no ano de 2021, alcançando a marca histórica de 778,6 milhões de toneladas/ano. Nesse cenário, o Brasil é o sexto maior importador mundial (FAO, 2021).

A grande demanda pelo trigo e seus derivados, mais especificamente a farinha de trigo, está atrelada ao fato de fazer parte da composição de inúmeras comidas que compõem o hábito alimentar brasileiro, sendo fonte de proteínas, carboidratos, fibras e cálcio, essenciais para uma dieta balanceada. A farinha é obtida por meio do processo de moagem, passando por inúmeras etapas, desde a recepção até o envase do produto final. O grão chega aos moinhos contendo impurezas, sendo necessária a lavagem e purificação no momento do recebimento e nos demais processos para que não ocorram contaminações (ABITRIGO, 2021).

O grão de trigo é dividido em três partes: a casca, o gérmen e o endosperma. A casca é formada por fibras e é transformada em farelo sendo destinada principalmente para a nutrição animal. O gérmen é conhecido como embrião do grão e pode ser comercializado como óleo, sendo rico em lipídios, açúcares e vitaminas. O endosperma é a farinha propriamente dita e é composta por proteínas e amido. No processo de moagem, o endosperma é separado do farelo e para tal, o grão é umidificado e posto em repouso para que a quebra da casca seja facilitada. Para que ocorra uma separação efetiva, são utilizados rolos de moagem em bancos de cilindros seguidos pelo peneiramento em “*plansifters*” ou peneiras, sendo submetidos a diversas passagens até a purificação completa (ORTOLAN, 2006).

Atualmente, o grande desafio para a indústria de farinhas é assegurar os parâmetros de qualidade, tais como cor, umidade e teor de proteína. Dessa forma, a avaliação da qualidade é um fator primordial para o direcionamento de aplicação após o processamento, bem como para

atender a legislação brasileira vigente, conforme estabelecido nos critérios descritos no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Trigo (BRASIL, 2010).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar as propriedades físico-químicas e reológicas de grãos e farinhas de trigo, provenientes da espécie *Triticum aestivum L*, oriundas de quatro diferentes navios conforme a legislação vigente (BRASIL, 2005).

2.1 Objetivos específicos

- Determinar as características físico-químicas e reológicas das farinhas de trigo originárias de quatro diferentes navios de origem argentina, através das análises de umidade, glúten, número de queda, cor, farinografia e extensografia;
- Categorizar as farinhas, bem como destiná-las para a aplicação adequada segundo a legislação.
- Empregar as normas de qualidade determinadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a análise de farinhas e grãos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 HISTÓRICO DO TRIGO NO BRASIL E NO MUNDO:

O trigo (*Triticum ssp.*) é um dos alimentos mais populares do mundo, sendo utilizado como base de diversos produtos que compõe a dieta alimentar humana e animal desde a pré-história. O plantio desse cereal é uma atividade realizada há cerca de 11 mil anos a. C., primeiramente no Oriente Médio e em seguida espalhando-se pela Europa, com o advento da chamada revolução agrícola. A intensificação e aprimoramento do cultivo se fez necessária quando ocorreu uma mudança de hábito dos homens, que deixaram de ser nômades e tornaram-se sedentários fixos, formando populações cada vez maiores (FLANDRIN; MONTANARI, 1998).

Sem técnicas muito avançadas de tratamento do grão, a princípio o trigo era consumido in natura adicionado a peixes e frutas. Somente em 4.000 a. C. os egípcios passaram a produzir pães, fazendo com que a novidade se espalhasse pelo mundo. Em 2.000 a.C., os chineses já utilizavam o trigo para produzir farinha e derivados (FLANDRIN; MONTANARI, 1998). Na Europa, a popularização do cereal se deu no século 15 com a sua utilização para o preparo de biscoito como fonte de carboidratos para os soldados das grandes navegações. Já no Brasil, a entrada do trigo se concretizou com o desembarque de Martim Afonso de Souza na capitania de São Vicente em 1534, porém seu cultivo foi dificultado devido ao clima tropical, de acordo com Rossi e Neves (2004). Somente na década de 40 o plantio foi retomado no Rio Grande do Sul e Paraná, hoje configurado como principal produtor brasileiro. Porém, o país ainda não consegue suprir sua demanda, sendo preciso importar principalmente da Argentina, Estados Unidos, Paraguai e Uruguai (ABITRIGO, 2021).

Com o passar do tempo, a importância do trigo foi acentuando-se, tornando-o o terceiro cereal mais produzido do mundo, ficando atrás apenas do milho e arroz, segundo Takeiti (2015). A cadeia produtiva brasileira do grão provocou uma movimentação de 25,3 bilhões de reais no PIB em 2016, tendo grande impacto na geração de renda, em que 22,4% desse total representa a agroindústria (moinhos). De acordo com a Abitrigo (2021), o Brasil contava com um total de 165 moinhos em funcionamento até 2019. Desse total, a região sul respondia por 74,49%, seguido da região sudeste com 12,76%.

3.2 HISTÓRICO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DO TRIGO:

Inicialmente a comercialização do trigo foi marcada pela intervenção do Governo Federal, através do Decreto-Lei n° 210/1967 com a criação do Departamento do Trigo e

vinculação com a Superintendência Nacional de Abastecimento (SUNAB), no qual estabelecia a estatização de todas as operações de compra e venda, restrita ao Governo Federal, tornando mandatória a compra do produto nacional e/ou proibindo a sua importação (BRASIL, 1967). Esse decreto ainda determinava a distribuição das parcelas de trigo a partir da capacidade de moagem, dividindo o país em oito zonas de consumo (CAFÉ et al., 2003).

Segundo Café et al. (2003), não existia nenhuma classificação de farinha quanto a destinação para panificação até 1990. Somente a partir do Decreto-Lei nº 210/1967 foi sucedido pela Lei nº 8.096 de 21 de novembro de 1990, que liberou a comercialização e industrialização independente da origem em todo país. Simultaneamente, em 19 de dezembro de 1990 houve a determinação da Norma de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Trigo com publicação da Portaria nº 304, categorizando o trigo nacional como Tipo Único (BRASIL, 1990). Em 1994, após liberação do mercado, o Brasil começou a importar da Argentina, Estados Unidos e Canadá. Nesse ano também o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicou a Portaria nº 167 de 29 de julho, na qual tratava da primeira classificação oficial brasileira do trigo utilizado no comércio local (BRASIL, 1994).

Atualmente, a regulamentação que determina a classificação comercial do trigo é a IN MAPA nº38/2010, chamada “Regulamento Técnico do Trigo”, dividindo-o em dois grupos: o grupo I, designado diretamente para o consumo humano, e o grupo II, destinado à moagem e outras finalidades. No grupo II, os trigos podem ainda ser classificados como Melhorador, Pão, Doméstico, Básico e para Outros Usos, conforme a Tabela 1. Os requisitos de qualidade são determinados com respeito a Força do Glúten, Estabilidade, Peso do Hectolitro, Número de Queda e limites máximos de tolerância de defeitos (BRASIL, 2010).

Tabela 1: Classes do Trigo do Grupo II destinado à moagem e a outras finalidades segundo a INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 38, DE 30 DE NOVEMBRO DE 2010.

Classes	Força do Glúten (Valor mínimo expresso em 10- 4J)	Estabilidade (Tempo expresso em minutos)	Número de Queda (Valor mínimo expresso em segundos)
Melhorador	300	14	250
Pão	220	10	220
Doméstica	160	6	220
Básico	100	3	200
Outros usos	Qualquer	Qualquer	Qualquer

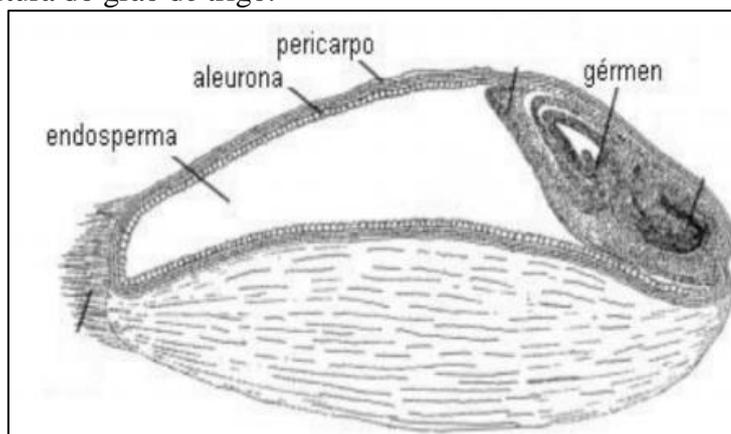
Fonte: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 38 de 30 de novembro de 2010.

3.3 COMPOSIÇÃO DO GRÃO DE TRIGO

A legislação brasileira por meio da Instrução normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010, considera trigo o grão proveniente das espécies *Triticum aestivum L* e *Triticum durum L*. (BRASIL, 2010).

O grão de trigo é uma gramínea que possui um formato oval com extremidades arredondadas sendo uma semente única com 6 a 8 milímetros de comprimento e 3 a 4 milímetros de largura, aproximadamente (QUAGLIA, 1991 apud SCHEUER, 2011), composto por carboidratos (65-75% de amido e fibras) e proteínas (7-12%), lipídios (2-6%), água (12-14%) e micronutrientes (POMERANZ, 1988 apud JAEKEL, 2013). O grão possui três partes anatômicas principais: endosperma, farelo e gérmen, conforme mostrado na Figura 1. Na operação da moagem essas partes são separadas, sendo consideradas matéria-prima para a indústria.

Figura 1 – Estrutura do grão de trigo.



Fonte: FRANCESCHINA, 2013 apud CONAB, 2017

A maior parte do grão (83%) é constituída pelo endosperma, onde estão contidas as proteínas, carboidratos e algumas vitaminas do complexo B, sendo ele responsável pela obtenção da farinha de trigo branca tradicional (CONAB, 2017). O farelo corresponde a cerca de 14,5% do cereal, sendo formado pelo pericarpo, camada envoltória rica em fibras e minerais (SCHEUER, 2011), e pela aleurona, camada exterior ao farelo formadora de metade do conteúdo mineral do grão (JAEKEL, 2013). Por fim, com equivalência de aproximadamente 3% do peso do trigo, está o gérmen, que é a porção do embrião responsável pela germinação e fonte de uma parte considerável de lipídeos, minerais e vitaminas do complexo B e E (SCHEUER, 2011).

A Tabela 2 apresenta a composição química do grão de trigo integral, farelo, endosperma e gérmen.

Tabela 2: Composição química do grão de trigo integral, do farelo, do endosperma, do gérmen. (% base seca).

Parâmetro	Grão Integral	Farelo	Endosperma	Gérmen
Peso	100	17	80	03
Carboidratos	82	61	88	56
Proteínas	12	11	10	26
Lipídeos	02	05	01	10
Fibra Total	02	14	> 0,5	03
Cinzas	1,5	09	0,5	05

Fonte: Gwartz et al., 2004 apud CONAB 2017

Os carboidratos, constituintes majoritários do grão de trigo, estão na forma de amilose e amilopectina (SCHEUER et al., 2011), no qual garantem a característica de absorção de água, formação de géis e influenciam diretamente na textura e qualidade dos produtos elaborados (HUNG et al., 2006). A presença de umidade e tratamentos térmicos causam uma transformação na estrutura do amido, como o processo de gelatinização, ou seja, um aumento na viscosidade causado pela absorção de água e aquecimento do sistema, e retrodegradação, que se refere a cristalização das cadeias do amido causado pela perda de água (SCHEUER et al., 2011).

As proteínas do trigo podem ser divididas em duas categorias: as solúveis (albuminas e globulinas) e as insolúveis (gliadina e glutenina), também conhecidas por proteínas de reserva (SCHEUER et al., 2011). Essas últimas ditam o comportamento das propriedades viscoelásticas da massa, pois quando hidratadas e submetidas ao trabalho mecânico, formam o glúten, que através da ação plastificante da gliadina proporcionam viscosidade e boa extensibilidade para a massa (VAN-DER-BORGHT et al., 2005) enquanto que a glutenina confere a resistência a ruptura e a elasticidade.

No momento da fermentação, o glúten é responsável pela retenção do dióxido de carbono gerado (SCHEUER et al., 2011), sendo de fundamental importância na produção de produtos panificáveis.

Os lipídeos são formados basicamente por ácidos graxos insaturados e estão localizados majoritariamente (72-85%) na região do gérmen, que são removidos durante a moagem do grão (LEON; ROSELL, 2007 apud CONAB, 2017).

A quantidade de matéria mineral presente no trigo se dá em pequena proporção. Segundo Araújo (2008), os principais minerais presentes são fósforo, potássio, magnésio e cálcio, sendo encontrados, também, cobre, ferro, manganês e zinco. A menor quantidade de cinzas está no endosperma e a maior no farelo.

De acordo com a região de plantio, condições de cultivo e época de colheita do grão de trigo, é possível que haja variação de sua composição química. A farinha de trigo é o principal

derivado do trigo por se tratar de um produto de grande valor na obtenção da energia necessária para uma dieta balanceada (CONAB, 2017).

3.4 MOAGEM

Por meio do processo de moagem, o trigo pode ser convertido em farinha, farelo ou gérmen (RIBEIRO, 2009). A farinha de trigo é o principal produto obtido a partir do processamento dos grãos de trigo devido ao seu grande valor agregado na indústria alimentícia e na fabricação de cola (COSTA et al., 2008). O farelo é utilizado como ingrediente para fabricação de ração animal e o gérmen é de grande valia na indústria farmacêutica por possuir um óleo rico em complexos vitamínicos e servir de complemento dietético (GUARIENTI, 1996).

