

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

MARINA FERNANDA DA SILVA JUNGES

QUALIDADE TECNOLÓGICA DA FARINHA TRIGO (*Triticum aestivum* L.) OBTIDA
A PARTIR DE VARIEDADES CULTIVADAS NO PARANÁ

PONTA GROSSA
2024

MARINA FERNANDA DA SILVA JUNGES

QUALIDADE TECNOLÓGICA DA FARINHA TRIGO (*Triticum aestivum* L.) OBTIDA
A PARTIR DE VARIEDADES CULTIVADAS NO PARANÁ

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos na
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Área
Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate

PONTA GROSSA
2024

J95 Junges, Marina Fernanda da Silva
Qualidade tecnológica da farinha de trigo (*Triticum aestivum* L.) obtida a partir de variedades cultivadas no Paraná / Marina Fernanda da Silva Junges. Ponta Grossa, 2024.
89 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Área de Concentração: Ciências e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate.

1. Cereal. 2. Parâmetros físico-químicos - reológicos. 3. Alveografia. 4. Farinografia. 5. Aplicação tecnológica. I. Demiate, Ivo Mottin. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ciências e Tecnologia de Alimentos. III.T.

CDD: 664.2

TERMO DE APROVAÇÃO

MARINA FERNANDA DA SILVA JUNGES

"Qualidade tecnológica da farinha de trigo (*Triticum aestivum* L.) obtida a partir de variedades cultivadas no Paraná".

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do grau de Mestre(a) no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate



Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate - UEPG-PR- Presidente



Prof. Dr. Antonio Roberto Giriboni Monteiro - UEM-PR - Membro Titular Externo



Prof. Dr. Luiz Gustavo Lacerda - UEPG-PR - Membro Titular Interno

Ponta Grossa, 22 de julho de 2024.

Esta dissertação é dedicada aos meus pais, Eduardo Cezar Junges e Telma Cássia da Silva Junges. Os maiores incentivadores das realizações dos meus sonhos. Muito obrigada!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, à Deus, por sempre me proteger e guiar pelos melhores caminhos.

Aos meus pais, Eduardo e Telma, por sempre me conduzirem, orientarem, aconselharem a seguir o melhor caminho e, principalmente, por serem o meu porto seguro desde pequena. Obrigada pelo apoio e amor incondicional, que com toda certeza contribuiu muito para me tornar a profissional de hoje!

Aos meus irmãos, Mateus, Lucas e Luiz Eduardo pelo carinho e incentivo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate, pela oportunidade, aprendizado, ajuda, confiança, troca de experiência e apoio durante a execução do trabalho, foi essencial para minha formação.

A todos os professores que durante minha jornada acadêmica contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui.

A Daniele, que me auxiliou nas análises da pesquisa. A Luane, sempre solícita. A minha amiga e colega de turma, Tayla, por ser minha companheira e dupla desde a graduação, obrigada por ter entrado nesse desafio junto comigo e por ser minha dupla nos trabalhos e apresentações. Com certeza ter você durante esses 2 anos tornou a caminhada mais leve e divertida. Sonhamos com o título de mestre juntas e assim permanecemos para conquistá-lo.

A todos que contribuíram, direta e indiretamente, para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

*A persistência é o menor caminho do êxito.
(Charles Chaplin)*

RESUMO

O trigo é um cultivo agrícola que tem como principal interesse a produção de farinha. Sua aplicação final está associada à qualidade dos grãos, uma vez que os mais variados produtos fabricados requerem características tecnológicas específicas, parâmetros estes definidos a partir de análises reológicas e físico-químicas. Atualmente, no mercado de sementes existem diversas variedades de trigo sendo comercializadas e cultivadas em diferentes regiões do Brasil. Diante disso, conhecer suas propriedades tecnológicas é de extrema importância, uma vez que sua aplicação depende destes fatores. Portanto, o objetivo desta pesquisa é avaliar os parâmetros físico-químicos e reológicos das farinhas de trigo obtidas a partir de variedades cultivadas no Paraná. Foram obtidas amostras de trigos cultivados no estado do Paraná, provenientes das cidades de Arapoti, Paulo Frontin e Ponta Grossa, determinando-se o peso hectolítrico e o peso de mil grãos; foram obtidas farinhas por meio da moagem em moinho experimental e determinado o rendimento de extração. Após a obtenção, a farinha de trigo foi submetida às seguintes análises: umidade, cinzas, proteína, cor, alveografia e farinografia, teor de glúten, propriedade de pasta, granulometria, *Falling Number*, *Stirring Number* e amido danificado. As farinhas de trigo analisadas apresentaram diferenças significativas quanto aos parâmetros considerados, tanto físico-químicos quanto reológicos. Todas as variedades de trigo forneceram farinhas que se diferiram quanto classificação de acordo com os parâmetros de umidade, cinzas e proteína, dividindo-se entre Tipo I, II e Integral, segundo a legislação vigente. Os resultados revelaram que as variedades de trigo Audaz, Calibri e Feroz de Arapoti apresentaram os melhores desempenhos nas análises reológicas, quando se almeja aplicações para panificação. . As cultivares de trigo provenientes da cidade de Paulo Frontin apresentaram resultados pouco promissores quando se pensa na utilização em processos industriais que demandam farinhas mais fortes, considerando o desempenho nas análises reológicas. De maneira geral esse estudo possibilitou conhecer as características específicas para cada cultivar de trigo analisada. As amostras analisadas apresentaram características compatíveis com os resultados já publicados na literatura e concordância entre as análises realizadas. Desta forma verificou-se que as condições climáticas adversas, ou seja, incidência forte de chuvas enfrentadas durante cultivo e a colheita na região de Paulo Frontin afetaram a qualidade da farinha de trigo obtida bem como, são essenciais para a obtenção de cereais com qualidade adequada para moagem e futuras aplicações industriais.

Palavras-chave: Cereal; Parâmetros físico-químicos e reológicos; Alveografia; Farinografia; Aplicação tecnológica.

ABSTRACT

Wheat is an agricultural crop primarily cultivated for flour production. Its final application is associated with grain quality, as various manufactured products require specific technological characteristics determined through rheological and physicochemical analyses. Currently, there are several wheat varieties being marketed and grown in different regions of Brazil. Therefore, understanding their technological properties is crucial, as their application depends on these factors. Hence, the objective of this research is to evaluate the physicochemical and rheological parameters of wheat flours obtained from varieties cultivated in Paraná. Samples of wheat cultivated in the state of Paraná, from the cities of Arapoti, Paulo Frontin, and Ponta Grossa, were obtained. They were analyzed for hectoliter weight and thousand grain weight. Flours were obtained through experimental milling, and extraction yield was determined. Subsequently, the wheat flour underwent the following analyses: moisture content, ash content, protein content, color, alveography and farinography, gluten content, paste properties, particle size distribution, Falling Number, Stirring Number, and damaged starch content. The analyzed wheat flours showed significant differences in both physicochemical and rheological parameters. All wheat varieties provided flours that differed in moisture, ash, and protein content classifications, categorized as Type I, II, and Whole according to current legislation. Results revealed that the Audaz, Calibri, and Feroz varieties from Arapoti showed the best performance in rheological analyses, particularly suited for baking applications. Wheat cultivars from Paulo Frontin also showed fewer promising results for industrial processes requiring stronger flours, based on rheological performance. In general, this study enabled the identification of specific characteristics for each analyzed wheat cultivar. The analyzed samples exhibited characteristics consistent with literature findings and agreement across conducted analyses. It was observed that adverse climatic conditions, namely, heavy rainfall experienced during cultivation and harvest in the Paulo Frontin region affected the quality of the obtained wheat flour, crucial for obtaining cereals suitable for milling and future industrial applications.