De acordo com EL-Dash (1982), a moagem é dividida em cinco etapas principais: recepção e armazenamento do trigo, limpeza, condicionamento, moagem propriamente dita e estocagem e embalagem da farinha.

3.4.1 Recepção e armazenamento

A primeira etapa faz referência ao recebimento, pesagem e limpeza inicial do grão (RIBEIRO, 2009), nessa etapa também é realizado testes laboratoriais para conhecer a qualidade do trigo recebido e assegurar que ele não esteja contaminado, conforme comenta Brandão e Lira (2011).

3.4.2 Limpeza

A retirada das eventuais matérias estranhas que possam ter chegando junto com o grão, como impurezas e outros tipos de cereais, é realizada na etapa limpeza, separando-os dos grãos sadios (ZARDO, 2010).

3.4.3 Condicionamento

Após passar pelas etapas anteriores o trigo é então armazenado em silos mantendo a temperatura e aeração controlados para prevenção de eventuais infestações, seguindo para a fase de condicionamento. Essa fase refere-se ao ajuste da umidade, adicionando-se água aos grãos, com base na umidade inicial e a desejada para o produto final (BRANDÃO; LIRA, 2011). De acordo com Zardo (2010), a adição possui a finalidade de: favorecer a extração separando a casca do endosperma, tornar o farelo mais maleável e resistente evitando a formação de pó, contribuir para facilitação da peneiração, reduzir o consumo energético e o aumento da temperatura dos rolos de redução e garantir a umidade necessária no endosperma para obtenção de um teor desejado de umidade final da farinha.

Dentre os fatores principais que influenciam a taxa de absorção de umidade do trigo estão a estrutura do endosperma, a consistência proteica e o tamanho do grão. A temperatura, umidade do grão e tempo de descanso também interferem na taxa de permeabilidade da água no grão de trigo (STENVERT; KINGSWOOD, 1977), dentre esses três fatores, a umidade do grão é considerada a mais importante por influenciar diretamente na moagem e propriedades de panificação (EL-DASH, CAMARGO, DIAZ, 1982). Segundo Vialanes (2005) citado por Ribeiro (2009), no Brasil, o teor de umidade utilizando no condicionamento deve ficar entre 15 e 15,8%.

Em seus estudos, Edwards, Osborne e Henry (2007) constataram que a qualidade da farinha é fortemente afetada não só pela quantidade de água adicionada ao trigo, mas também pelo tempo de condicionamento apropriado para a moagem. Ribeiro (2009) comenta que a quantidade de água adicionada e tempo de descanso ideal resulta em boas taxas de extração e qualidade de farinha, evitando a ocorrência de fragmentos do farelo na farinha tornando-a mais clara e com um menor teor de cinzas.

Não existe consenso na literatura quanto ao tempo exato de descanso que o cereal deve permanecer para que haja a absorção completa e uniforme da água. Segundo Amorim (2007), esse tempo pode variar entre 6 horas e 24 horas a depender das características do grão quanto a dureza.

3.4.4 Moagem do trigo

A moagem é uma operação unitária de redução das dimensões de determinado sólido com o emprego de forças de impacto, compressão e abrasão (STREIT; FABRICIA, 2000). Na indústria do trigo, chama-se moagem o processo de separação do endosperma, a farinha, do restante do grão (SILVA, 2018), através da quebra da semente e redução do endosperma até a granulometria desejada (EL-DASH, CAMARGO, DIAZ, 1982).

De acordo com Medeiros (2001), o processo de rancificação da farinha é reduzido com a retirada do gérmen devido a diminuição do teor lipídico. A casca também é removida com o objetivo de reduzir a quantidade de matéria mineral restante e tornar a farinha mais clara (CASTELLO et al., 1998 apud RIBEIRO, 2009).

A moagem acontece em etapas: quebra do grão de trigo, redução, peneiramento e purificação. Essas etapas são realizadas continuamente em arranjos, chamados de passagem (LOKOVISK et al, 2019). Dentre os equipamentos essenciais no diagrama da moagem estão os bancos de cilindros raiados e lisos, plansifters e sassores. Os bancos de cilindros são os responsáveis pela abertura do grão para que o endosperma consiga ser reduzido. Nos rolos

raizados, que giram em sentidos contrários e velocidades diferenciadas, as ranhuras presentes são responsáveis por, além de abrir o trigo, remover o endosperma que permaneceu aderido na casca; os rolos lisos são responsáveis por diminuição da sua granulometria. Na etapa posterior, é necessário que haja a divisão dos produtos de acordo com o tamanho das partículas (farinha comum e farinha especial). Essa divisão ocorre nos peneiradores chamados de plansifters. Já os sassores são responsáveis pela purificação, em que as partículas maiores são enviadas ao equipamento para que se possa fazer a remoção de todo o farelo restante (ABITRIGO, 2005).

3.4.5 Embalagem da farinha

Ao final do processo, após a obtenção da farinha, ela é enviada para silos ou caixas de armazenagem para posteriormente serem envasadas, normalmente em embalagens de 1 e 50kg (ELDASH, 1982).

3.5 TESTES DE QUALIDADE E ANÁLISES LABORATORIAIS

Atualmente, o grande desafio para os moinhos é assegurar a qualidade e padrão das farinhas atingindo os valores ideais de cor, umidade, teor das proteínas que formam o glúten, teor de cinzas (ORTOLAN, 2006) e número de queda, que se modificam a cada safra devido às diversas condições climáticas, de plantio e de regionalidade (ZARDO, 2010). O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade para a Classificação da Farinha de Trigo, comenta que a farinha deve ser suave ao tato, possuir cor natural, não apresentar sabores estranhos de ranço, mofo, acidez, amargura ou doçura. Deve possuir aparência uniforme, livre de pontos negros ou qualquer defeito, infestações, corpos estranhos e cheiros anormais (BRASIL, 2005). As análises laboratoriais ajudam a qualificar o trigo de acordo com o produto e características desejadas e podem ser divididas em análises físicas do grão, físico-químicas e reológicas da farinha de trigo (LANZARINI, 2015).

3.5.1 Ensaios Físicos em Grãos de Trigo

A umidade do grão no momento da moagem possui impacto direto em todo o processo moageiro, desde a facilidade de extração até a qualidade final da farinha (ZARDO, 2010). Dessa forma, é de fundamental importância manter a quantidade de água acionada controlada de modo a atender as características do produto desejado bem como favorecer o processo de moagem como um todo (LANZARINI, 2015). Segundo a legislação brasileira, o limite recomendável de teor de umidade dos grãos é de 13%, sendo o limite máximo 15% (BRASIL, 2010).

A determinação do Peso Hectolitro (PH) também é uma análise importante realizada nas indústrias moageiras pois funciona como um indicativo de qualidade e rendimento (CORRÊA, 2006). É também conhecido como peso específico ou densidade aparente e representa a massa de grãos por unidade de volume (kg.hL^{-1}). Quanto maior for seu valor, maior será o rendimento de moagem. O peso hectolitro é um parâmetro de fácil obtenção e é bastante utilizado em transações comerciais na Europa e América Latina e regulamentado pelo MAPA. Intrínseco ao PH, estão características como forma, textura do grão, tamanho e massa (LACOVSKI et al., 2019). Na Tabela 3 podem ser observados os valores mínimos aceitos pela instrução normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento nº 38/2010.

Tabela 3: Valores mínimos exigidos pelo MAPA do PH.

Tipo de trigo	Peso do Hectolitro (Valor mínimo) kg.hL^{-1}
I	78
II	75
III	72
Fora de Tipo	Menor que 72

Fonte: Mapa (2010).

3.5.2 Ensaios Físico-Químicos na Farinha de Trigo

3.5.2.1 Teor de Umidade

A umidade da farinha mostra a taxa de água livre presente em determinada quantidade de amostra em sua condição natural (BOLZAN, 2013). De acordo com Gutkoski e Jacobsen Neto (2002), o teor de umidade diz respeito a uma das causas fundamentais das alterações das características nutricionais, organolépticas e tecnológicas da farinha devido a aceleração das reações químicas. Sendo assim, seu controle é indispensável para conservação e processamento da farinha, uma vez que são comercializadas em base úmida.

A quantidade de água que a farinha irá absorver também está relacionada com o teor de umidade final presente na mesma. De acordo com Junior e Oliveira (1998) citados por Balhmann e Lazarini (2013), esse fator pode causar alterações quanto a elasticidade da massa elaborada, tornando-a mais firme para baixo teor de umidade e mais flácidas para teores elevados.

Existe uma grande variedade de métodos para determinação de teor de umidade descritos na literatura, sendo o mais comum o método destrutivo com a utilização da estufa (TAKAYAMA, 2009). Apesar de ser considerado como padrão pelo Ministério de Agricultura,

Pecuária e Abastecimento, esse método possui grandes desvantagens como processo demorado, destruição das amostras e equipamentos volumosos (FOGAÇA et al., 2004).

Dessa forma, existe alternativas para determinação do teor de umidade de modo otimizado, como a utilização de balança determinadora de umidade por infravermelho. Marques e Duarte (2015) realizaram a comparação de métodos para determinação de umidade em queijos, utilizando o método tradicional e a balança determinadora de umidade por infravermelho, e constataram que a utilização o método alternativo apresenta resultados confiáveis em comparação com o método tradicional, apresentando baixos coeficientes de variação e erro relativo.

3.5.2.2 Teor de Cinzas

O teor de cinza refere-se ao conteúdo residual mineral na farinha de trigo proveniente da queima da matéria orgânica sendo constituído primordialmente por fosfatos e sulfatos de potássio, cálcio e magnésio (ICTA, 2013). Seu valor é dado em termos de percentual e está relacionado diretamente com a coloração da farinha (MIRANDA; MORI; LORINI, 2009). A quantidade de minerais do grão é crescente do centro para a periferia, sendo assim farinhas mais puras apresentam teor de cinza menores. Já as farinhas que apresentam elevados teor de cinzas, apresentam uma maior quantidade de fragmentos de farelo, portanto possuem coloração mais escura (ORTOLAN, 2006).

Algumas destinações dos produtos requerem determinados limites de teor de matéria mineral, como no caso de pães e massas frescas, exigindo tonalidades mais claras de farinha (ZARDO, 2010). Na Tabela 4 estão expostos valores adequados de percentual de cinzas para algumas categorias de produtos.

Tabela 4: Teores de cinza adequados para diversos tipos da farinha de trigo.

Características	Massa	Pães	Bolos	Biscoitos
Cinza	0,5-07	0,5-0,7	0,45-0,55	0,7-1,2

Fonte: Adaptado de ICTA (2013).

No processo de moagem, o teor de cinzas está diretamente ligado com a extração, em que valores elevados, significam uma alta extração de farinha com farelo prejudicando não só a coloração, como também uma cocção inferior e interferência da formação da rede de glúten (COSTA et al., 2008).

3.5.2.3 Colorimetria

A cor é uma característica da luz, determinável em função da intensidade e comprimento de onda. A cor da farinha é influenciada por fatores genéticos, condições climáticas da colheita, local de plantio, estocagem da farinha e principalmente pelo processo de moagem (EMBRAPA, 2009).

A medição da cor é utilizada primordialmente para determinação do grau de pureza da farinha e para identificação da existência de vestígios de casca residual (VITKOSKI, 2015). De modo geral, os consumidores tendem preferir farinhas mais claras por acharem que apresentam a melhor qualidade, porém nem sempre a tonalidade mais branca significa a melhor qualidade para o produto final (MIRANDA; MORI; LORINI, 2009).

A cor da farinha pode ser determinada pelo colorímetro Minolta, que realiza a aferição de acordo com o sistema da Comissão Internacional de Iluminação (CIELAB). A luminosidade é determinada pelo símbolo L^* que varia em uma escala de zero (preto) a cem (branco), ou seja, quanto maior o valor da luminosidade, mais branca é a farinha. O aparelho também indica a cromaticidade pelos símbolos a^* e b^* em escala positiva e negativa, em que: a^* positivo é a tendência da cor para a tonalidade vermelha, a^* negativo é a tendência da cor para a tonalidade verde, b^* positivo refere-se à tendência da cor para a tonalidade amarela e b^* negativo é a tendência da cor para a tonalidade azul (EMBRAPA, 2009).

3.5.2.4 Número de Queda (Falling Number)

A atividade enzimática da α -amilase presente na farinha é aferida pelo teste conhecido como Falling Number, sendo o resultado expresso em segundos (EMBRAPA, 2009). Essa enzima é de fundamental importância na panificação uma vez que seu resultado afeta as características finais do pão, principalmente na região do miolo, devido a degradação do amido (LAZARINI, 2015), quando ocorre o processo de geminação indesejada dos grãos, que produz enzima em excesso, a qualidade final do produto é afetada (EMBRAPA, 2009).

Altos valores no número de queda significam baixa atividade enzimática (≥ 351 segundos) e implicam em um pão com um aspecto seco e quebradiço; porém, a massa pode ser reforçada por meio da adição de microingredientes melhoradores (GUARIENTI, 1996). Já os pães produzidos com farinha de alta atividade (<200) tendem a apresentar miolo escuro e pegajoso (EMBRAPA, 2009).

Na tabela 5 estão expostos valores adequados de Falling Number para algumas categorias de produtos fabricados com farinha de trigo.

Tabela 5: Intervalo de Falling Number adequado a diversos produtos.

Características	Massa	Pães	Bolos	Biscoitos
Falling Number (s)	>350	225-275	200-250	200-275

Fonte: Adaptado de ICTA (2013).

3.5.2.5 Teor de Glúten Úmido, Seco e Index

A análise do teor de glúten é tida por muitos autores como a de maior relevância na indústria moageira e de panificáveis por ser responsável por conferir a estrutura do pão por meio da produção de uma rede elástica que preserva o dióxido de carbono desprendido do processo de fermentação devido a presença de leveduras, fazendo com que a massa expanda (MANDARINO, 1994).

O teste de teor de glúten consiste na medição quantitativa das proteínas insolúveis do trigo (gliadinas e gluteninas) ao se adicionar água a farinha (EMBRAPA, 2009). Segundo Mandarino (1993), por meio da operação de secagem é possível determinar o coeficiente de hidratação do glúten e assim obter o glúten seco (GS). O glúten index ou índice de glúten (GI) é um indicador da força do glúten e um parâmetro que avalia sua quantidade e qualidade (ŠEKULARA et al., 2018).

3.5.3 Propriedades Reológicas da Farinha de Trigo

Reologia é o estudo da deformação da matéria e ou mobilidade de fluidos (BRANDÃO; LIRA, 2011). Para a farinha de trigo, é necessário o conhecimento das suas propriedades reológicas para compreensão dos diferentes comportamentos que a massa pode apresentar durante o processo de panificação (LANZARINI, 2015). Os métodos mais utilizados para determinação dessas características partem de sistema simples compostos por misturas de farinha e água (RIBEIRO, 2009). Dentre eles estão a farinografia e a extensografia.

3.5.3.1 Farinografia

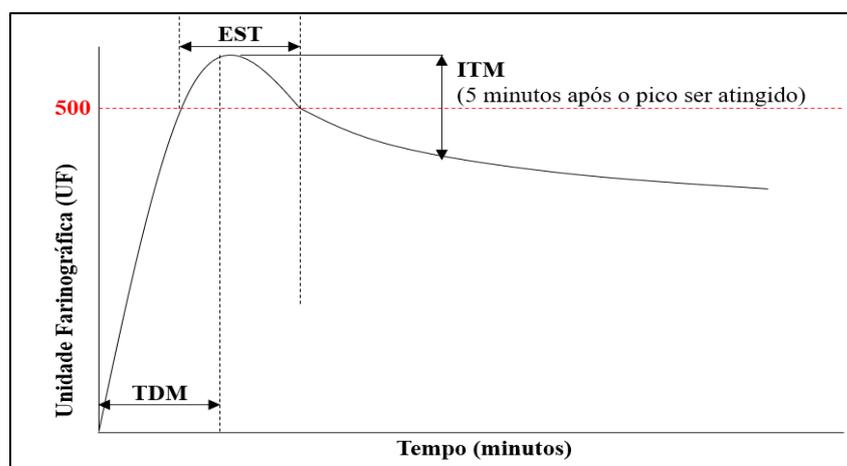
A qualidade de mistura da massa da farinha de trigo pode ser aferida por meio do teste mais completo e sensível: a farinografia (GUARIENTI, 1996). De acordo com Oliver e Allen (1992), entre os parâmetros avaliados no teste estão absorção de água (ABS), tempo de desenvolvimento da massa (TDM), estabilidade (EST) e índice de tolerância à mistura (ITM). O equipamento no qual é feito esse ensaio chama-se farinógrafo, uma espécie de misturador de

massa que mede e indica o torque gerado pela resistência da massa à mistura gerando um gráfico denominado farinograma (LACOVISK, 2019).

Neste ensaio, água é adicionada a farinha até que a massa atinja a consistência padrão (linha das 500 unidades Brabender), formando uma curva de tendência conhecida, conforme a figura 2. A absorção de água é definida como a quantidade requerida pela massa para que alcance a linha 500±20 UF. O tempo de desenvolvimento da massa é o intervalo entre o momento em que água foi adicionada até o ponto máximo de desenvolvimento. A diferença de tempo entre o local onde a curva intercepta a linha de 500 UF e o local onde o topo da curva deixa a linha de 500 UF é denominada como a estabilidade. Por fim, o índice de tolerância à mistura é a diferença de consistência em UF da porção superior da curva no pico e o topo da curva medido após 5 minutos do pico ser atingido (SANTOS et al, 2015).

Os resultados dos parâmetros são de grande importância para prever as características de consistência do produto, utilizado para estipular a melhor forma de manuseio da massa como a quantidade de água requerida, aferir a influência e os efeitos dos ingredientes nas propriedades da mistura e aferir a homogeneidade da farinha (OLIVER; ALLEN, 1992).

Figura 2 – Representação da curva de farinografia



Fonte: Próprio Autor (2022).

3.5.3.2 Extensografia

A extensografia é um ensaio analítico que afere a extensibilidade e resistência da massa à extensão por meio do seu alongamento a uma velocidade constante (BRANDÃO; LIRA, 2011). O aparelho utilizado nessa medição é o extensógrafo, o qual registra curvas a partir da extensão da massa até que ocorra a sua ruptura (SANTOS et al., 2015).

Os gráficos obtidos são denominados extensogramas e a partir deles é possível aferir a qualidade geral das farinhas e avaliar os efeitos da adição de ingredientes e aditivos. Os

principais parâmetros obtidos são a área (A), resistência a extensão (R), resistência máxima a extensão (R_M), extensibilidade (E) e proporção (NP) (SANTOS et al., 2015).

A área sob a curva, denominado de energia e expressa em cm^2 , indica que quanto maior seu valor, maior será a força da massa (ICTA, 2013).

A resistência a extensão, medida em unidades Brabender, refere-se à altura da curva após 5cm do início da medição, e em termos práticos corresponde a capacidade da massa de conservar o dióxido de carbono no momento da fermentação. Já a resistência máxima à extensão é o ponto mais elevado da altura da curva, também expresso em unidade Brabender (ICTA, 2013).

A extensibilidade, medida em mm, é definida como a distância percorrida pela curva do começo da extensão até o rompimento da massa. Essa propriedade fornece a capacidade da massa de ser esticada sem se romper (ICTA, 2013).

Por fim o NP refere-se à relação entre a resistência a extensão e a extensibilidade, ou seja, a força requerida para a massa ser esticada. Esse parâmetro determina o comportamento da mistura, e quanto maior o seu valor, maior será a tendência de a massa retornar a sua forma inicial após sofrer um alongamento (ITCA, 2013).

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório do Controle de Qualidade de um moinho de trigo localizado na cidade de São Luís – MA. As amostras de trigo são oriundas de quatro diferentes porções de navios de origem argentina. O trigo recebido foi analisado e armazenado em silos para obter o tempo de descanso necessário (12 a 24h) como sugerido por Vitkoski (2015). Após passar pelo processo de moagem industrial, as amostras foram tratadas no laboratório para as demais análises.

4.1 ENSAIOS FÍSICOS EM GRÃOS DE TRIGO

Para os ensaios no grão de trigo, os valores da umidade instantânea e o peso hectolitros foram obtidos pelo equipamento Aquamatic 5200 Grain Moisture Meter, (PerkinElmer, USA). O método de medição foi infravermelho.

4.2 ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS NA FARINHA DE TRIGO

4.2.1 Teor de umidade

A determinação do teor de umidade seguiu a metodologia proposta por Santos et al., (2019), com a utilização do equipamento Analisador de Umidade Modelo PRIX MA 50.R (Mettler Toledo, Brasil).

Foram pesados 5g da amostra, de acordo com o recomendado pelo manual de instruções do equipamento. O prato de alumínio foi colocado sobre a balança do equipamento e seu peso foi tarado. Em seguida, a amostra foi adicionada de maneira uniforme sobre a superfície do prato e a câmara foi fechada. A análise começou automaticamente e após sua finalização, foi anotado o resultado encontrado.

4.2.2 Teor de Cinzas

O ensaio do percentual de cinzas foi realizado conforme o método AACC 08-02.01, conforme descrição feita por Ferreira (2019), que analisou os parâmetros de relação entre o teor de cinzas e a colorimetria na farinha de trigo.

Os cadinhos limpos foram colocados sobre a balança analítica e a massa foi anotada. Em seguida foram pesadas, em duplicata, 5,0000g ($\pm 0,001$ g) da farinha. Com o auxílio da pinça tenaz, os cadinhos foram colocados no forno mufla. Após o acionamento do exaustor, o forno foi ligado para que atingisse uma temperatura de 600 °C durante um período de 2 horas. Passado esse tempo, esperou-se mais 2 horas para que o forno esfriasse e assim os cadinhos pudessem

ser retidos e postos no dessecador até atingirem temperatura ambiente. Por fim, pesou-se os cadinhos, registrando-se o valor.

O resultado foi expresso em percentual de cinza na base seca, conforme as equações a seguir:

$$BU(\%) = \frac{MD - MC}{MA} \times 100 \quad (1)$$

$$BS(\%) = \frac{BU}{100 - U} \times 100 \quad (2)$$

em que: BU (% de cinza na base úmida), BS (% de cinza na base seca), MD (massa dessecada), MA (massa amostrada), MC (massa do cadinho) e U (umidade).

4.2.3 Colorimetria

A cor da farinha foi realizada com base no método AACC 14-22.01 (1995) com a utilização de um colorímetro modelo CR-410 (Minolta, USA) conforme descrição feita por Miranda et al. (2018), ao estudar a relação entre cor de farinha de trigo e cor do miolo do pão.

4.2.4 Número de Queda (Falling Number)

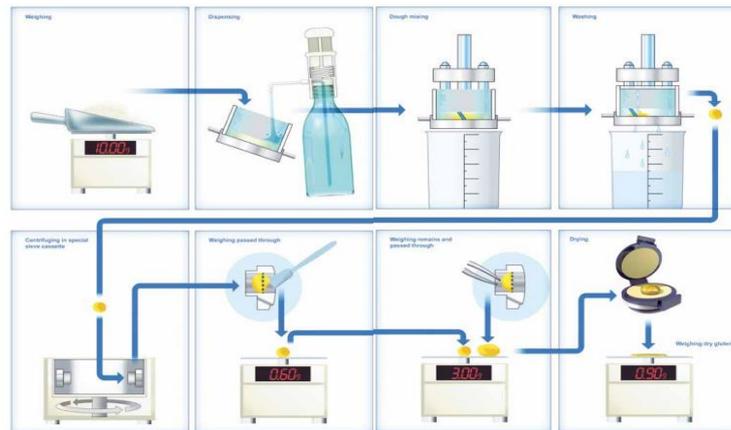
A medição da atividade enzimática da alfa-amilase é aferida de forma indireta, sendo caracterizada como o tempo necessário para que o viscosímetro atravesse uma suspensão de gel de amido liquefeito pela hidrólise da enzima. A atividade enzimática é inversamente proporcional ao tempo e foi aferida com base nos métodos AACC 56-81.03 (1999), ICC Standard n° 107/1 (1968) e manual do equipamento Falling Number Perten®, conforme descrição feita por Broca (2021), em seu estudo acerca da qualidade do trigo e da farinha de trigo destinada a panificação em um moinho no sul do Brasil.

4.2.5 Teor de Glúten Úmido, Seco e Index

O glúten úmido é definido como a quantidade de resíduo insolúvel úmido, expresso em percentual sobre uma quantidade de farinha de trigo, obtidos por meio da lavagem de uma porção de massa, conforme o método AACC 38-12.02 (2000) e Manual do Equipamento Sistema Glutomatic Perten®. Segundo Salomão (2012), o método empregado é amplamente utilizado em pesquisas e em indústrias devido ao seu baixo custo e fácil manipulação.

O procedimento é apresentado na figura 3:

Figura 3 – Representação do fluxo de ensaio do glúten



Fonte: Manual do Equipamento Sistema Glutomatic Perten®

Para calcular o percentual de glúten úmido, seco e index, utilizou-se das seguintes equações:

$$GU(\%) = \left(\frac{G_t}{10} \right) 100 \quad (3)$$

$$GS(\%) = \left(\frac{G_s}{10} \right) 100 \quad (4)$$

$$GI(\%) = \left(\frac{G_R}{G_t} \right) 100 \quad (5)$$

onde GU é o percentual de glúten úmido, G_t o peso do glúten total em g, GS o percentual de glúten seco, G_s o peso do glúten seco em g, GI o percentual de glúten index e G_R o peso do glúten retido na peneira em g.

4.3 PROPRIEDADES REOLÓGICAS DA FARINHA DE TRIGO

4.3.1 Farinografia

O farinografia mede e registra a resistência de uma massa, sendo utilizado para avaliar a absorção de água das farinhas e para determinar a estabilidade e outras características da massa durante a mistura. Faroni (2002), em seu estudo acerca da qualidade da farinha de trigo obtida de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina, ressaltou a grande aceitação do uso do farinógrafo Brabender para análises das propriedades de mistura das massas de farinha de trigo. Ainda hoje, diversos autores perpetuam a utilização do método por ser o mais completo e sensível para avaliação da qualidade da mistura, como pode ser observado no trabalho de

Silva (2017) que analisou a reologia e características físico-químicas da farinha de trigo de diferentes cultivares do estado do Paraná.

Dessa forma, o ensaio se deu conforme o método AACC 54-21.02 (2011) e Manual de operação do farinógrafo Brabender Mod. n° 8.101.45.001.