Keywords: Cereal; Physicochemical and rheological parameters; Alveography; Farinography; Technological application.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do processo de obtenção da Farinha de Trigo.....	18
Figura 2 – Espaço de cor $L^* C^* h^\circ$	22
Figura 3 – Fluxograma de execução da pesquisa.....	28
Figura 4 – Localidades de cultivo das amostras analisadas.	30
Figura 5 – Precipitação durante a safra do trigo em 2022.....	40
Figura 6 – Curvas viscoamilográficas das farinhas de trigo.	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Discriminação das variedades e local de cultivo.	29
Tabela 2 – Resultados do peso hectolítrico do trigo.....	38
Tabela 3 - Distribuição de chuvas nas diferentes regiões de cultivo.	41
Tabela 4 – Resultados da medida de peso de mil grão do trigo.	43
Tabela 5 – Resultados do rendimento de extração das farinhas de trigo.....	44
Tabela 6 - Resultados das características físico-químicas da farinha de trigo.	46
Tabela 7 – Parâmetros de cor instrumental das farinhas de trigo.	49
Tabela 8 – Granulometria das farinhas de trigo.	51
Tabela 9 – Resultados do amido danificado das farinhas de trigo.	53
Tabela 10 – Resultados da análise de Farinografia.	55
Tabela 11 – Resultado da análise de Alveografia.	58
Tabela 12 – Resultados das curvas viscoamilográficas das farinhas de trigo.....	61
Tabela 13 – Valores de Falling Number e Stirring Number.	65
Tabela 14 – Teor de glúten úmido.....	68
Tabela 15 – Correlação de Pearson.....	72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 TRIGO	14
3.1.1 Cultura agrícola	14
3.1.2 Importância econômica da cultura no Brasil e no mundo	15
3.2 ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DO TRIGO	15
3.3 PROCESSAMENTO DO TRIGO	16
3.4 QUALIDADE DO TRIGO	19
3.4.1 Testes utilizados para avaliação da qualidade industrial de trigos e da farinha de trigo	20
3.4.1.1 Testes Físico-Químicos	21
3.4.1.2 Testes Reológicos	23
3.5 CARACTERÍSTICAS IDEIAIS DA FARINHA DE TRIGO PARA APLICAÇÃO	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS	28
4.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS	28
4.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO TRIGO	30
4.2.1 Peso Hectolitro (PH)	30
4.2.2. Peso de mil grãos	30
4.3 EXTRAÇÃO DA FARINHA DE TRIGO	31
4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA DE TRIGO	31
4.4.1 Determinação da cor instrumental	31
4.4.2 Determinação da umidade	32
4.4.3 Determinação de proteína	32
4.4.4 Determinação de cinzas	33
4.4.5 Granulometria da farinha	33
4.4.6 Determinação de amido danificado	33
4.5 CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DA FARINHA DE TRIGO	34
4.5.1 Farinografia	34
4.5.2 Alveografia	35
4.5.3 Propriedade de pasta	35
4.5.4 <i>Falling Number</i>	36
4.5.5 <i>Stirring Number</i>	36

4.5.6 Determinação do teor de glúten	36
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO TRIGO	38
5.1.2 Peso Hectolítrico (PH)	38
5.1.3 Peso de mil grãos (PMG)	43
5.2 EXTRAÇÃO DA FARINHA DE TRIGO	44
5.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA DE TRIGO	45
5.3.1 Características físico-químicas	45
5.3.2 Cor instrumental	48
5.3.3 Granulometria	51
5.4 AMIDO DANIFICADO	53
5.5 CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DA FARINHA DE TRIGO	55
5.5.1 Farinografia	55
5.5.2 Alveografia	58
5.5.3 Propriedade de pasta	61
5.5.4 <i>Falling Number (FN)</i> e <i>Stirring Number (SN)</i>	65
5.5.5 Glúten úmido	68
5.6 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS FARINHAS DE TRIGO	70
6 CONCLUSÃO	78
REFERÊNCIAS	79

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) tem sido ampliado no Brasil, que figura como sendo um dos maiores produtores mundiais do cereal. Esta cultura agrícola fornece matéria-prima largamente utilizada na produção da farinha, cuja qualidade define o rol de aplicações na indústria alimentícia.

Em 2022, o Brasil atingiu o marco de produção de 10,3 milhões de toneladas. As áreas de cultivo estão concentradas na região Sul, Sudeste e Centro-Oeste brasileiro, sendo a região Sul responsável por 90% da produção nacional.

A farinha de trigo pode ser definida como um produto obtido a partir da moagem dos grãos do cereal, tendo elevado valor econômico, uma vez que possui papel fundamental na alimentação humana, sendo utilizada em diversos produtos de panificação, massas, bolos e uma infinita gama de produtos onde entra como a principal matéria prima para a produção.

Os mais diversos produtos resultantes do emprego de farinha de trigo requerem características e qualidade específica da mesma, uma vez que as propriedades, tanto físico-químicas quanto reológicas afetam notavelmente a qualidade do produto final.

Um dos principais critérios para se definir a aplicação tecnológica da farinha é a estrutura do endosperma, uma vez que a dureza dos grãos, por exemplo, está intimamente associada ao processo de moagem, pois interfere na proporção de amido danificado, granulometria, rendimento do processo, características físico-químicas e reológicas da farinha de trigo.

Além disso, um fator extremamente importante para garantir a qualidade da farinha no final da moagem é o uso de trigos de alta qualidade, podendo ser influenciada por diferentes fatores como: clima, época de plantio, região de plantio, variedade da cultura, entre outros fatores. Ter conhecimento dessas variáveis, assim como do perfil tecnológico da farinha de trigo adquirida, é essencial para garantir um produto de alta qualidade e um processo com alto rendimento dentro da indústria alimentícia.

Diante do exposto, conhecer o grau de variação tecnológica bem como conhecer as características físico-químicas e reológicas da farinha de trigo é de extrema importância para definir mercados de aplicação específicos de acordo com o desempenho das cultivares.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os parâmetros físico-químicos e reológicos de farinhas de trigo obtidas a partir de variedades de trigo cultivados no Paraná.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar as principais características físicas e físico-químicas dos grãos de trigos;
- Realizar a extração de farinha de trigo das diferentes cultivares da gramínea;
- Determinar as características físico-químicas e reológicas da farinha de trigo;
- Avaliar o desempenho e qualidade da moagem para a obtenção da farinha com base no teor de amido danificado.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 TRIGO

Segundo a Instrução Normativa nº 38 de 30 de novembro de 2010, fica estabelecido que trigo são os grãos provenientes das espécies *Triticum aestivum* L. e *Triticum durum* L. (Brasil, 2010).

3.1.1 Cultura agrícola

O trigo (*Triticum* spp. L) é um dos cereais mais antigos da história, sendo que os primeiros relatos do seu cultivo ocorreram há 12.000 anos (Kisonas; Morris, 2018). Representa aproximadamente 19% da produção global de cereais (Aktar-Uz-Zaman *et al.*, 2017). Com o passar das décadas o cereal foi constantemente desenvolvido, uma vez que é vital para a sobrevivência da humanidade, contribuindo para avanços na genética, química e biotecnologia, bem como melhorando a qualidade para o processamento e obtenção de produtos de consumo (KISZONAS; MORRIS, 2018).

O cereal pertence à família das gramíneas (Poaceae) ao gênero *Triticum*, as principais espécies de cultivo são *Triticum monococcum*, *Triticum durum* e *Triticum aestivum*, sendo a última a mais comercializada e produzida em todo o mundo, principalmente no Brasil (Silva, 2017). As espécies de trigos diferenciam-se entre si em sua constituição genética, composição do grão e a qualidade final que designa a aplicação (Sharma *et al.*, 2020).

Inicialmente o trigo era consumido em forma de mingau/papa, na maioria das vezes misturado a outros alimentos, devido ao seu elevado valor nutricional e ausência de conhecimento de outras aplicações como alimento. Com a descoberta da fermentação começou-se a produção de pães. A partir daí a cultura foi difundida pelo mundo inteiro (Flandrin; Montanari, 1998).

No Brasil, foi introduzida por volta de 1534 no Nordeste, porém em função das condições climáticas a cultura não atingiu elevada produtividade, sendo assim transferida para regiões mais frias, como o sul e sudeste brasileiro. Diante disso a cultura passou a ter maior importância econômica devido ao aumento de cultivo e produtividade (Val-Moraes, 2017).

3.1.2 Importância econômica da cultura no Brasil e no mundo

O Brasil contribui significativamente com a produção mundial de trigo, ocupando a décima quarta posição (Conab, 2023). Segundo a FAOSTAT (2024) a produção mundial de trigo atingiu, em 2022, o marco de 808 milhões de toneladas, sendo que o Brasil contribuiu com a produção de 10,3 milhões de toneladas.

Apesar da elevada produção nacional de trigo, o Brasil ainda não é autossuficiente para atender o mercado interno. As áreas de cultivo estão concentradas nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, porém a região Sul é responsável por mais de 90% da produção nacional. Somente o estado do Paraná é responsável por 52,1% desta produção (Conab, 2021).

A cultura do trigo possui enorme contribuição para a alimentação mundial, uma vez que esta depende do cereal em 21% (Ortiz *et al.*, 2008). Com a elevada densidade populacional e o aumento do consumo per capita a agricultura mundial pode enfrentar alguns problemas para o abastecimento do mercado, diante disso cada vez mais ocorre a importação e exportação do cereal afim de garantir a segurança alimentar da população (Curtis; Halford, 2014).

O trigo destaca-se entre as culturas de inverno, especialmente por apresentar elevada produtividade quando as condições climáticas favorecem o cultivo. Diante deste fator, a cultura garante ao agricultor uma fonte de renda extra ao longo do ano. Economicamente, o cultivo do cereal é capaz de gerar novos empregos, contribuindo para o PIB nacional (Garcia, 2011).

Mundialmente o trigo possui grande representatividade de cultivo, estando entre os três cereais mais produzidos, juntamente com o milho e arroz (Takeiti, 2015). Diante disso, é de se notar que, o cultivo de trigo no Brasil e no mundo vêm cada vez mais ganhando notoriedade e força, uma vez que contribui significativamente para a alimentação humana e transações econômicas, que beneficiam tanto o agricultor quanto o governo.