Primeiramente o banho termostático (modelo T151E, Brabender GMBH, Duisburgo, Alemanha) conectado ao farinógrafo (Farinograph E - Brabender GMBH, Duisburgo, Alemanha) foi ligado e ajustado para a temperatura de 30°C e a bureta foi enchida completamente com água destilada. Foi pesado 300g da amostra, transferida para o vaso misturador e homogeneizada por 1 minuto a uma velocidade de 63 rpm, aproximadamente. Em seguida, foi adicionada a água pela abertura da tampa do misturador em um volume de absorção estimado. No momento em que a massa inicia seu processo de formação, foi feita a raspagem das paredes do misturador para que toda a amostra pudesse ser homogeneizada. O misturador (maseira) foi fechado completamente e o aparelho deixado em funcionamento por 30 minutos para desenvolvimento completo do farinograma.

O primeiro ensaio foi realizado com o objetivo de fazer a correção da absorção de água requerida pela massa. Os seguintes tiveram que ser repetidos até que a curva estivesse centrada na linha de 500 ± 20 UF. Cada 20 UF correspondem a aproximadamente 0,6% de água que deve ser adicionada ou subtraída da massa. O percentual corrigido a ser utilizado será informado automaticamente pelo software Brabender® Farinograph Version 4.2.2

4.3.2 Extensografia

O extensógrafo registra a curva de resistência por extensão para uma peça de massa esticada até a ruptura. As características dessas curvas estão descritas nos extensogramas, utilizados para avaliar a qualidade geral da farinha e até mesmo sua resposta a agentes melhoradores, como no estudo de Pessanha e Lannes (2016), em que foi avaliado as propriedades reológicas da massa de pão francês adicionada de fibra alimentar.

Os testes foram realizados conforme o método AACC 54-10 (1999) como a utilização do Extensograph E – Brabender (GMBH, Alemanha).

Esse teste foi realizado após conhecimento da absorção de água da massa. O início da análise se deu com a pesagem de 300g da amostra da farinha de trigo e sua transferência para o misturador do farinógrafo. Foi feita uma solução salina adicionado 6g de sal à quantidade de água referente a amostra estudada, diminuída de 2% referente a correção da absorção em decorrência da adição do sal. Uma vez ligado para início da mistura, a solução salina foi

adicionada à massa. Passado 1 minuto, a masseira foi desligada para que a massa descansasse por 5 minutos, e em seguida, ligada novamente por mais 2 minutos para que a mistura atingisse a consistência padrão.

Ao fim da primeira parte, a massa total foi retirada do misturador e dividida em duas porções de $150 \pm 0,1$ g. Cada fração foi boleada e posta na modeladora do equipamento extensógrafo. As amostras foram colocadas em cabines de descanso sobre um suporte metálico lubrificado com α -vaselina para evitar o ressecamento da massa, a uma temperatura constante de $30 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Então, as medições de extensibilidade foram realizadas nos tempos de 45, 90 e 135 minutos. Passados os primeiros 45 minutos, a amostra foi retirada da cabine, colocada no suporte lateral do equipamento e assim foi acionado o gancho extensor, que esticou a massa até a sua ruptura. Em seguida, as partes rompidas foram novamente boleadas, modeladas e postas para que o procedimento pudesse ser repetido nos tempos seguintes. O mesmo procedimento foi seguido para a segunda massa, obtendo assim um resultado em duplicada. Os extensogramas foram então gerados com o auxílio do software Brabender® Extensograph Version 4.3.2.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ENSAIOS FÍSICOS EM GRÃOS DE TRIGO

A eficiência da moagem e a qualidade da farinha são fortemente afetados pela umidade do grão no processo. Dessa forma, para garantir um bom desempenho industrial, é necessário o controle efetivo de todos esses parâmetros envolvidos, principalmente a umidade. Esse controle ocorre na etapa de condicionamento da moagem, em que uma quantidade pré-definida de água é adicionada e o trigo é posto para descansar por algum tempo antes de ser moído (RIBEIRO, 2009).

Na Tabela 6 são apresentados os valores de umidade e peso hectolitro (PH) obtidos para o grão, bem como o tempo de descanso ao qual o trigo foi submetido até o início da moagem.

Tabela 6: Umidade inicial (UI) e umidade final (UF) do grão, peso hectolitro (PH) e tempo de descanso (t) das farinhas de trigo, produzidas em um moinho no estado do Maranhão.

AMOSTRA	PARÂMETROS			
	UI (%)	UF (%)	t (h)	PH (kg/hl)
I	11,67 ± 0,02	15,06 ± 0,08	35	80,35 ± 0,08
II	11,56 ± 0,15	14,99 ± 0,02	25	80,67 ± 0,28
III	11,71 ± 0,01	15,39 ± 0,01	25	80,45 ± 0,05
IV	11,59 ± 0,03	14,90 ± 0,03	21	81,15 ± 0,42

Fonte: Próprio Autor, 2022. Apresenta as médias das análises que foram realizadas em triplicata, seguido do desvio padrão.

Conforme a legislação brasileira (BRASIL, 2010), o teor de umidade inicial do grão de trigo não deve ultrapassar 13% de modo a assegurar a conservação do mesmo evitando sua germinação. Sendo assim, é possível aferir que as quatro amostras estão em concordância com as normas técnicas do trigo, apresentando um intervalo percentual na faixa de 11,56 a 11,71%.

De acordo com a Tabela 6, o teor de umidade dos grãos de trigo no início do processo da moagem está na faixa de 14,90 a 15,39%. Na empresa onde o presente estudo foi realizado, é estabelecido a meta de 15,3 como percentual ótimo de água presente no grão, por conta de critérios como condições climáticas da localidade e particularidades do processo local. Segundo Vialanes (2005) citado por Ribeiro (2009), é recomendado que a umidade esteja numa faixa de 15 a 15,8%.

O principal objetivo da inserção da água no trigo é otimizar a extração, tornar o farelo mais maleável e o endosperma mais frágil e quebradiço. A umidade muito baixa favorece a formação de pó de farelo, de granulometria semelhante a farinha, prejudicando não só o processo de moagem em si, como também a qualidade tecnológica da farinha, tornando-a mais

escura e com o teor de cinza elevado (SUGDEN, 2001). Porém, a umidade elevada é bastante prejudicial ao processo, podendo reduzir drasticamente a extração, uma vez que a farinha tende a aderir na casca além de provocar o entupimento dos maquinários como também às características físico-químicas da farinha.

A literatura não apresenta uma definição precisa do que seria um tempo de descanso ideal, devendo o mesmo ser ajustado de acordo com as características do grão quanto a dureza (AMORIM, 2007). Para as amostras estudadas, o tempo de condicionamento variou de 21 a 35 horas devido a fatores externos ao estudo associados à necessidade industrial.

Grãos de maior dureza devem permanecer por mais tempo nos silos para que ocorra uma absorção efetiva da água no grão (EL-DASH, 1982). As amostras II e III apresentaram exatamente o mesmo tempo de descanso, porém valores de umidade final diferentes, ressaltando as diferenças nas características dos grãos estudados, indicando que a amostra II possui uma maior dureza.

Ribeiro (2009) ao estudar a influência do tempo de condicionamento em amostras de trigo argentino, utilizou 18, 24 e 36 horas e encontrou teores de umidade entre 14,4 e 14,8%, sendo a maior taxa de extração obtida para o tempo de 18 horas. Souza (2019) estabeleceu 17h como tempo ótimo de descanso ao avaliar os tempos de 13, 15, 17, 19 e 21 horas para obter o maior percentual de extração a um teor de umidade de 15,13%, quando estudou a influência do tempo de condicionamento do trigo na qualidade tecnológica da farinha.

O valor do Peso Hectolitro (PH) refere-se a quanto de endosperma está presente no grão, ou seja, um indicativo de quanto é possível extrair de farinha. Quando maior for seu valor, maior será o grau de extração (VITKOSKI, 2015). Os resultados encontrados no presente trabalho, estão na faixa de $80,35 \pm 0,08$ a $81,15 \pm 0,42$ kg/hL, se mostram satisfatórios e atendem a legislação brasileira (BRASIL, 2010), que estabelece um valor mínimo de 78 para a caracterização de trigos tipo 1. Também está de acordo com resultados apresentados por Souza (2019), que encontrou valores na faixa de $81,25 \pm 0,36$ kg/hL, e Broca (2019), que obteve valores de 79 a 81 kg/hL e ressaltou a importância da utilização do PH como um parâmetro de qualidade do grão de trigo.

Todas as amostras de grãos estudadas se mostram propícias a utilização industrial no que diz respeito ao PH e principalmente à umidade. O controle rigoroso da umidade do grão é de fundamental importância não só para o processo de moagem em si, mas seguridade da vida útil do produto. A quantidade da inserção de água no condicionamento deve ser controlada de modo a inibir o crescimento microbiano e possíveis produção de micotoxinas. Uma forma alternativa

de conhecer as características do grão poderia se dar com a utilização de isoterma de dessorção, uma vez que todos produtos agrícolas possuem habilidade de ganhar ou perder água para o meio em que estão buscando o equilíbrio entre seu percentual de água e as condições do ar ambiente. Segundo Hall (1980), a utilização das isotermas de equilíbrio higroscópicas são eficazes na hora de estimar as alterações do teor de água sob dada condição de temperatura e umidade relativa do ambiente com as mudanças climáticas ao longo do ano.

5.2 ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS NA FARINHA DE TRIGO

A Tabela 7 apresenta os resultados das análises de umidade, cinza e glúten das farinhas de trigo produzidas.

Tabela 7: Umidade, Luminosidade (L), coordenada (b) e cinzas das farinhas de trigo, produzidas em um moinho no estado do Maranhão.

AMOSTRA	PARAMETROS			
	Umidade (%)	Cor L*	Cor b*	Cinza (%)
I	14,13 ± 0,23	92,00 ± 0,02	10,96 ± 0,03	0,75 ± 0,01
II	13,74 ± 0,11	92,19 ± 0,45	10,89 ± 0,05	0,70 ± 0,01
III	14,83 ± 0,15	92,75 ± 0,03	11,21 ± 0,07	0,65 ± 0,01
IV	13,52 ± 0,41	92,33 ± 0,31	11,36 ± 0,08	0,68 ± 0,02

Fonte: Próprio Autor, 2022. Apresenta as médias das análises que foram realizadas em triplicata, seguido do desvio padrão.

Os resultados referentes a umidade mostram que todas as farinhas de trigos estão em conformidade com a norma técnica da legislação brasileira, que estabelece um teor máximo permitido de 15% (BRASIL, 2005). Os valores de umidade encontrados estão condizentes com os resultados de Broca *et al.* (2021), que avaliaram a qualidade do trigo e da farinha de trigo destinada a panificação em um moinho no sul do Brasil e encontraram resultados que variaram de 12,25 a 14,00 %. A variação nos percentuais de umidade pode estar relacionada à diferença na umidade inicial do grão, quantidade de água adicionada, tempo de armazenagem e demais fatores decorrentes da etapa de preparação para a moagem (CONTINI, 2020).

O controle da umidade das farinhas de trigo é de fundamental importância para assegurar sua qualidade e tempo de vida de prateleira. A água presente pode antecipar o processo de deterioração acelerando reações químicas e enzimáticas (FREO, 2011). O local de armazenagem e modelo de embalagem também podem ser fatores preponderantes para danificação do produto. Hemery *et al.* (2020) comentaram que a escolha da embalagem adequada é crucial para evitar a proliferação de microrganismos patogênicos como *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella sp.*, dependendo da área onde ocorrerá a estocagem.

No que diz respeito ao teor de cinzas, o regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo estabelece 0,8 como percentual máximo de matéria mineral presente na farinha de trigo tipo 1, ou seja, as farinhas empregadas na produção de massas alimentícias (BRASIL, 2005). Dessa forma, a partir da Tabela 7, é possível aferir que as amostras analisadas estão em conformidade com a regulamentação vigente e com a literatura. Lanzarini (2015) encontrou valores para os teores de cinza de 0,48 a 0,78% em estudo relacionado ao controle de qualidade aplicado a farinha de trigo panificável produzida em moinhos do estado do Paraná.

A análise do percentual de cinzas é uma das formas de avaliar a separação do endosperma e farelo bem como a extração da farinha no processo de moagem. As cinzas residuais são os minerais presentes na farinha e referem-se à quantidade de farelo que permaneceu no produto, uma vez que é nele que estão contidos os maiores teores minerais (OLIVEIRA, 2013). Altos valores de cinza apontam uma alta extração de farinha com farelo, podendo causar interferência na cor tornando-a mais escura (BALHMANN; LANZARINI, 2013).

A farinha de trigo deve apresentar coloração branca, podendo conter tons leves de amarelo, marrom ou cinza, a depender do trigo de origem, conforme a legislação brasileira estabelece (BRASIL, 2005). A cor da farinha pode ser afetada por diversos fatores como: genótipo de trigo, processo de moagem, estocagem da farinha e o efeito dos tratamentos de branqueamento (OLIVEIRA, 2013).