3.2 ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DO TRIGO

As propriedades funcionais do grão de trigo estão associadas à dureza do grão, teor de proteína e a composição do restante dos nutrientes (Nuttall *et al.*, 2017). A estrutura do grão de trigo é formada por um revestimento, denominada cariopse, a

qual é dividida em três estruturas principais: o pericarpo (7,8 a 8,6%), endosperma (87 a 89%) e o gérmen (2,8 a 3,5%). O pericarpo representa a parte mais externa do grão, é a camada protetora, impede que substâncias nocivas se adentrem a ele, regula a hidratação e auxilia a germinação. O endosperma representa a maior parte do grão e é a reserva energética do cereal. Por fim, têm-se o gérmen, é o embrião do grão o qual permite seu desenvolvimento (Lermen; Winter; Giongo, 2018).

O grão de trigo é fonte de nutrientes, como carboidratos, proteínas e fibras para os seres humanos (Solah; Fenton; Crosbie, 2016), permitindo que ele seja utilizado com uma série de finalidades. O principal componente presente nos grãos de trigo é o amido, podendo variar de 60 a 75% no grão e de 70 a 80% na farinha; trata-se do principal carboidrato de reserva do trigo e possui funções importantes na ingestão calórica dos indivíduos (Shevkani *et al.*, 2016).

Em seu estudo Sharma *et al.* (2020) defendem a importância das proteínas de armazenamento presentes no grão, que possuem papel fundamental nas propriedades da massa. As proteínas de armazenamento são a glutenina e gliadina onde juntas formam o glúten, responsável por fornecer diferentes propriedades reológicas da massa. Do total de proteínas, em torno de 75 – 85% são as de reserva, enquanto as proteínas estruturais chegam a cerca de 20 – 25%. O conteúdo de proteína está diretamente associado com as condições ambientais de cultivo e a fertilização, devido a quantidade de nitrogênio fixado no solo.

Autores realizaram um estudo a fim de encontrar uma relação entre a quantidade de proteína no grão de trigo e como suas características físico-químicas afetam a qualidade da farinha de trigo. Eles acreditam que existe uma correlação negativa entre a quantidade de amido e o teor de proteína no grão (Gutiérrez-Alamo *et al.*, 2008).

3.3 PROCESSAMENTO DO TRIGO

O processo de moagem do grão para obtenção da farinha de trigo pode ser definido como a redução do endosperma à farinha, seguido da separação do farelo e do gérmen. Durante o processamento do trigo uma das propriedades físicas mais importantes da farinha obtida é a sua granulometria, a qual influencia diretamente no processo tecnológico e características do produto final (Scheuer *et al.*, 2011).

O melhor trigo para o processamento é aquele que apresenta grãos sadios, que resulta em um elevado rendimento de farinha e é estável nas diferentes safras, apresenta valores de micotoxinas e pesticidas abaixo do estabelecido e permitido pela legislação, esses fatores proporcionam a manutenção da qualidade da farinha de trigo (Perseguelo; Coelho; Seibel, 2020).

O processo de obtenção da farinha de trigo é dividido basicamente em duas etapas: etapa de preparação do trigo que se subdivide em pré-limpeza, primeira limpeza e segunda limpeza, e a etapa de moagem do grão propriamente dita. Na primeira etapa o trigo é preparado por meio da retirada de todas as impurezas vindas do campo e a umidificação do grão para posteriormente ser moído, etapa onde ocorre a produção da farinha e obtenção dos subprodutos (farelo) (Pinheiro, 2021).

Para melhor exemplificação do processo de obtenção da farinha de trigo na Figura 1 é possível observar o fluxograma geral de produção onde a sequência de etapas encontra-se disposta.

Ao chegar nos moinhos, o trigo passa pela classificação, após a carga ser aprovada é descarregado e destinado a silos de armazenamento específicos, de acordo com a qualidade do grão pré-definida na classificação. Antes de serem encaminhados para os silos, o trigo passa por uma pré-limpeza onde todas as impurezas mais grossas são removidas (Lovera, 2020).

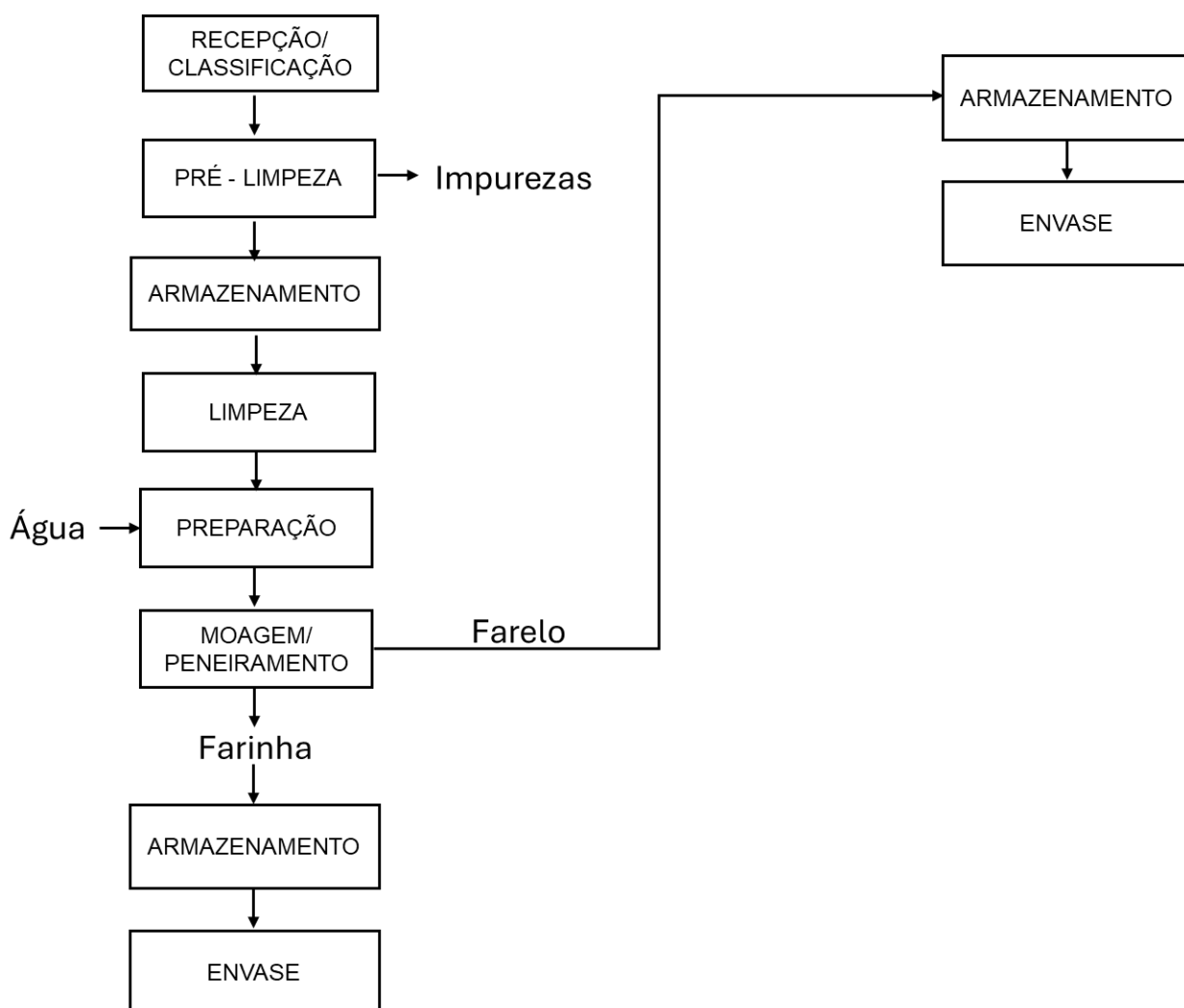
Em seguida o trigo passa por uma polidora onde os grãos são polidos para remoção da poeira aderida aos grãos, após o polimento o grão passa por uma série de limpeza por aspirações para separar as frações leves das pesadas e o restante das impurezas contidas. Após estar apto para a moagem o grão passa pela umidificação, etapa que tem por objetivo facilitar a moagem por meio da melhor separação do endosperma do farelo, a umidificação dura em média de 9 a 15 horas (Pinheiro, 2021).

Após decorrido o tempo de descanso o trigo passa por dosadores volumétricos, iniciando-se o processo denominado mescla, onde diferentes tipos de trigos são misturados para que a porção ideal em relação a parâmetros de qualidade seja criada, sendo determinantes para as características do produto final (Lovera, 2020).

Antes de ocorrer a moagem propriamente dita, o trigo passa por uma segunda limpeza, por meio de uma aspiração, responsável por retirar todas as impurezas restantes e prevenir danos ao moinho. Em seguida os grãos são enviados para os bancos de cilindros onde a matéria prima é moída (Lovera, 2020).