A determinação da cor baseia-se na medida de luz visível na faixa de espectro visível (YASUNAGA; UEMARA, 1962). No presente trabalho, a luminosidade L variou de 91,99 a 92,75 e com relação a coordenada b, referente a presença de pigmentos amarelos, houve uma variação de 10,89 a 11,36. Utilizando a mesma metodologia, Miranda *et al.* (2018) encontraram valores de L que variaram de 91,16 a 95,65, e de b de 6,99 a 12,57, ao estudarem a relação entre a cor da farinha de trigo com a cor do miolo do pão. Concluíram que não há proporção nos valores de luminosidade (L) com a cor do miolo do pão, indicando que farinhas mais claras não necessariamente produzem miolos mais claros. Entretanto, Oliveira (2013) comentou que os consumidores tendem a atribuir às farinhas de coloração mais escuras baixa qualidade tecnológica, ressaltando a importância do acompanhamento e controle dessa característica.

A partir da análise dos valores da Tabela 7 é possível comprovar também a relação entre o teor cinza e a coloração da farinha, em que a amostra III apresentou o menor teor de cinza ($0,65 \pm 0,01$) e maior valor de L ($92,75 \pm 0,03$), ao passo que a amostra I apresentou o menor valor de luminosidade ($92,00 \pm 0,02$) e maior percentual de matéria mineral ($0,75 \pm 0,01$). Ferreira (2019) confirmou esses resultados ao estudar os parâmetros da relação entre o teor de

cinzas e a colorimetria na farinha de trigo, concluído que existe uma forte correlação entre ambos os parâmetros.

Na Tabela 8 está exposto os valores encontrados para o número de queda e teores de glúten úmido, index e seco para cada uma das amostras estudadas.

Tabela 8: Número de queda (FN), glúten úmido (GU), glúten index (GI) e glúten seco (GS) das farinhas de trigo produzidas em um moinho no estado do Maranhão.

AMOSTRA	PARAMETROS			
	FN (s)	GU (%)	GI (%)	GS (%)
I	365	29,70±0,51	95,60±1,26	10,86±0,84
II	356	27,49±0,22	96,04±2,54	9,86±1,17
III	314	26,29±1,48	97,23±0,60	9,76±0,52
IV	371	25,77±0,81	97,29±0,30	8,82±0,17

Fonte: Próprio Autor, 2022. Apresenta as médias das análises que foram realizadas em triplicata, seguido do desvio padrão.

Número de queda ou Falling Number é definido como a medida indireta da atividade enzimática da enzima alfa-amilase presente no trigo moído, expressa em segundos (BRASIL, 2010). Essa atividade enzimática é determinada como o tempo necessário para que o agitador misture e caia até uma distância fixa ante ao gel liquefeito do amido presente na farinha (ZARDO, 2010). Os valores do número de queda são inversamente proporcionais a quantidade de alfa-amilase, ou seja, farinhas com um NF alto apresentam uma maior viscosidade, logo baixa atividade enzimática (BALHMANN et al., 2013).

Entre as amostras estudadas, a de número III apresentou o menor valor, 314 segundos, sendo o maior valor encontrado na amostra IV, 371 segundos. De acordo com a legislação brasileira, o valor mínimo aceito para o número de queda é de 220 segundos (BRASIL, 2010). Dessa forma, as amostras apresentam característica de farinha adequada para a panificação. Cezar (2012) afirmou que para a prática da panificação, os valores ideais de número de queda devem estar na faixa de 200 a 350 segundo. Entretanto altos valores de NF não são considerados um problema para a indústria moageira pois a baixa atividade enzimática pode ser facilmente corrigida com a adição da enzima α -amilase na formulação dos produtos, conforme comenta Guarienti (1996).

Os valores de número de queda das farinhas estudadas seguem a tendência encontrada na literatura. Silva (2017) avaliou a qualidade da farinha originárias de seis diferentes localidades do Paraná e relatou que as amostras apresentaram valores entre 291 a 368 segundos. Lazarini et al. (2020) analisaram dez amostras de farinha de trigo tipo 1 encontrando resultados para o FN na faixa 351,33 a 390 segundos.

O glúten é um conjunto de proteínas insolúveis presentes na farinha de trigo e desenvolvido quando suas frações proteicas (gliadina e glutenina) formadoras, entram em contato com água, e submetidas a ação mecânica, formam uma rede proteica imprescindível para a produção de produtos panificáveis tornando a massa visco elástica (COSTA, 2018). Por muitas vezes, o teor de glúten é utilizado como principal parâmetro de qualidade da farinha de trigo (CONAB, 2015).

O teor de glúten encontrado ficou na faixa de 25,77 a 29,70% para glúten úmido e 8,82 a 10,86 para glúten seco. Segundo Ferreira (2004), é recomendado que a farinha de trigo apresente percentual de glúten úmido igual ou superior a 26%, e de 8,5% para glúten seco, para a fabricação de bons produtos panificáveis dentro dos padrões. Sendo assim, apenas a amostra IV não se enquadra na produção de panificáveis. A rede de glúten formada é responsável principalmente por reter os gases desprendidos no momento da fermentação, dessa forma altos teores indicam formação de massas elásticas e fortes (COSTA, 2018).

Entretanto, na produção de farinhas destinadas a essa aplicação, a deficiência do glúten pode ser reparada com a utilização de mesclas de diferentes tipos de trigo que possuam teores maiores, de modo a equilibrar o parâmetro. Como exemplo, na fábrica onde o estudo foi realizado, farinhas utilizadas para panificação eram compostas pelo mixe entre as amostras I e IV, em que a amostra I de maior quantidade de glúten é utilizada como uma espécie de melhorador da farinha.

Resultados semelhante foram encontrados por Costa (2018), em que foi observado uma variação de 24,83 a 28,72% para glúten úmido e de 8,10 a 9,54% nas análises para farinhas de trigos destinadas a uso doméstico, concluindo ser ideal que farinhas destinadas a panificação possua altos teores de glúten visto que essa proteína apresenta funções cruciais para produção de produtos com uma boa qualidade. Broca *et al.* (2021) encontraram valores na faixa de 27,62 a 29,78% no estudo acerca da qualidade do trigo e da farinha de trigo destinada a panificação, em um moinho no sul do Brasil.

O glúten index refere-se a força do glúten. Para as amostras estudados, esse percentual variou de 95,60 a 97,29%. Cauvain e Young (2009) reforçam que quando o glúten formado é considerado muito forte e pouco extensível, o pão resultante será denso e sem volume; porém, se a rede de glúten for considerada fraca, acontece o seu rompimento no momento da fermentação, gerando pães com buracos.

Evangelho *et al.* (2012) comentam que a quantidade e qualidade do glúten interferem na absorção de água da farinha de trigo, ressaltando que as farinhas que apresentam teores de

glúten menor, podem demandar uma menor absorção de água no preparo da massa, apresentam baixa elasticidade e são utilizadas principalmente na produção bolos e bolachas doces.

5.3 PROPRIEDADES REOLÓGICAS DA FARINHA DE TRIGO

De forma indireta, a qualidade da farinha de trigo é atestada por meio dos instrumentos farinógrafo e extensógrafo.

Tabela 9: Farinografia: Absorção de água (ABS), tempo de desenvolvimento (TDM), estabilidade (EST) e índice de tolerância à mistura (ITM) das farinhas de trigo produzidas em um moinho no estado do Maranhão.

AMOSTRA	ABS (%)	TDM (min)	EST (min)	ITM (UF)
I	58,7	10,8	23,5	14
II	57,7	9,4	26,6	3
III	54,8	12,2	20,6	10
IV	57,1	11,3	21,6	16

Fonte: Próprio Autor, 2022.

Pode-se observar que a amostra I absorveu o maior percentual de água em relação as demais amostras. Ao final dos ensaios, obtiveram-se resultados para absorção de água na faixa de 54,8 e 58,7%. De acordo com Oro (2013), abaixo dos 55% é considerado um teor baixo de absorção, sendo recomendável percentuais acima de 60%.

Farinhas que apresentam valores muito baixo de absorção não são indicados para a panificação pois na a elaboração de pães é necessária a adição da água para produção e desenvolvimento de produtos com boa qualidade. Dentre os fenômenos indispensáveis que ocorrem estão: a dissolução de micro ingredientes hidrófilos, desenvolvimento da fermentação, aglutinação das moléculas de glúten, ativação de enzimas. Dessa forma, uma baixa absorção significa que a farinha não conseguirá absorver a quantidade de água necessária para realização de todos as funções citadas (AQUINO, 2012).

Martins et al (2012) encontrou valores similares em seu estudo da absorção de água em mistura de varinhas de trigo de diferentes marcas comerciais. Os autores obtiveram valores para absorção de água variando entre 54,07 e 67,66%. Costa et al. (2008) diferenciaram os parâmetros tecnológicos da farinha oriundas de grãos de trigos nacionais e importados e apresentam resultados para absorção de água na faixa de 54,43 e 59,3% para farinhas importadas e 53,3 e 57,6% para farinhas nacionais.

Yamini (2015) comenta que o glúten é responsável pela característica tridimensional e viscoelastica da massa, conferindo-a elasticidade, viscosidade, plasticidade. Farinhas que

apresentam elevado teor de glúten propiciam também uma alta absorção de água (LANZARINI, 2020). Essa característica pode ser evidenciada observando os resultados para os ensaios da amostra I, na qual apresentou o maior valor de absorção de água (58,7%) juntamente com o maior teor de glúten (29,7%) quando comparada às demais amostras.

O tempo de desenvolvimento (TDM) refere-se ao tempo que a massa leva para atingir sua máxima consistência, contados a partir do momento da adição de água. Quanto maior o valor do tempo de desenvolvimento, mais forte é considerada a massa (ORO, 2013). De acordo com Mellado (2006), para a prática da panificação é preferível farinhas que requeiram tempos de mistura na faixa de 4 a 5 minutos. As amostras em estudo apresentam resultados 9,4 a 12,2 minutos por se tratarem de farinhas puras. Entretanto, esse número pode ser facilmente ajustado com a adição de microingredientes nas farinhas comercializadas para panificação.

A estabilidade é a propriedade que se refere a resistência que a massa apresenta frente ao tratamento mecânico. Esse valor está diretamente relacionado à força das ligações entre as proteínas formadoras de glúten (INDRANI; RAO, 2007).

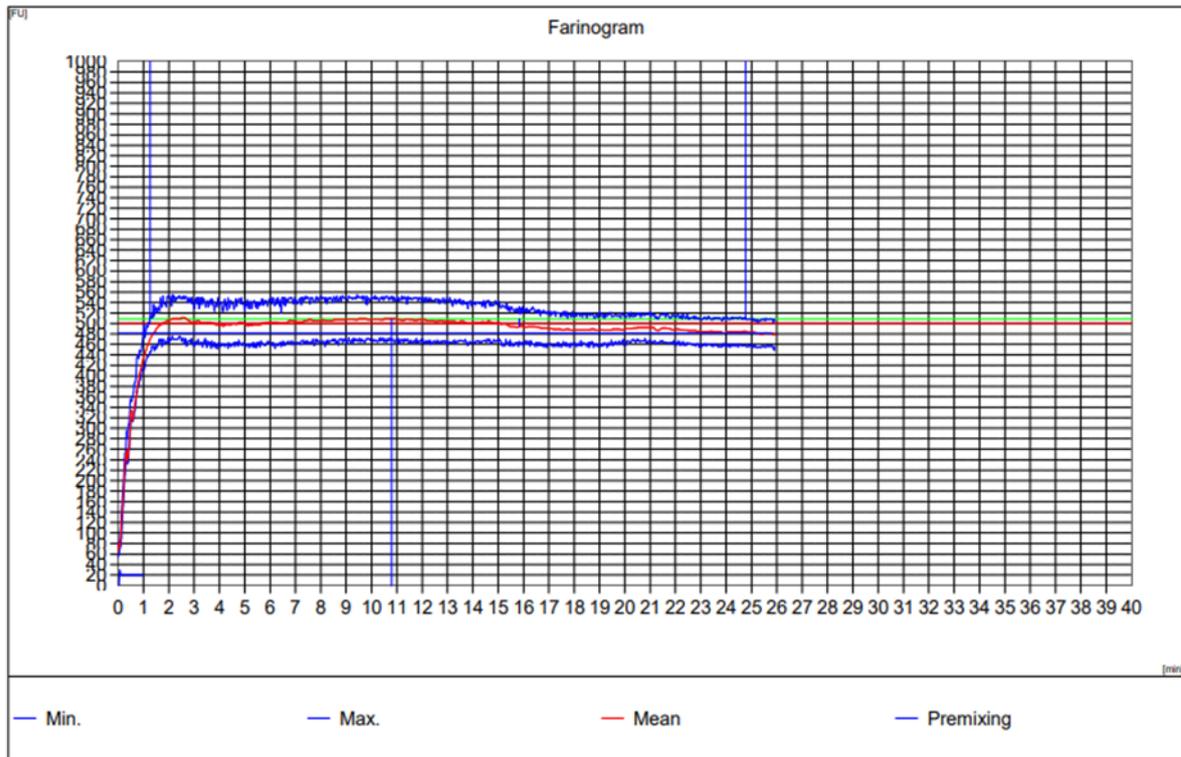
Para as farinhas estudadas, a estabilidade encontrada está na faixa de 20,6 a 26,6 minutos, sendo consideradas farinhas de boa qualidade para a fabricação de produtos panificáveis, conforme comenta Fernandes et al. (2008), e classificada como trigo melhorador, segundo Instrução Normativa n° 38, de 30/11/2021 – MAPA.

Costa et al. (2008) encontraram valores de 10 a 24,75 minutos para amostras de farinhas nacionais e 5,6 a 10,4 minutos para farinhas importadas. Já Silva (2017) encontrou valores na faixa de 2,1 a 37,3 minutos para a estabilidade das massas produzidas a partir de farinhas de diferentes cultivares do Paraná.

A estabilidade é um dos indicadores da força que a farinha de trigo apresenta, quanto maior o valor, maior será a força. Já o índice de tolerância à mistura é inversamente proporcional ao aumento da força, sendo um indicador do comportamento da massa nas etapas finais da mistura (YAMANI, 2015). Essa relação pode ser observada nos resultados da amostra II, na qual possui a maior estabilidade e menor valor de ITM, mostrando que essa farinha possui a melhor tolerância a mistura frente as demais.

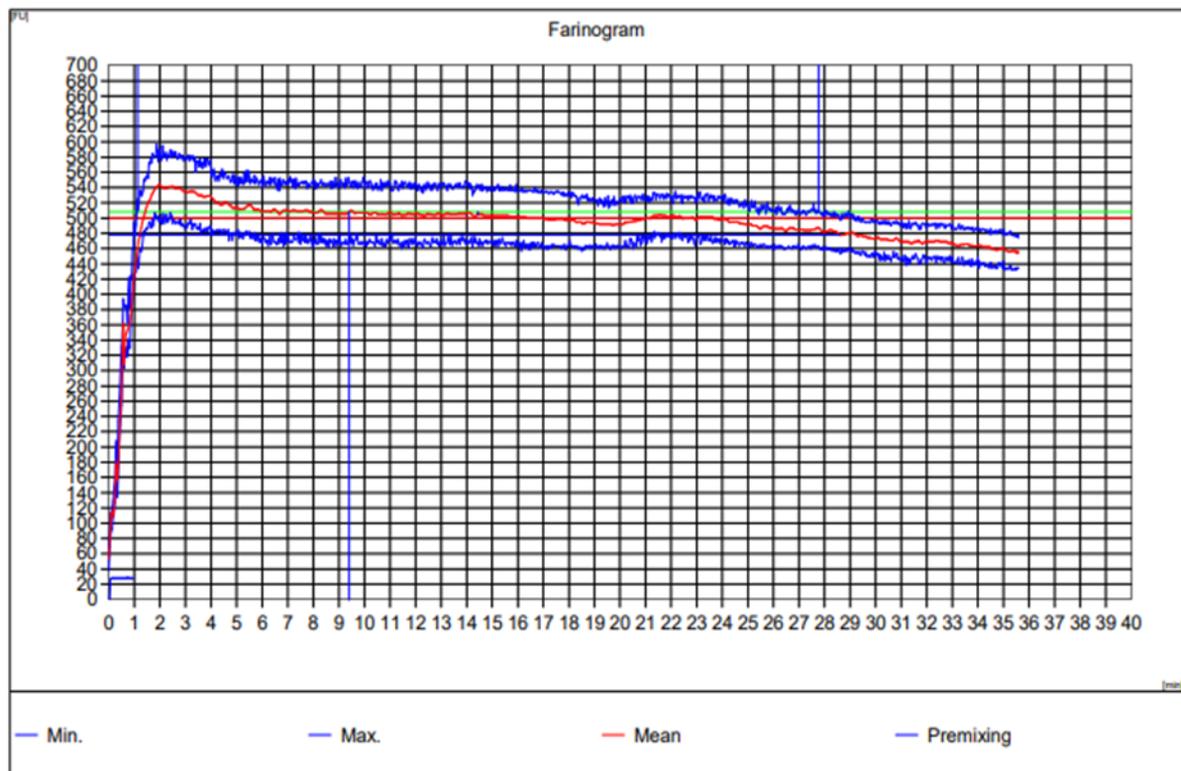
Os diagramas de farinografia encontrados estão em conformidade com o perfil descrito pela literatura com característica de farinhas fortes, em que as curvas geradas se mantem por bastante tempo sobre a linhas das 500 UF, sendo o tempo indicado em minutos pela linha vermelha (ITCA, 2013).

Figura 4 – Diagrama de farinografia para a amostra I



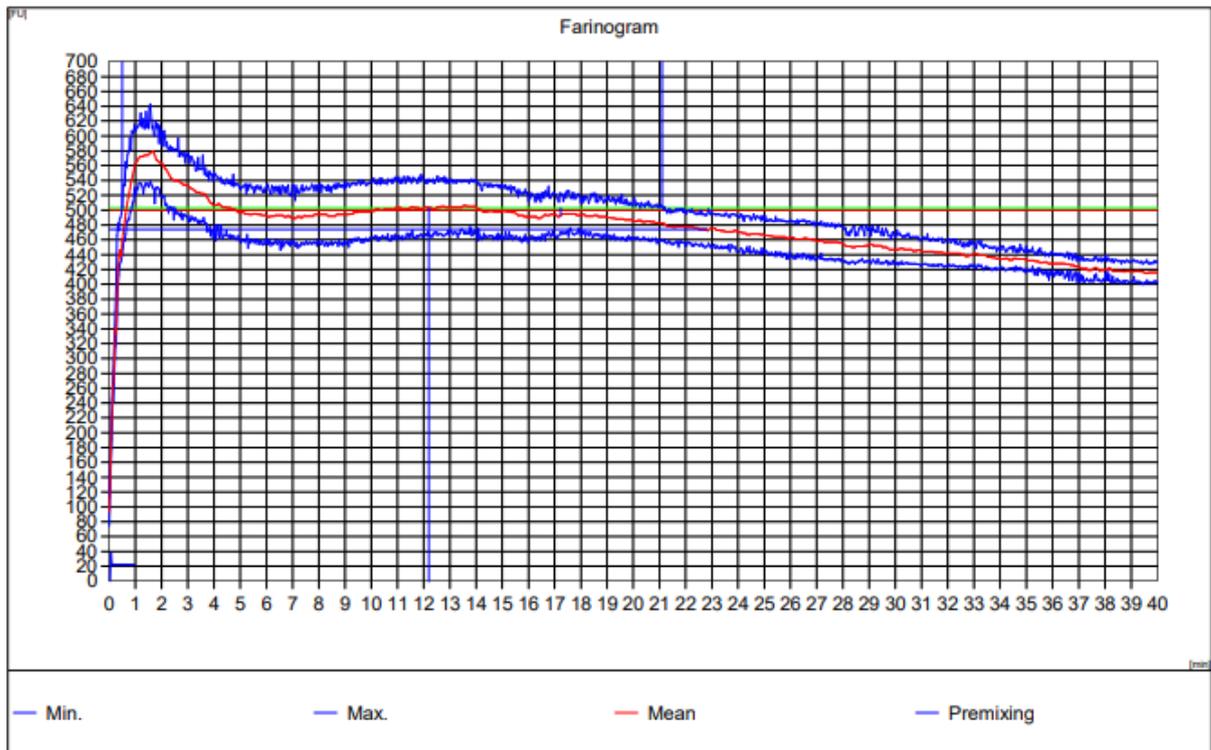
Fonte: Próprio Autor, 2022

Figura 5 – Diagrama de farinografia para a amostra II



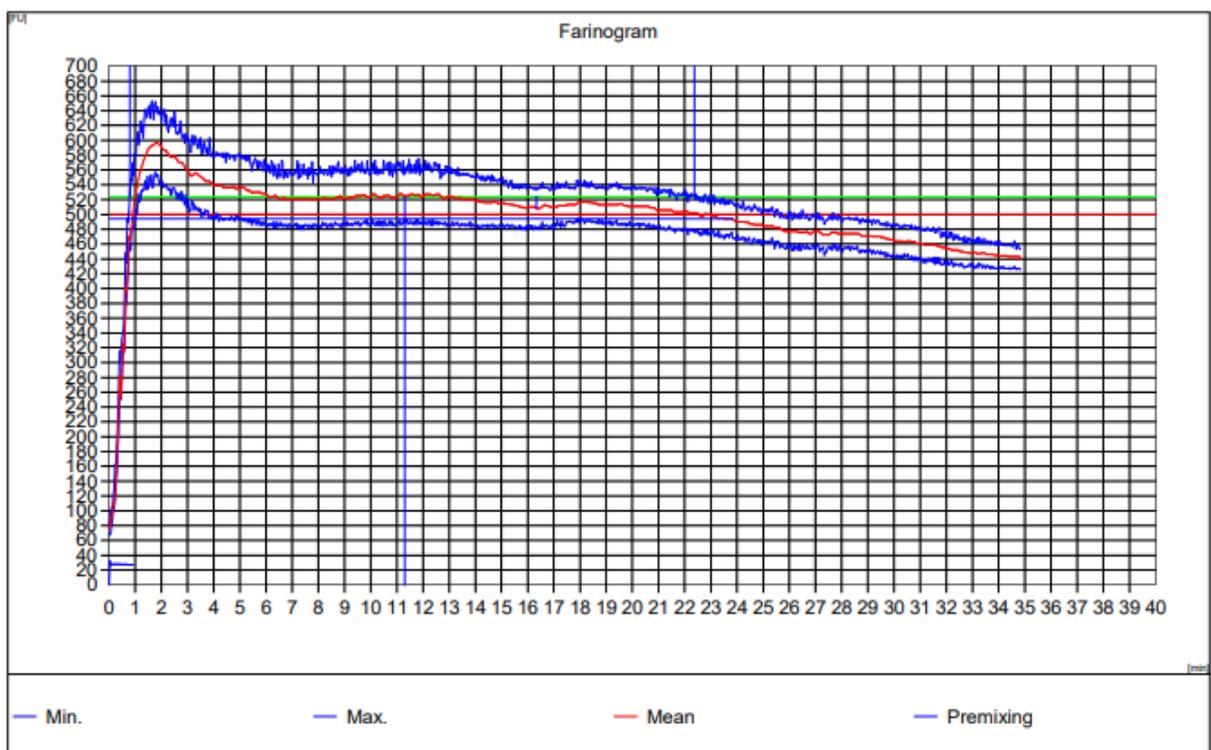
Fonte: Próprio Autor, 2022

Figura 6 – Diagrama de farinografia para a amostra III



Fonte: Próprio Autor, 2022

Figura 7 – Diagrama de farinografia para a amostra IV



Fonte: Próprio Autor, 2022

Tabela 10: Extensografia: Energia (A), resistência a extensão (R), extensibilidade (EXT) e número proporcional (NP) das farinhas de trigo produzidas em um moinho no estado do Maranhão.

AMOSTRA	A(cm ²)	R(UF)	E(mm)	NP (R/E)
I	127	432	158	2,7
II	113	416	150	2,8
III	145	769	120	6,6
IV	121	537	134	4

Fonte: Próprio Autor, 2022.

As curvas (repetições) referentes ao tempo de descanso da massa de 135 minutos são utilizadas como parâmetro para avaliação da qualidade da farinha de trigo, sendo o resultado a média aritmética dos valores de cada curva (PIZZINATTO, 1997).

A energia (A), medida da área sub a curva, refere-se a energia necessária para realizar o estiramento da massa. Farinhas fortes apresentam uma área maior, sendo também maior a energia exercida (ICTA, 2013). Para as amostras estudadas, o valor encontrado se manteve na faixa de 113 a 145 cm², sendo a amostra III a de maior valor. Pessanha (2016) encontrou resultado semelhante, como sendo de 132 cm², para massa formada a partir farinha de trigo analisada após 135 minutos de descanso.

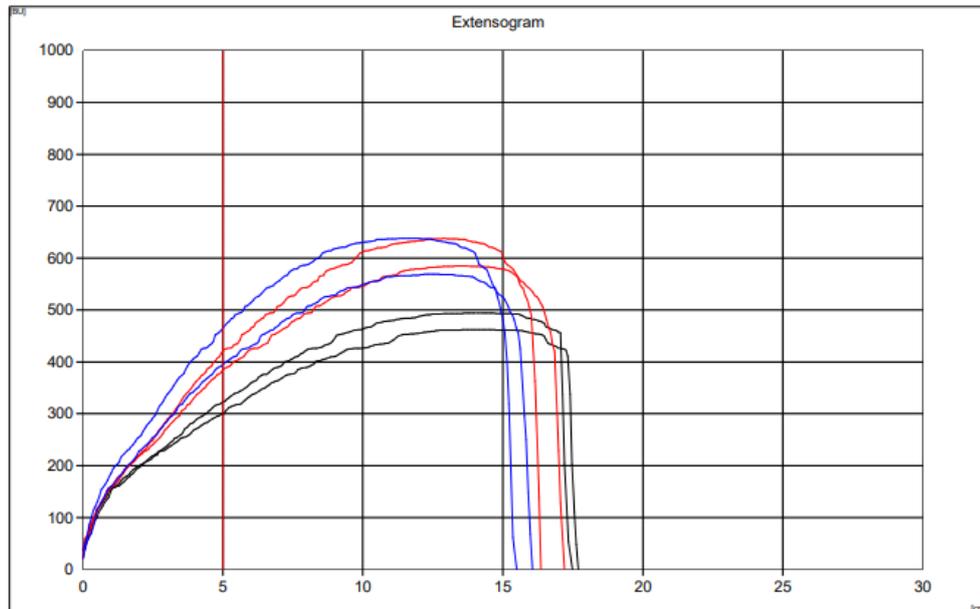
A resistência a extensão é uma propriedade importante para a fabricação de panificáveis pois está relacionada a capacidade de retenção do gás carbônico durante a fermentação (ICTA, 2013). Extensogramas que apresentam aumento gradativo de R indicam farinhas resistentes a longos períodos de fermentação e demais etapas do processo de panificação. Os resultados obtidos a partir dos ensaios de extensografia indicam que todas as amostras apresentam boa resistência a extensão, sendo a amostra III a de maior valor (769 UF).