A moagem é constituída pela trituração, redução e compressão. Na trituração os grãos passam por rolos de cilindro raiados que giram em direções opostas, ocorrendo a primeira separação do endosperma e farelo. Essa fração misturada é encaminhada aos *plansifters* (conjunto de peneiras de diferentes malhas) onde a separação da fração acontece (Ferreira, 2019).

Figura 1 - Fluxograma do processo de obtenção da Farinha de Trigo.



Fonte: A Autora.

Após esta separação são obtidas três frações de sólidos: a farinha acabada, partículas de endosperma e farelo, as partículas de sêmola grossa e as partículas de sêmola fina (Lovera, 2020).

A primeira é destinada às roscas de produto acabado, a segunda volta novamente para os cilindros para uma nova extração, a sêmola grossa que segue para os sassores onde são classificadas. As partículas de sêmola fina, direcionadas para os cilindros de compressão (Lovera, 2020).

Após ocorrer todas as separações das frações, estas são encaminhadas para os cilindros de redução, etapa a qual tem por objetivo reduzir o tamanho da partícula. Em seguida as farinhas reduzidas são encaminhadas para um novo peneiramento e em seguida é realizada a etapa de dosagem dos micros ingredientes, ferro e ácido fólico, é então homogeneizada e armazenada em silos de farinha correspondente (Ferreira, 2019).

Após esta série de etapas a farinha de trigo está pronta para a comercialização, antes do envase ela é direcionada a detectores de metais e então realizado o envase, de acordo com o volume necessário para comercialização (Pinheiro, 2021).

3.4 QUALIDADE DO TRIGO

A qualidade do trigo é de extrema importância para a obtenção de uma farinha de trigo com parâmetros físico-químicos e reológicos adequados para a fabricação de produtos específicos. A qualidade é definida com base na avaliação de diversos parâmetros, os quais são afetados por meio da interação entre cultivares e as condições do ambiente de cultivo, como preparação do solo, condições climáticas e cuidados durante o desenvolvimento da cultura (Johansson *et al.*, 2020).

Os requisitos limites de qualidade do trigo estão diretamente ligados com o produto desejado. Um dos pontos muito avaliados no momento da aquisição do grão para a moagem envolve o seu tamanho e forma, uma vez que essas duas características impactam no rendimento. Além disso, o principal parâmetro de qualidade avaliado no grão de trigo é a composição da proteína presente no grão, uma vez que esta impacta em uma gama de propriedades reológicas da massa, como resistência da massa, tempo de desenvolvimento, extensibilidade, quebra e volume do pão, parâmetros os quais afetam diretamente a eficiência de um processo industrial e a qualidade do produto (Nuttall *et al.*, 2017).

Como dito anteriormente, diversos são os fatores que podem afetar na qualidade do grão de trigo, entretanto durante o cultivo um dos momentos mais críticos para a cultura é após sua florescência. Esta fase do cultivo requer um ambiente com disponibilidade de água e temperatura adequada, pois um clima desfavorável afetará diretamente no enchimento dos grãos e, conseqüentemente, o rendimento e eficiência da moagem (Guttieri *et al.*, 2001).

A qualidade do grão ainda está associada as características físicas do grão, como rendimento de moagem, peneiramento e peso teste, sendo influenciados tanto pela variedade, quanto condições ambientes. O maior rendimento de moagem se dá quando a proporção do endosperma no grão é maior que a proporção de farelo (Hammermeister, 2008).

Fowler *et al.* (1990) realizaram um estudo em torno dos fatores genéticos e ambientais que podem afetar a qualidade do grão e identificaram que os fatores ambientais estão mais atrelados a qualidade do grão, onde a contribuição destes foi de 5 a 6 vezes maior que dos fatores genéticos.

Um dos principais fatores ambientais que interferem na qualidade do grão é a temperatura. Apesar do trigo ser uma cultura de inverno os estresses térmicos por baixas temperaturas podem acarretar uma série de consequências como, síntese de amido reduzida, redução do peso e diâmetro dos grãos, redução do número de grãos, retardação do transporte de açúcar solúvel total e proteína do caule para os grãos, entre outros (Liu *et al.*, 2019).

Liu *et al.* (2019) em seu estudo procuraram entender melhor os efeitos das baixas temperaturas extremas na qualidade do trigo. Foram conduzidos experimentos de dois anos com duas cultivares diferentes de trigo de inverno sensíveis ao frio com temperaturas máximas e mínimas ao longo dos dias. Foi observado que em geral a baixa temperatura gerou um efeito positivo na concentração de proteína e no processamento do trigo, porém reduziu a concentração de amido e afetou negativamente a aparência do grão.

A qualidade do grão depende de inúmeros fatores ao longo de seu cultivo e desenvolvimentos, como levantado os fatores podem ser tanto ambientais quanto genéticos, fazendo com que ocorram modificações em sua composição afetando diretamente o produto alvo.

3.4.1 Testes utilizados para avaliação da qualidade industrial de trigos e da farinha de trigo

A farinha de trigo se caracteriza como um ingrediente base para a produção de muitos alimentos, como cereais matinais, massas, mingau, produtos de confeitaria, pão e outros produtos de panificação (Wang *et al.*, 2020). A gama de propriedades funcionais irá definir qual sua melhor aplicação (Nuttall *et al.*, 2017).

Segundo a ABITRIGO (2021) o uso da farinha de trigo no Brasil ocorre da seguinte forma: destinado a panificação (55%), uso doméstico (13,4%), massas (17,1%), a biscoitos (11,1%) e outros (3,4%).

Nos tópicos a seguir serão apresentados os principais parâmetros reológicos e físico-químicos utilizados para avaliar a qualidade dos grãos de trigo e da farinha de trigo propriamente dita.

3.4.1.1 Testes Físico-Químicos

Os testes físico-químicos são utilizados para definir a qualidade tanto dos grãos, quanto da farinha de trigo. De acordo com a Instrução Normativa nº 38 de 30 de novembro de 2010 o trigo pode ser classificado de acordo sua qualidade (Brasil, 2010).

De acordo com seu peso hectolitro (PH) o grão pode ser classificado em três tipos, Tipo 1 com PH mínimo de 78, Tipo 2 com PH mínimo de 75 e Tipo 3 com PH mínimo de 72 (BRASIL, 2010). O PH é um importante parâmetro como indicador o rendimento de farinha a partir do grão, quanto maior o PH maior será a extração de farinha a partir do grão. Além disso ele é utilizado para remuneração ao produtor no momento da compra ou venda, sendo o trigo Tipo 1 o qual possui a melhor remuneração (Martin *et al.*, 2022).

O PH pode ser afetado por diversos fatores como doença, estresses hídricos, acamamento da cultivar, colheita antecipada da cultura bem como má limpeza da amostra no momento da determinação do parâmetro fará com que seu valor seja reduzido. Culturas que são produzidas em condições climáticas adequadas ao seu desenvolvimento resultam em um rendimento máximo na colheita, resultando em grãos com alto peso hectolítrico (Clarke *et al.*, 2018).

Outro parâmetro físico-químico utilizado para definir a qualidade e classificação da farinha de trigo é o teor de cinzas, estas consistem na parte mineral do grão ou da farinha de trigo. O teor de cinzas no grão pode variar de 1,17 a 2,96%, e está intimamente ligado com a variedade do trigo, genótipo e classe do grão. Uma farinha que apresenta maior teor de cinzas após a extração representa que é menos purificada e apresenta partículas de farelo fino. Em determinados casos farinha com maior de teor de cinzas apresenta coloração mais escura, a qual pode influenciar na

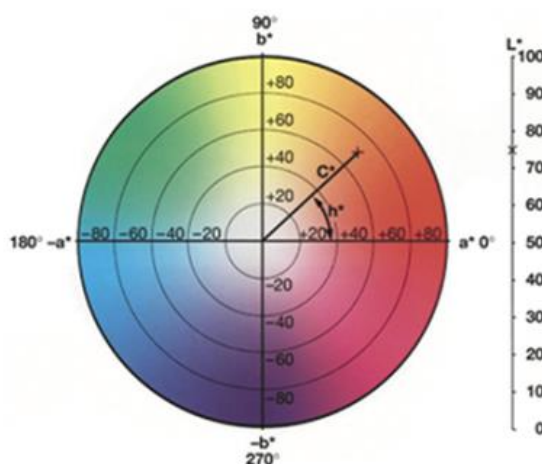
aplicação da mesma, uma vez que a coloração impacta diretamente no aspecto visual do produto elaborado (Czaja; Sobota; Szostak, 2020).

Siah e Quail (2018) em seus estudos destacam a elevada aplicação da farinha de trigo em macarrões, bem como os diversos fatores que podem contribuir na coloração do macarrão após fabricado. Diante disso destacam a importância dos fabricantes realizarem a seleção dos tipos de trigo e método de processamento para fornecer um produto ao consumidor com coloração desejável e menor variação de cor entre lotes fabricados.