A extensibilidade refere-se à capacidade da massa de ser esticada sem ocasionar o rompimento. A extensibilidade das farinhas analisadas esteve na faixa de 120 a 158 mm, estando coerente com resultados encontrados na literatura. Pessanha (2016) relatou a extensibilidade da farinha estudada no tempo de 135 minuto como sendo de 107 mm, Araújo et al. (2016) obtiveram resultado no intervalo de 136,6 a 80 mm para as farinhas estudadas.

O número proporcional é a relação entre a resistência a extensão e a extensibilidade da massa, sendo um indicador do comportamento da massa. Quanto maior for o valor, maior a capacidade da massa de ser esticada e conseguir voltar a sua condição inicial (ICTA, 2013). O valor de NP deve ser maior que 2,5 para a farinha ser considerada forte (ROMANUS, 2010), sendo assim, todas as farinhas analisadas são consideradas fortes.

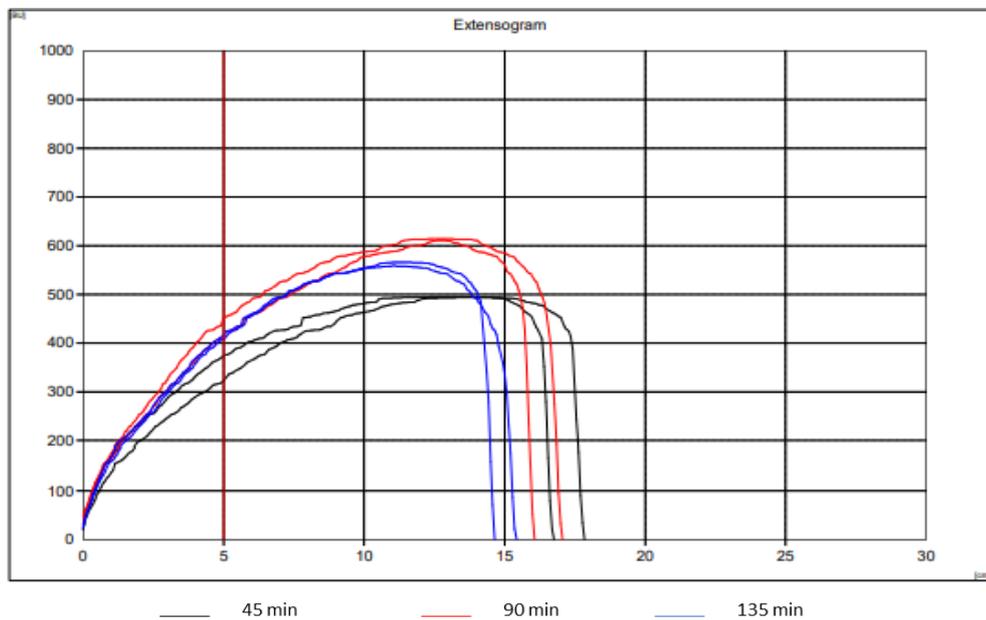
Por meio dos diagramas de extensografia é possível observar a relação do NP, entre a resistência a extensão e extensibilidade através dos diferentes perfis encontrados para as quatro amostras.

Figura 8 – Diagrama de extensografia para a amostra I



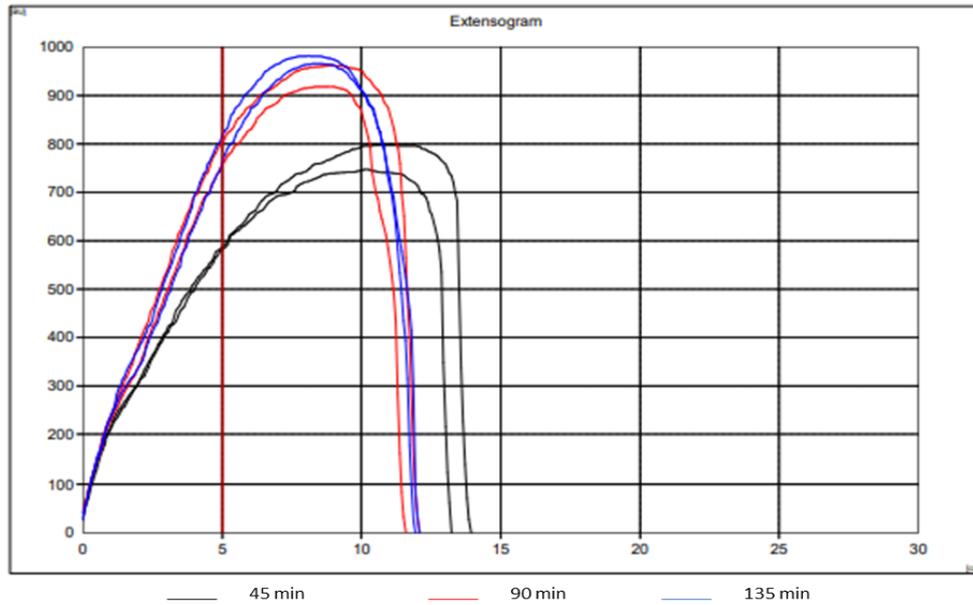
Fonte: Próprio Autor, 2022

Figura 9 – Diagrama de extensografia para a amostra II



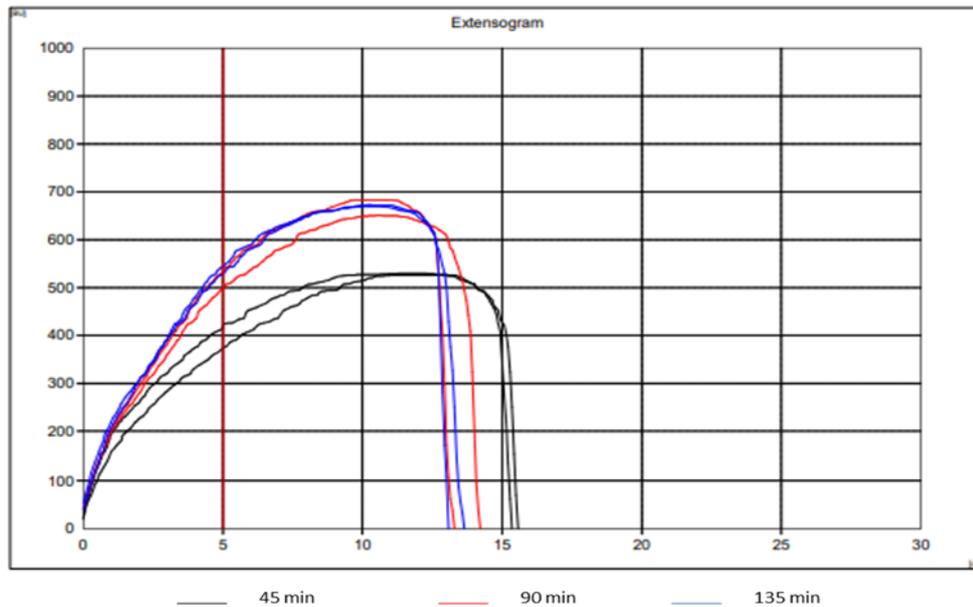
Fonte: Próprio Autor, 2022

Figura 10 – Diagrama de extensografia para a amostra III



Fonte: Próprio Autor, 2022

Figura 11 – Diagrama de extensografia para a amostra IV



Fonte: Próprio Autor, 2022

A amostra III apresenta o perfil mais distinto das demais amostras devido a sua característica de possuir a maior resistência a extensão e menor extensibilidade, sendo essa característica de massas fortes, sendo todas indicadas para a prática de produtos panificáveis (ICTA, 2013).

6 CONCLUSÃO

Todas as amostras de trigo e farinha de trigo de trigo analisadas se encontram dentro dos padrões estipulados pela legislação brasileira, sendo a farinha classificada como tipo 1. Os resultados também estão de acordo com os dados citados na literatura. A amostra IV, no entanto, foi a única que apresentou alteração em um dos parâmetros analisados, estando com percentual de glúten abaixo do recomendado pela literatura para a prática de panificação.

A partir dos ensaios reológicos, é possível aferir que todas as farinhas estudadas são consideradas fortes e estão aptas para a utilização na fabricação de produtos panificáveis.

Apesar de estar dentro do valor permitido pela legislação, o percentual da enzima alfa-amilase encontrado para as quatro porções estavam com baixa quantidade, no entanto essa deficiência pode facilmente ser corrigida com a adição de reforçadores ou melhoradores no momento da produção da farinha.

Dessa forma, ressalta-se a importância do acompanhamento rigoroso da qualidade tecnológica tanto dos grãos quanto das farinhas de trigo produzidos na indústria de moagem através das análises laboratoriais, afim de que se possa realizar necessárias correções em eventuais não conformidades e assim obter um produto de acordo com as normas vigentes.

REFERÊNCIAS

ABITRIGO. **Associação Brasileira de Trigo.** 2021. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br>. Acesso em: 18 julho 2021.

AL-DASH, A. A; CAMARGO, C. O; DIAZ, N. M. **Fundamentos da Tecnologia de Moagem.** Secretaria de Indústria, Comércio e Tecnologia do Estado de São Paulo, p.1-400, 1982.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. AACC International. Approved Methods of Analysis. **Physical Dough Tests:** AACCI Method 54-21.02: Farinograph method for flour. 11 ed. St. Paul: AACC International, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-54-21.02> . Acesso em: 05 julho 2021

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. AACC International. Approved Methods of Analysis. **Total Ash:** AACCI Method 08-02.01: Ash in Farina and Semolina. 11 ed. St. Paul: AACC International, 1999. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-08-02.01>. Acesso em: 05 julho 2021.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. AACC International. Approved Methods of Analysis. **Physical Dough Tests:** AACCI Method 54 10.01: Extensograph method, general. 11 ed. St. Paul: AACC International, 1999. Disponível em:<http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-54-10.01>. Acesso em: 05 julho 2021.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. AACC International. Approved Methods of Analysis. **Gluten:** AACCI Method Method 38-12.02: Wet Gluten, Dry Gluten, Water-Binding Capacity, and Gluten Index. 11 ed. St. Paul: AACC International, 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-38-12.02>. Acesso em 05 julho 2021;

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. AACC International. Approved Methods of Analysis. **Color and Pigments:** AACCI Method Method 14-22.01: Color of Pasta – Reflectance Colorimeter Method. 11 ed. St. Paul: AACC International, 1995. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-14-22.01>. Acesso em 05 julho 2021

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. AACC International. Approved Methods of Analysis. **Physicochemical Tests:** AACCI Method 56-81.03: Determination of Falling Number. 11 ed. St. Paul: AACC International, 1999. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-56-81.03>. Acesso em 05 julho 2021.

AMORIM, M. V. F. S. **Desenvolvimento de um novo processo de limpeza e condicionamento de grãos de trigo.** Tese (Doutorado) – Curso de Tecnologia em Alimentos – Universidade Federal do Ceará – UFCE. Fortaleza: 2007.

ANVISA. **Legislação Farinha de Trigo.** Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/anvisaegis/resol/12_78_farinha_trigo.htm. Acesso em: 20 julho 2021.

AQUINO, V. C. **Estudo da estrutura de massas de pães elaborados a partir de diferentes processos fermentativos**. p. 87, 2012. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Tecnologia Bioquímica-farmacêutica, Universidade de São Paulo, 2012.

ARAÚJO, J.B. et al. Propriedades Farinográficas e Extensográficas da Farinha de Trigo Incorporada de Diferentes Proporções de Farinha de Trigo Sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench) refinada. **XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Gramados/RS, 24 a 27 de out de 2016. Disponível em: <<https://document.onl/documents/propriedades-farinograficas-e-extensograficas-da-farinha-farinha-de-trigo.html>>. Acesso em: janeiro 2020.

ARAÚJO, R. G. O.; MACEDO, S. M.; KORN, M. G. A.; PIMENTEL, M. F.; BRUNS, R. E.; FERREIRA, S. L. C. Mineral Composition of Wheat Flour Consumed in Brazilian Cities. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 19, n. 5, pp. 935-942, 2008.

BALHMANN, C. L.; LANZARINI, D. P. Estudo reológico e físico-químico das farinhas de trigo destinadas a panificação produzidas em moinhos da região de Francisco Beltrão. 32 f. **Trabalho de conclusão do Curso de Tecnologia em Alimentos**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2013

BOLZAN, R. C. **Bromatologia**. Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Agrícola de Frederico Westphalen, 2013.

BRABENDER. **Food Division**. Quality Control. Milling/Baking. 25 julho 2021.

BRANDÃO, S. S; LIRA, H. L. **Tecnologia de Panificação e Confeitaria**. 1 ed. Recife: EDUFRP, 2011. 148 p.

BRASIL. **Decreto-lei nº 210, de 27 de fevereiro de 1967**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 27 fev. 1967. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/De10210. Acesso em: 20 julho 2021.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 167 de 29 de julho de 1994**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 jul. 1994. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/normativos-cgqv/atos-revogados/portaria_167_03081994-trigo.pdf> Acesso em 20 julho 2021.