A análise de cor é realizada por intermédio do colorímetro, obtendo-se informações diretas de três parâmetros: o L^* que mede a luminosidade da amostra, a qual vai do preto (0) ao branco (100), a variável a^* a qual indica uma tendência de cor do verde (-) ao vermelho (+) e o b^* o qual indica a variação entre o azul (-) ao amarelo (+). Por meio destas variáveis é possível calcular o C^* (Chroma), que indica a saturação da amostra, quanto maior o valor de C^* maior é a saturação da amostra em questão, sendo mais perceptível ao olho humano. E, por fim o h° (ângulo Hue), um parâmetro qualitativo de cor, como avermelhada, esverdeada. A Figura 2 ilustra o diagrama de cor, as variáveis L^* , a^* , b^* , C^* e h° (Ferreira; Spricigo, 2017).

O conteúdo de proteína presente no grão é utilizado como um dos principais parâmetros de qualidade na avaliação dos grãos de trigo destinados para a panificação ou produtos à base de farinha de trigo. Atrelado a isto Xue *et al.* (2019) investigaram o efeito da adição de nitrogênio no cultivo do trigo avaliando alterações na composição da proteína do grão e a qualidade do cozimento de duas cultivares.

Figura 2 – Espaço de cor $L^* C^* h^\circ$



Fonte: Ferreira e Spricigo (2017).

Como forma de obter trigos de alta qualidade, os agricultores usam estratégias como a fertilização com incorporação de nitrogênio, aumentando a concentração de proteínas, principalmente gliadina e glutenina, proteínas as quais possuem maior importância no momento de determinar a aplicação da farinha de trigo (Xue *et al.*, 2016).

A obtenção de trigos com alta quantidade e qualidade das proteínas do glúten, é fundamental para uma posterior aplicação da farinha de trigo, principalmente em produtos de panificação devido a necessidade de a massa reter o gás carbônico formado durante o processo de fermentação e, assim manter o volume do pão (Smídívá e Rysová, 2022).

Os parâmetros físico-químicos são importantes indicadores de qualidade, tanto do grão quanto da farinha de trigo e atrelados aos parâmetros reológicos expostos adiante garantem que a farinha de trigo seja aplicada da melhor forma, garantindo rendimento e alta qualidade aos produtos elaborados e fabricados a partir de seu uso.

3.4.1.2 Testes Reológicos

A qualidade e aplicação da farinha de trigo é avaliada por meio de teste reológicos, onde análises como farinografia, alveografia, *Falling Number* e teor de glúten são realizadas. A reologia é utilizada para expressar as características físicas da massa, fornecendo o perfil e desempenho da farinha de trigo em condições controladas, direcionando-a para sua melhor aplicação (Yousaf *et al.*, 2019).

A farinografia é responsável por fornecer a qualidade da farinha. Durante a realização da análise o equipamento realiza uma simulação da resistência da massa durante o amassamento a uma velocidade constante com adição de água fornecendo parâmetros como absorção de água da farinha, tempo de desenvolvimento, estabilidade da massa e grau de enfraquecimento da massa (Munteanu *et al.*, 2015). Os diferentes produtos a partir da farinha de trigo requerem diferentes qualidades de farinhas, diante disso a farinografia permite avaliar o panorama das farinhas antes da aplicação (Diósi; Móré; Sipos, 2015).

Aydogan *et al.* (2015) fizeram uma avaliação entre o volume atingido pelo pão e os resultados atingidos na farinografia e encontraram uma correlação significativa entre o volume e o conteúdo de proteína da farinha, o tempo de desenvolvimento, capacidade de absorção de água pela massa e sua estabilidade.

Diversos parâmetros influenciam as características reológicas da massa, dentre eles o glúten possui um papel fundamental no desenvolvimento e estabilidade da massa (Yousaf *et al.*, 2019). Conhecer o teor de glúten presente na farinha é extremamente importante, uma vez que interação dele com a água afetará fortemente a estrutura e textura dos produtos à base de farinha de trigo. As proteínas do glúten são as principais responsáveis pelas características da massa, uma vez que o glúten compõe cerca de 80 – 85% da proteína total da farinha de trigo (Ooms; Delcour, 2019).

As proteínas do glúten estão localizadas no embrião do grão, na camada de aleurona e endosperma do grão, sendo o último o qual contém o maior teor de glúten. (Ma *et al.*, 2019).

O glúten é desenvolvido por meio do estresse mecânico da massa, ou seja, durante o processo de sova. Durante esse processo as proteínas se agregam por meio de ligações dissulfeto, fazendo com a rede de glúten formada seja estabilizada (Ooms e Delcour, 2019). Do ponto de vista tecnológico, as proteínas do glúten são o que tornam o cereal único para a panificação e outras aplicações, uma vez que com a adição de água e estresse mecânico as proteínas do glúten são capazes de formar uma rede viscoelástica e coesa durante a mistura, retraindo o gás gerado durante a fermentação da massa levando ao produto um miolo leve e macio (Wieser; Koehler; Scherf, 2022).

A reologia da massa pode ainda ser explorada por meio do alveógrafo, este é responsável por realizar uma previsão acerca da extensibilidade e flexibilidade da massa (Yousaf *et al.*, 2019).

Segundo Popa *et al.* (2010) os parâmetros farinográficos são ótimos preditores a respeito do trabalho mecânico avaliado pelo alveógrafo, encontraram uma correlação forte entre a capacidade de hidratação da farinha com parâmetros físico-químicos das farinhas, como o índice de glúten, teor de proteína e umidade.

Em seu estudo Tamba – Berehoiu *et al.* (2018) concluiu que em conjunto os dados obtidos por meio da farinografia e alveografia fornecem uma série de dados e informações análogas capazes de prever a qualidade da farinha e destinar ela para a melhor aplicação. Entretanto a alveografia por meio dos parâmetros de tenacidade e elasticidade fornece informações a respeito da deformação da massa (W) após o estresse mecânico, podendo então avaliar o comportamento da massa em fases seguintes, como fermentação e cozimento. O valor de W é obtido por meio da área do gráfico formada pelas curvas de elasticidade e extensibilidade da massa, ou seja, é a

força geral do glúten, podendo ser chamado de “trabalho” devido a sua unidade de 10^4 Joules.

Segundo Dufour *et al.* (2024), a análise de alveografia da farinha de trigo é uma forma de antecipar o conhecimento do comportamento da massa durante aplicação industrial, fato esse que se torna importantíssimo quando se fala na variabilidade de qualidade que os trigos podem sofrer devido às alterações climáticas.

Assim como os parâmetros citados anteriormente, o *Falling Number* também é um importante dado a ser avaliado na escolha da farinha de trigo adequada para a elaboração de produtos derivados dela. Este parâmetro indica a atividade enzimática da alfa amilase presente naturalmente na farinha de trigo (He *et al.*, 2019).

Um baixo *Falling Number* indica alta atividade de alfa amilase na farinha, resultando em baixa qualidade de uso final, principalmente para uso na panificação, uma vez que a massa apresentará problemas na viscosidade e estabilidade, diante disso o gás carbônico formado durante a fermentação não ficará retido na massa (Shao *et al.*, 2019).

Durante o teste de *Falling Number* a farinha passa pela zona crítica de temperatura para a alfa – amilase (55 – 80 °C), o efeito da enzima se inicia com o processo de gelificação do amido e acaba com a inativação da amilase de baixa termoestabilidade (perto de 80 °C). Após a inserção da farinha e da água em um tubo de ensaio adequado para a análise, o mesmo é imerso em um banho fervente e misturado com o agitador por um período de 55 s, após decorrido este tempo o amido está gelatinizado e a haste é liberada a qual “cai” no fundo do tubo de ensaio. O tempo total de mistura e o tempo que a haste leva para cair é definido como o valor de *Falling Number* e expresso em segundos (Jukic *et al.*, 2023).

Podendo ser correlacionado ao *Falling Number*, outro método indireto para medição da atividade enzimática das α -amilase presentes na farinha de trigo é o *Stirring Number* ou número de agitação. Nesta análise o equipamento Rapid Visco Analyzer (RVA) é utilizado, onde o mesmo é programado a 96°C para imitar o processo de cozimento que ocorre no FN, entretanto o resultado é interpretado como a potência necessária para manter uma velocidade constante da pá à medida que a viscosidade da solução aumenta (Hu *et al.*, 2022).

Atrelada a estas análises citadas anteriormente, pode-se ainda analisar as propriedades de pasta da farinha de trigo por meio do RVA, por meio de seus

resultados é possível detectar diferenças na proporção das duas macromoléculas que compõem o amido, a amilose e amilopectina (Hu *et al.*, 2022).

Baik e Donelson (2022) relatam que conhecer as propriedades de viscosidade e colagem da massa são de extrema importância, uma vez que a viscosidade possui influência direta no tamanho, número, estabilidade e distribuição das bolhas, sedimentação de partículas de farinha e grânulos de amido, sendo um parâmetro de qualidade importante quando se fala na aplicação tecnológica da farinha, relatam ainda que a viscosidade está diretamente associada ao volume final do produto.

Diante do exposto anteriormente é possível notar que a maioria dos parâmetros se correlacionam entre si, ter conhecimento dos dados reológicos é primordial para garantir que as farinhas utilizadas no processo são adequadas para tal.

3.5 CARACTERÍSTICAS IDEIAIS DA FARINHA DE TRIGO PARA APLICAÇÃO

A farinha de trigo serve como base para a fabricação de diversos produtos encontrados nas prateleiras do supermercado, entretanto, para cada aplicação o produto requer características específicas desta matéria prima. Estão associadas, principalmente, ao comportamento reológico da massa (alveografia e farinografia), bem como os parâmetros de cor, em alguns casos de aplicação como, por exemplo, massas.

No Quadro 1 estão apresentadas as principais características para cada segmento de aplicação da farinha de trigo.

Quadro 1 – Características reológicas da farinha de trigo para o mercado de aplicação.

Característica	Massas	Pães	Bolos	Biscoitos fermentados	Biscoitos doces
Equilíbrio da curva (P/L)	>1,5	0,6 – 1,5	-	0,5 – 0,9	0,2 – 0,5
Energia de deformação da massa (W) (10 ⁻⁴ Joules)	>280	180 -275	<100	150 – 200	<100
Absorção de água (%)	60 – 64	>55	-	<55	<55
Desenvolvimento (min)	8 – 13	4 – 9	1 – 2	3 – 6	1 – 3
Estabilidade (min)	>15	12 – 18	2 – 4	6 – 12	2 – 4

Fonte: Adaptado de: THYS e NITZKE, 2010).

No caso da aplicação em produtos de panificação é requerido que a farinha seja mais forte. Isso fará com que a massa tenha um desenvolvimento ótimo durante o processo de amassamento, moldagem, fermentação e forneamento do pão, sendo capaz de desenvolver completamente o glúten e, conseqüentemente, sustentar o volume do pão durante todo o processo, resultando em um produto de alta qualidade (Lanzarani *et al.*, 2020).

Para o caso da aplicação da farinha de trigo no mercado de massas além da característica reológica o parâmetro de cor é um dos mais importantes para a comercialização do produto quando ele está exposto nas prateleiras do supermercado. A cor da massa depende dos índices de amarelo (b^*) e de luminosidade (L) (Silva, 2022).

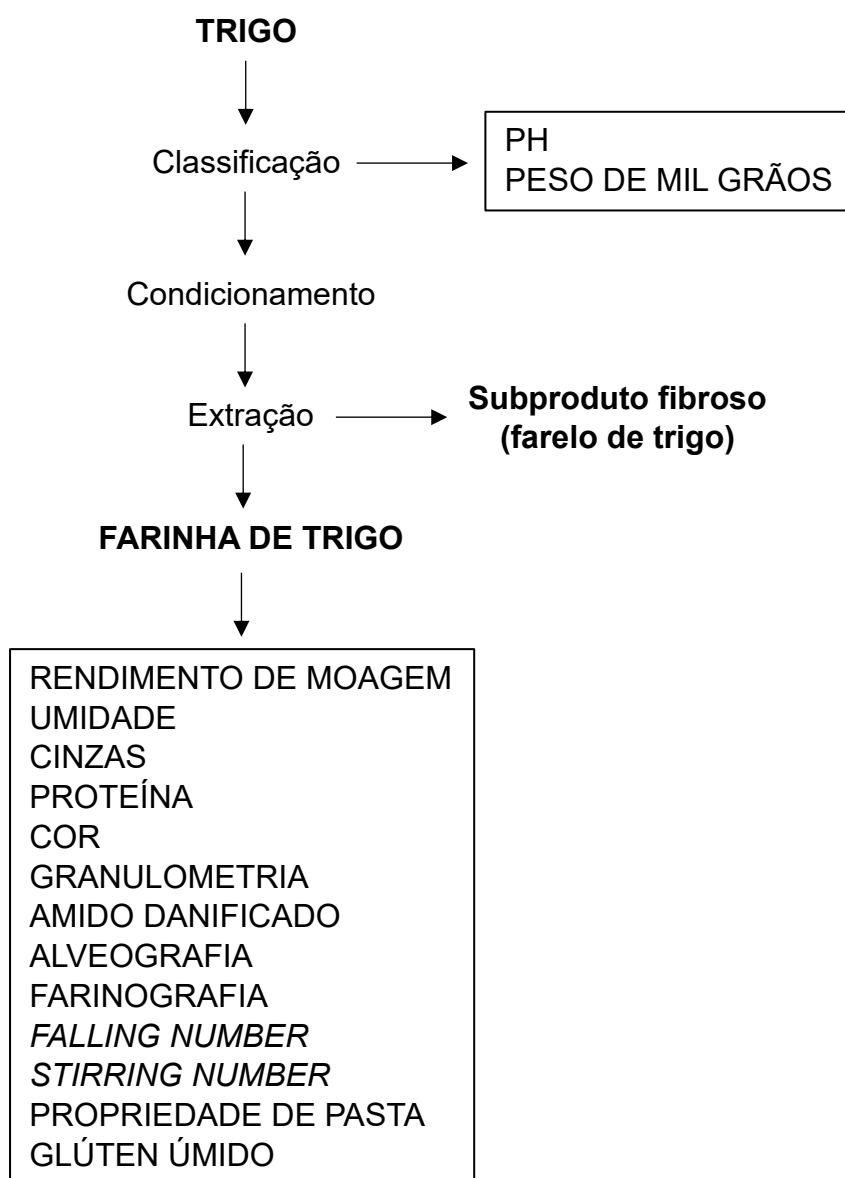
Nos casos de bolos, a farinha de trigo utilizada não necessariamente precisa ser forte, uma vez que o trabalho mecânico gerado na produção não é excessivo e não é requerido que o glúten se desenvolva (Lanzarani *et al.*, 2020).

As análises de Alveografia e Farinografia são as mais importantes no quesito de prever o comportamento da massa durante a aplicação em produtos específicos, entretanto, vale ressaltar que cada indústria possui sua linha de produção específica para cada produto, logo a especificação que se adequa para uma fábrica pode não ser adequada para outra. Diante disso, torna-se necessário que cada fábrica teste a farinha na sua linha para criar a própria especificação e, assim, obter produtos derivados da farinha de trigo de excelente qualidade.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 3 representa o fluxograma contendo as etapas para a realização desta pesquisa e, em seguida, as metodologias utilizadas no decorrer do estudo.

Figura 3 – Fluxograma de execução da pesquisa.



Fonte: A autora.

4.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras de trigo foram fornecidas por produtores rurais e de uma Cooperativa Agrícola do estado do Paraná. Ao todo, foram avaliadas 13 cultivares

disponíveis para doação e execução da pesquisa, as quais diferiram entre si quanto a variedade e local de cultivo. Todas as variedades foram cultivadas na safra de 2022. Na Tabela 1 estão dispostas as variedades utilizadas neste estudo.

Tabela 1 – Discriminação das variedades e local de cultivo.