BRASIL. **Lei nº 8.096, de 21 de novembro de 1990**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 nov. 1990. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1990/lei-8096-21-novembro-1990-377064-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 20 julho 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 08, de 02 de junho de 2005**. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade para a Classificação da Farinha de Trigo. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 105-E, P. 91, 03 jun. 2005. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010. Regulamento técnico do trigo. **Diário Oficial República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 29, p. 2, 1 dez. 2010. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Instrução Normativa nº38, de 30 de novembro de 2010**. Regulamento Técnico do trigo. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira**. Secretaria de Atenção Básica. Departamento de Atenção Básica. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde; 2014. p. 28 Disponível em: <https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf>. BROCA, Â.; BERTAN, L. C.; FRANCISCO, C. T. DOS P. Estudo da qualidade do trigo e da farinha de trigo destinada a panificação em um moinho no sul do Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, e20710414021, 6 abr. 2021.

CAFÉ, S. L. et al. **Cadeia produtiva do trigo**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 18, p.193-220, set. 2003.

CASTELLO, P.; POTUS, J.; BARET, J. **La maturation des farines: aspects biochimiques et technologiques. Industries des Céréales**, Paris: Association pour le progrès des industries des céréales, n. 108, p 5-13, 1998.

CAUVAIN & YOUNG, S. P. (2009). Tecnologia da Panificação. (2a ed.), Editora Manole.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**. Perspectivas para a agropecuária - Safra 2014/2015. Brasília: CONAB, v.2, 11º Levantamento de safra, 2015.

CONTINI, G. K. et al. CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA E CONTROLE DE QUALIDADE DA FARINHA INTEGRAL DE CENTEIO E DA FARINHA DE TRIGO. In: **Prática e Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Atena Editora, 2020. v. 148p. 105–114.

CORRÊA, P.C.; RIBEIRO, D.M.; RESENDE, O.; BOTELHO, F.M. Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.665-670, 2006

COSTA, M. G et al. **Qualidade Tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 1, p. 220- 225, 2008. Curso de Tecnologia em Agroindústria- Instituto Federal Farroupilha, Alegrete, 2010.

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

COSTA, RAFAELA et al. **AVALIAÇÃO DO TEOR DE GLÚTEN ÚMIDO E GLÚTEN SECO DE FARINHAS DE TRIGO COMERCIALIZADAS EM VITÓRIA DA**

CONQUISTA – BA. In: Anais da 4ª Semana de Engenharia de Alimentos e I Simpósio da Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da UESB. Anais...Itapetinga (BA) UESB, 2018.

EDWARDS, M.A., OSBORNE, B.G., HENRY, R.J. Investigation of the effect of conditioning on the fracture of hard and soft wheat grain by the single-kernel characterization system: a comparison with roller milling. **Journal of Cereal Science**, v. 46, n. 1, p. 64-74, jul. 2007.

EL-DASH, A.A. **Fundamentos da tecnologia de moagem.** São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio e Tecnologia, 1982. 400 p.

EL-DASH, Ahmed A.; CAMARGO, Celina de Oliveira.; DIAZ, Norma Mancilla. **Fundamentos da tecnologia de panificação.** São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio Ciência e Tecnologia, 1982. 349 p. (Série Tecnologia Agroindustrial, 6).

EMBRAPA. **Descrição dos métodos usados para avaliar a qualidade de trigo.** Passo Fundo: RS, 2009. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do112_5.htm. Acesso em 22 julho 2021.

EMBRAPA. **QUALIDADE INDUSTRIAL DE TRIGO.** Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/119419/1/FOL-05947.pdf>. Acesso em: 24 julho 2021.

EVANGELHO, J. A.; PINTO, V. Z.; ZAVAREZE, E. DA R.; VANIER, N. L.; DIAS, A. R. G.; BARBOSA, L. M. P. Propriedades tecnológicas e nutricionais de pães preparados com diferentes proporções de farinha de arroz extrusada. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 18, n. 4, p. 264 - 282, 2012.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nation. **Food Outlook.** Binnual Report on Global Food Markets. p. 11-16. 2021.

FARONI, L. R. D. et al. Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 354–357, 2002.

FERREIRA, E. G. et al. Estudo para Estabelecer os Parâmetros de Relação entre o Teor de Cinzas e a Colorimetria na Farinha de Trigo. **Tópicos em Ciências e Tecnologia de Alimentos: Resultados de Pesquisas Acadêmicas – Volume 5**, p. 447–466, 2019.

FLANDRIN, J. L.; MONTANARI, M. (Dir.). **História da alimentação.** São Paulo: Estação Liberdade, 1998.

FOGAÇA, C. A., MALAVASI, M. M., MALAVASI, U. C., E HELMICH, P. R. Comparação de metodologias para quantificação do grau de umidade de sementes florestais categorizadas por tamanho. **Scientia Agraria Paranaensis.**, 3(1):15–24. 2004.

FREO, J. D. et al. Propriedades físicas e tecnológicas de farinha de trigo tratada com terra diatomácea. **Ciencia Rural**, v. 41, n. 6, p. 1076–1081, 2011.

GUTKOSKI, L. C.; JACOBSEN NETO, Raul. Procedimento para teste laboratorial de panificação-pão tipo forma. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.5, p.873-879, 2002.

HEMERY, Y. M. et al. Influence of storage conditions and packaging of fortified wheat flour on microbial load and stability of folate and vitamin B12. **Food Chemistry: X**, v. 5, n. April 2019, p. 100076, 2020.

Hall, C.W. **Drying and storage of agricultural crops**. Westport: AVI, 381p. 1980

HUNG, P. V.; MAEDA, T.; MORITA, N. Waxy and high-amylose wheat starches and flours – characteristics, functionality and application. **Food Science and Technology**. v.17, n.8, p.448-456, 2006. Instituto de Ciência e Tecnologia em Alimentos - ICTA. **Avaliação da Qualidade Tecnológica / Industrial da Farinha de Trigo**. Disponível em:<<http://thor.sead.ufrgs.br/objetos/avaliacao-farinha-trigo/index.php>>. Acesso em 28 julho 2021.

ICTA - Instituto de Ciência e Tecnologia em Alimentos. **Avaliação da Qualidade Tecnológica Industrial da Farinha de Trigo**. Disponível em:<<http://thor.sead.ufrgs.br/objetos/avaliacao-farinha-trigo/index.php>>. Acesso em: 15 agosto 2021.

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

International Association for Cereal Science and Technology – ICC Standard n° 107/1: Determination of the “Falling Number” according to Hagberg – Perten as a Measure of the Degree of Alpha-Amylase Activity in Grain and Flour. Approved: 1968; Revised: 1995.

JAEKEL, L. Z. **Influência da adição de diferentes fontes de fibras (farinha de trigo de grão inteiro e amido resistente) e de transglutaminase nas características tecnológicas, estruturais e sensoriais de massas alimentícias**. 2013. 193 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

JOSEANE M.; DERMÂNIO T.; ELEONE T.; DAIANE L. et al. **Influência do teor de umidade do grão para a moagem do trigo sobre o teor de cinzas e cor da farinha**. In: Anais do Simpósio Latino Americano Ciências de Alimentos, 2013. Campinas, Galoá, 2013. Disponível em: <<https://proceedings.science/slaca/slaca-2013/trabalhos/influencia-do-teor-de-umidade-do-grao-para-a-moagem-do-trigo-sobre-o-teor-de-cinzas-e-cor-da-farinha>> Acesso em: 25 jul. 2021.

JUNIOR, D. C.; OLIVEIRA, J. B. **Controle de Qualidade de Trigo e Derivados / Tratamento e Tipificação de Farinhas**. Granotec do Brasil, 1998

LACOVSKI, A. C. et al. **INDÚSTRIA DE FARINHA DE TRIGO: Moinho Trigossul**. Trabalho de Conclusão de Curso. UTFPR: PR, 2019.

LANZARINI, D. P. et al. **Controle De Qualidade Aplicado a Farinha De Trigo Panificável Produzida Em Moinhos Do Estado Do Paraná**. As ciências agrárias e seus impactos na sociedade – Volume 04, p. 129–140, 2015.

LANZARINI, D. P. et al. Controle de qualidade aplicado a farinha de trigo panificável produzida em moinhos do estado do Paraná. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 16919–16929, 2020.

MANDARINO, J. M. G. **Componentes do trigo: características físico-químicas, funcionais e tecnológicas**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1994. 36p.

MANDARINO, J. M. G. **Aspectos importantes para a qualidade do trigo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1993. 32 p.

MEDEIROS, M. **Estudo comparativo das características tecnológicas, panificáveis e sensoriais de farinha de trigo fortificadas com ferro aminoácido quelado e sulfato ferroso**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2001. 66 p.

MELLADO, M. Z. **El trigo em Chile**. INIA nº 121. 684 p. Instituto de investigaciones agropecuárias. Chillá, Chile, 2006

MIRANDA, M. Z. DE et al. **Relação entre cor de farinha de trigo e cor do miolo do pão**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2018. NETO, A.; SANTOS, C. **A cultura do trigo**. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, 2017.

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

ORO, T; Adaptação de métodos para avaliação da qualidade tecnológica da farinha de trigo integral. Tese (Doutorado)- Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

ORTOLAN, F. **Genótipos de trigo do Paraná – safra 2004: caracterização e fatores relacionados à alteração da Cor da Farinha**. 2006. 140 f. Dissertação (Pós- Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos). Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

PESSANHA, M. D. F.; LANNES, S. C. S. **Propriedades reológicas da massa de pão francês adicionada de fibra alimentar e características sensoriais do produto após assamento**. São Paulo, 2016. 199 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

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

RIBEIRO, M. N. **Influência do tempo de condicionamento do trigo na qualidade tecnológica da farinha**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará – UFCE. Fortaleza: 2009.

ROMANUS. Capacitação de Formuladores de Misturas Prontas. Campo Largo, 2010.

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

SALOMÃO, R. P. **Determinação Qualitativa e Quantitativa de Glúten em Farinha de Trigo, Aveia e Arroz.** Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA - Assis, 2012. 45 p.

SANTOS C. M. A. et al. **Métodos Analíticos Aplicados pela Granotec/Granolab ao Trigo e a Farinha de Trigo.** 1 ed. Curitiba: PR, 2015.

SANTOS, L. G. F. DOS; MANCINI, MAUR. C.; AGUIAR, V. A. F. DE. **Estudo Da Determinação Da Umidade De Sinter Feed Em Medidor De Infravermelho, Como Técnica Alternativa À Proposta Na Norma Nbr Iso 3087:2011.** In Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, Uberlândia – MG. 2019.

SCHUEER, P. M., FRANCISCO, A. de; MIRANDA, M. Z. de; LIMBERGER, V. M. **Trigo: características e utilização na panificação.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.13, n. 2, p. 211-222, 2011. Disponível em: www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev132/Art13211.pdf. Acesso em: 21 julho 2021.

SEKULARAC, A. et al. The influence of wheat genotype and environmental factors on gluten index and the possibility of its use as bread quality predictor. **Genetika**, v. 50, n. 1, p. 85–93, 2018.

SILVA, M. C. F.P; **Estudo do perfil proteico e qualidade de panificação em farinhas de trigo argentino das regiões de Necochea e Up River.** p. 85, 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2012.

SILVA, K. A. **Análises reológicas e físico-químicas da farinha de trigo de diferentes cultivares do estado do Paraná (safra 2016) para produção de pães.** 2017. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em Alimentos - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

SOUZA, D. F. M., **Influência do tempo de condicionamento do trigo na qualidade tecnológica da farinha.** Tese (Mestrado em Tecnologia de Alimento) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, 2019.

STENVERT, N. L.; KINGSWOOD, K. Factors influencing the rate of moisture penetration into wheat during tempering. **Cereal Chemistry.**, v. 54, p. 627-637, 1977.

STREIT, F; FABRICIA, A. Moagem. 2000. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/afeira/operacoes-unitarias/transformacao/moagem> Acesso em: 18 julho 2021.

SUGDEN, T.D. Wheat flour milling, Part 1. In D. A. V.Dendy and B. J. Dobraszczyk eds. **Cereals and Cereal Products: chemistry and technology.** Maryland, USA: Aspen Publishers Inc., 2001. p 140-172

TAKEITI, C. Y. **Trigo.** Brasília: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2015. Disponível

em:<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000girlwnqt02wx5ok05vadr1qrnof0m.html. Acesso em 18 julho 2021.

VAN DER BORGHT, A.; GOESAERT, H.; VERAVERBEKE, W. S.; DELCOUR, J. A. Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: overview of the main processes and the factors involved. **Journal of Cereal Science**. v.41, p.221-237, 2005.

VIALÁNES, J. **Manual de Tecnologia de Moagem**. Fortaleza: SENAICE/CERTREM, 2005. v. 1, v. 2 (parte) v. 5 il. (Manual de Tecnologia de Moagem 5). 604 p

VITKOSKI, F. L. **Estudo da influência do tempo de umidificação (condicionamento) do grão de trigo, na taxa de extração e parâmetros físico-químicos da farinha**. Trabalho de Conclusão de Curso. UTFPR, 2015.

WATANABE, É. **Influência das proteínas formadoras do glúten na qualidade tecnológica da farinha de trigo para panificação**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2014.

YAMANI, B. V. **Substituição parcial de farinha de trigo por farinha de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) e maçã (*Lepidium meyenii* W.) na elaboração de panetone**. 2015. 237p. Tese (doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

YASUNAGA, T.; UEMARA, M. Evaluation of color characteristics of flours obtained from various types and varieties of wheat. **Cereal Chemistry**, v.39, p.171-182, 1962

ZARDO, F. P. **Análises Laboratoriais para o controle de qualidade da farinha de trigo**. 2010. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso- Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves, 2010.