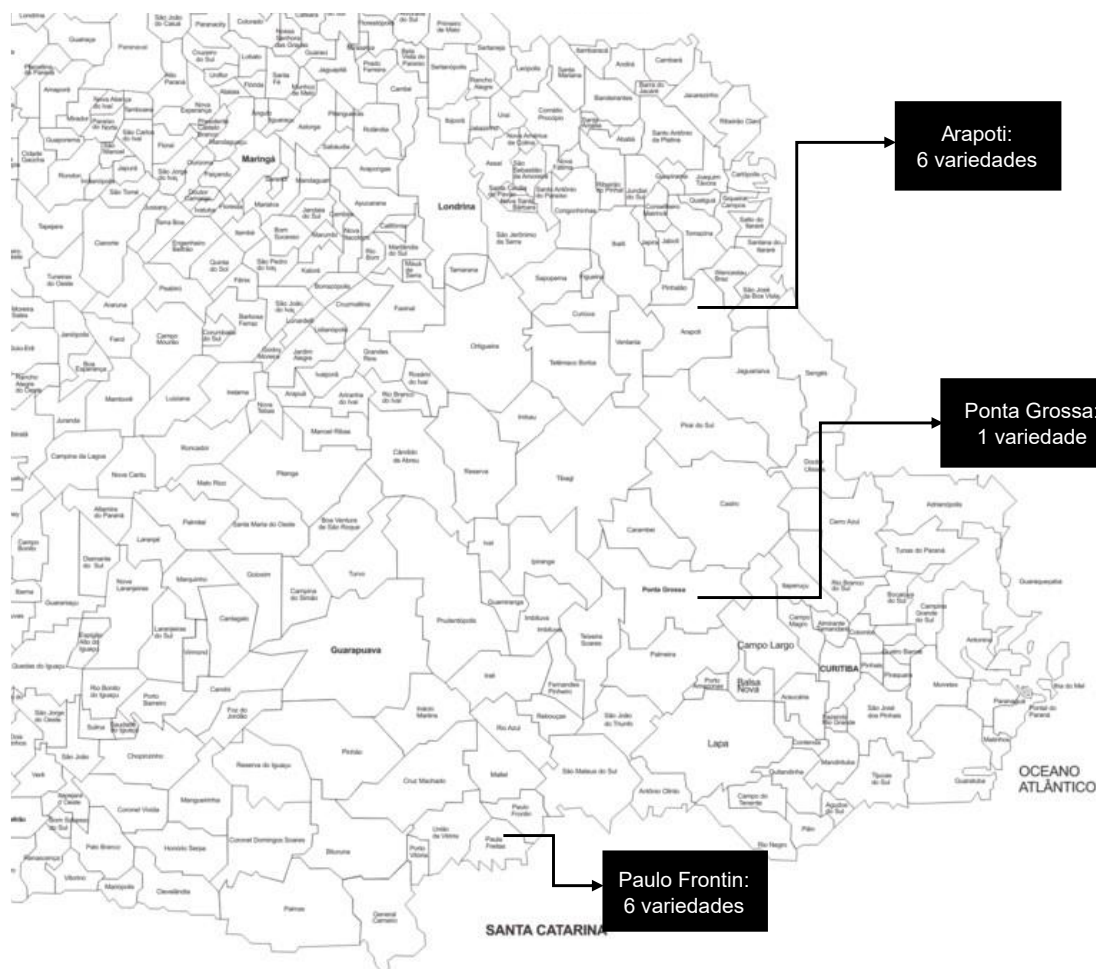
Variedade	Região	Codificação
Ágile	Paulo Frontin – PR	Ágile PF
Audaz	Paulo Frontin – PR	Audaz PF
Bela Jóia	Paulo Frontin – PR	Bela Jóia PF
Destaque	Paulo Frontin – PR	Destaque PF
Sena	Paulo Frontin – PR	Sena PF
Sonic	Paulo Frontin – PR	Sonic PF
Audaz	Ponta Grossa – PR	Audaz PG
Audaz	Arapoti – PR	Audaz AP
Calibri	Arapoti – PR	Calibri AP
Ello	Arapoti – PR	Ello AP
Feroz	Arapoti – PR	Feroz AP
ORS 1405	Arapoti – PR	ORS 1405 AP
Madre Pérola	Arapoti – PR	Madre Pérola AP

Fonte: A autora.

Na Figura 4 é possível observar a disposição das localidades de cultivo das amostras no mapa do estado do Paraná. As regiões de obtenção das amostras se dividiram no Sul, Centro-Sul e Norte Pioneiro do Paraná.

Foi realizada a coleta de dados de precipitação ao longo dos meses de cultivo do cereal diretamente com os produtores rurais da região de Paulo Frontin. Os dados de precipitação das regiões de Arapoti e Ponta Grossa foram disponibilizados pela Fundação ABC. Diante disso foi possível fazer a avaliação da incidência de chuvas sobre as lavouras durante a fase de desenvolvimento e colheita da cultura.

Figura 4 – Localidades de cultivo das amostras analisadas.



Fonte: Google imagens (2024).

4.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO TRIGO

4.2.1 Peso Hectolitro (PH)

O peso hectolitro foi determinado seguindo as metodologias propostas pelo Ministério da Agricultura nas Regras de Análises de Sementes (Brasil, 2009). Os valores do PH foram obtidos em balança marca DalleMolle e expressos em kg.hl^{-1} . Para conversão foi utilizada a tabela de equivalência de PH do Sistema Ocepar (2024).

4.2.2. Peso de mil grãos

O peso de mil sementes foi determinado seguindo as metodologias propostas pelo Ministério da Agricultura nas Regras de Análises de Sementes (Brasil, 2009). As

sementes foram coletadas em grupos de 100 até que alcançasse 1000 sementes e em seguida foram pesadas e calculado pela conforme Equação (1)

$$\text{Peso de mil grãos} = \frac{P}{N} \times 1000 \quad (1)$$

Onde: P: Peso da amostra;

N: número de grãos contados.

4.3 EXTRAÇÃO DA FARINHA DE TRIGO

As farinhas de trigo foram obtidas após a etapa de extração, a qual ocorreu utilizando um moinho experimental Chopin CD1 (Chopin, França), conforme descrito pelo método AACC 26-10. Para a extração de farinha de trigo a umidade dos grãos foi corrigida para a faixa entre 12 e 14% conforme Equação (2), em seguida iniciou-se o processo de moagem. Após finalizada a extração de cada cultivar o rendimento da moagem foi determinado em função do peso da farinha obtida e da massa inicial de grãos, conforme Equação (3).

$$\text{Correção de umidade} = \frac{(U_f - U_i)}{(100 - U_f)} \times \text{peso da amostra} \times 100 \quad (2)$$

Onde: U_f : umidade final;

U_i : umidade inicial.

$$\% \text{ Rendimento} = \frac{\text{Farinha extraída}}{\text{Massa de grãos}} \times 100 \quad (3)$$

4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA DE TRIGO

4.4.1 Determinação da cor instrumental

A cor das amostras foi determinada utilizando-se um colorímetro portátil, modelo Mini Scan EZ (Hunter Lab, Reston VA, EUA), mensurada pelo sistema CIEL*a*b*. Foram avaliados os parâmetros L^* (luminosidade), a^* e b^* , cromaticidade (croma) conforme Equação 4 e ângulo de tonalidade ($^{\circ}H$), conforme Equação 5 (Hunterlab, 2008).

$$\text{Cromaticidade (C)} = [a^2 + b^2]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$^{\circ}H = \tan^{-1}\left[\frac{b}{a}\right] \quad (5)$$

4.4.2 Determinação da umidade

A determinação da umidade e conteúdo de matéria seca foi feita conforme a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Foram pesados 5 gramas da farinha de trigo de cada variedade de trigo, e levadas a estufa a 105 °C até que as mesmas apresentassem peso constante. O conteúdo de umidade foi calculado conforme a Equação 6.

$$\% \text{ Umidade} = \frac{100 \times N}{P} \quad (6)$$

Onde: N: n° de gramas de umidade (perda de massa);

P: massa de amostra inicial.

4.4.3 Determinação de proteína

A proteína da farinha de trigo foi determinada segundo o método de Kjeldahl descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Foi pesado 0,5 g de amostra de farinha de trigo obtida de variedades do trigo em tubos de Kjeldahl, adicionado 0,5 g de mistura catalítica e 6 mL ácido sulfúrico concentrado. Foi realizada a digestão das amostras em temperatura de 350 °C em um bloco de aquecimento, até que a solução se tornasse azul-esverdeada, sem material não digerido. Após isso as amostras permaneceram nesse sistema de digestão por mais 1 h. Os tubos foram resfriados e então levados para a destilação e coletado o nitrogênio em um Erlenmeyer com 10 mL de ácido bórico e indicadores até que atingisse o volume de aproximadamente 100 mL. O nitrogênio foi quantificado por meio da titulação com ácido clorídrico 0,1 M. O nitrogênio da amostra foi calculado por meio da Equação (7).

$$\% \text{ Nitrogênio} = \frac{V \times 0,14 \times f}{P} \quad (7)$$

Onde: V: volume de ácido clorídrico gasto na titulação;

P: n° de gramas de amostra;

f: fator de correção da solução de ácido clorídrico.

Para se obter a quantidade de proteína na amostra o resultado da porcentagem de nitrogênio foi multiplicado pelo fator de conversão de 5,83. O resultado foi expresso em gramas de proteína por cem gramas de amostra em peso seco.

4.4.4 Determinação de cinzas

O resíduo por incineração ou cinzas foi determinado pelo método proposto pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Foram pesados 5 g de amostra de cada farinha de trigo obtida e então levadas à mufla em temperatura de 550 °C até que a amostra apresente coloração branca ou ligeiramente acinzentada, em média 5 h. Decorrido este tempo as amostras foram retiradas da mufla resfriadas em dessecador e pesadas até que atingissem peso constante. O conteúdo de cinzas na amostra foi calculado pela Equação (8).

$$\% \text{ Cinzas} = \frac{100 \times N}{P} \quad (8)$$

Onde: N: n° de gramas de cinzas;

P: n° de gramas de amostra.

O resultado foi expresso em gramas de cinzas por cem gramas de amostra em peso seco.

4.4.5 Granulometria da farinha

A granulometria da farinha foi verificada após a moagem dos grãos de trigo. Foram pesados 50 g de cada amostra de farinha e peneirado em uma peneira com aberturas de 250 µm. Foi pesado separadamente o material retido na peneira e o material que passou (AOAC, 2019). A porcentagem de farinha que passou pela peneira foi calculada conforme Equação 9.

$$\% \text{ peneirada} = \frac{P \text{ am peneirada}}{P \text{ am inicial}} * 100 \quad (9)$$

Onde: P am peneirada: Peso de amostra após peneiramento da farinha de trigo;

P am inicial: Peso de amostra pesada inicialmente para o ensaio

Os resultados de granulometria foram expressos como a porcentagem de farinha de trigo que passou pela peneira com abertura de malha de 250 µm.

4.4.6 Determinação de amido danificado

O teor de amido danificado na farinha de trigo foi determinado segundo o método descrito por Boyaci, Williams e Koksel (2004) com algumas modificações e

Farrand (2000), por meio da hidratação das amostras de farinha de trigo, seguido de hidrólise enzimática por alfa-amilase fúngica. Foram pesados 7 g de farinha de trigo, adicionado 45 mL de tampão acetato (pH entre 4,6 e 4,8) e em seguida adicionado 50 mg de enzima α -amilase fúngica. As amostras foram incubadas a 30 °C sob agitação durante 15 minutos. Decorrido o tempo foi adicionado 3 mL de solução de H₂SO₄ 10% e 2 mL de solução de tungstato de sódio 0,1N. Em seguida as amostras passaram pela filtração em papel filtro e determinado o °Brix para o filtrado por meio de um refratômetro. Esse mesmo processo foi realizado para um branco, ou seja, sem a adição da farinha de trigo. O cálculo do amido danificado na farinha de trigo foi realizado conforme Equação 10.

$$\text{Amido danificado} = \frac{(B2-B1)*V}{M} * F \quad (10)$$

Onde: B1: °Brix do branco;

B2: °Brix da amostra;

V: volume total (50mL);

M: massa de farinha de trigo inicialmente pesada (g);

F: fator de conversão: 1,64.

O resultado foi expresso em gramas de amido danificado por cem gramas de farinha de trigo.

4.5 CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DA FARINHA DE TRIGO

4.5.1 Farinografia

A análise de farinografia foi realizada no farinógrafo DoughLAB 2500, conforme descrito no método AACC 54-21 e AACC 54-70, para verificação da absorção de água (%) para atingir a consistência de 500±20 UF, tempo de desenvolvimento da massa (min), estabilidade (min) e grau de enfraquecimento (UF).

Inicialmente o equipamento foi calibrado e, em seguida pesada a quantidade de amostra conforme umidade de cada uma, o equipamento foi configurado para a absorção esperada; as amostras foram então transferidas para o misturador e em seguida a água foi liberada no volume referente a absorção dada a farinha. À medida que a massa se formou as laterais do misturador foram raspadas com uma espátula,

o misturador foi tampado para evitar a evaporação da água. A análise tem o tempo de duração total de 20 minutos para elaboração do farinograma.

4.5.2 Alveografia

As amostras de farinha de trigo foram submetidas a análise de alveografia no alveógrafo Chopin Alveolab, conforme descrito no método AACC 54-30, para obtenção dos parâmetros de deformação da massa ($W - 10^{-4}$), tenacidade da massa ($P - \text{mmH}_2\text{O}$), extensibilidade ($L - \text{mm}$) e índice de configuração da curva (P/L). O alveógrafo foi calibrado conforme descrito no método oficial. Foram pesados 250 g de farinha de trigo e colocados no misturador (24 °C), o equipamento foi acionado e a quantidade de solução salina 2,5% foi adicionada conforme a umidade da amostra, no tempo de 20 s. Ocorreu a mistura da farinha com a solução durante 1 min, então o motor foi parado e com o auxílio de uma espátula os lados do misturador foram raspados, totalizando mais 1 min de análise. O misturador foi acionado novamente e prosseguiu-se com a etapa de mistura até completar 8 min de tempo total.

Decorrido os 8 min, o misturador foi parado para inversão da rotação da pá de mistura para que se iniciasse a extrusão da massa do equipamento. Descartou-se os 2 cm da massa e, em seguida efetuou-se os procedimentos para o corte de 5 pedaços da massa. Após o corte um rolo foi passado sobre a massa 12 vezes, cortado um “disco” desta massa e ela foi incubada para a câmara de descanso do alveógrafo, a 25 °C.

Após 28 min do início da mistura da massa o primeiro disco de massa retirado foi transferido para o centro da placa do alveógrafo, já untada com vaselina, em seguida o equipamento recolheu o braço para o seu interior para que o ar fosse inflado até a ruptura da bolha formada. Esse processo foi repetido para os outros 4 pedaços de massa.

4.5.3 Propriedade de pasta

A propriedade viscoamilográfica da farinha de trigo foi avaliada pelo RVA – *Rapid Visco Analyzer* (modelo RVA-4, Newport Scientific, Austrália), considerando-se a programação STD-2 do *software Thermocline for Windows*. Cada amostra de farinha de trigo foi suspensa em água destilada a 10% (massa : massa) em base seca (28 g

de massa total), e submetidas a aquecimento contínuo de 50°C a 95°C a uma taxa de aquecimento de 6°C min⁻¹, seguido por um resfriamento até o término da análise, totalizando 23 minutos (ICC, 1996).

4.5.4 *Falling Number*

Para determinação do *Falling Number* (ou número de queda) o qual mede a atividades da α – amilase em uma suspensão de água e farinha foi utilizado o equipamento Perten *Falling Number* 1000. Para a análise foi pesado 7 g de farinha de trigo (base 14% de umidade) em seguida foi colocado em um tubo viscosimétrico seco com o auxílio de um funil e, em seguida adicionado 25 mL de água destilada. Após adição da água o tubo foi fechado com uma rolha e agitada vigorosamente até observar completa homogeneização. Em seguida foi colocado no tubo o agitador viscosimétrico e então inserido no equipamento (AACC, 1999). Os resultados obtidos foram expressos em segundos.

4.5.5 *Stirring Number*

O *Stirring Number* (ou número de agitação) mede a atividade da α – amilase em uma suspensão de água e farinha utilizando o equipamento *Rapid Visco Analyzer* (RVA – 4, Newport Scientific, Austrália). As amostras de farinha foram suspensas em água destilada a 10% (massa : massa) em base seca (28 g de massa total), e submetidas a aquecimento contínuo sob agitação até 95°C durante 3 minutos, tempo total da análise (ICC, 1996).

4.5.6 Determinação do teor de glúten

A análise de glúten foi realizada por meio do equipamento Glutomatic 2000, seguindo o método da AACC (2000). Esta análise consiste na determinação da insolubilidade das proteínas do glúten em solução salina. Para determinação das proteínas foi preparada uma solução salina a 2 % (m/v) e pesado 10 g de farinha de trigo. Em seguida a amostra foi transferida para a cuba do equipamento e iniciado a lavagem durante 360 s, o glúten formado foi transferido para o suporte de centrifugação e centrifugado a 6000 rpm por 1 min. Após centrifugação o glúten foi pesado em balança analítica e calculado conforme a Equação 11.

$$\text{Glúten úmido (base 14\% de umidade)}: \frac{PGUg*86}{Pam*(100-U)} * 100 \quad (11)$$

Onde: PGUg: Peso do glúten úmido.

Pam: Peso inicial de amostra.

U: Umidade da amostra.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey para determinar as diferenças entre as médias no nível de confiança de 95% ($p < 0,05$) por meio do programa estatístico Statistica v. 13.3 (Tibco, Estados Unidos).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para as 13 variedades de trigo analisadas estão dispostos a seguir e foram discutidos frente a literatura disponível.

5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO TRIGO

5.1.2 Peso Hectolítrico (PH)

Na Tabela 2 é possível notar a variação do PH para as amostras de trigo analisadas. Este parâmetro variou em 17,02% comparando as variedades Sena PF e Audaz AP e Calibri AP, respectivamente.

Tabela 2 – Resultados do peso hectolítrico do trigo.

Variedade	Peso hectolítrico (kg/hL)
Ágile PF	76,35
Audaz PF	77,90
Bela Jóia PF	79,25
Destaque PF	79,70
Sena PF	71,40
Sonic PF	76,35
Audaz PG	79,25
Audaz AP	83,55
Calibri AP	83,55
Ello AP	82,40
Feroz AP	81,50
ORS 1405 AP	79,45
Madre Pérola AP	81,70

Fonte: A autora.

De acordo com a Instrução Normativa nº 38 de 30 de novembro de 2010 que tem por objetivo definir o padrão oficial de classificação do trigo, o mesmo pode ser classificado em dois grupos, Grupo I: trigo destinado diretamente à alimentação humana e Grupo II: trigo destinado à moagem e outras finalidades. Dentro do segundo grupo o PH é o parâmetro que irá classificá-lo em Tipos. O trigo de Tipo I deverá apresentar PH mínimo de 78 kg hL⁻¹, o de Tipo II 75 kg hL⁻¹ e o de Tipo III 72 kg hL⁻¹. Ainda, de acordo com a Instrução Normativa, os trigos que apresentarem PH inferior ao 72 kg hL⁻¹ são classificados como “Fora de tipo” e não poderão ser destinados a moagem (Brasil, 2010).

De acordo com os resultados obtidos as variedades Bela Jóia PF, Destaque PF, Audaz PG, Audaz AP, Calibri AP, Ello AP, Feroz AP, ORS 1405 AP e Madre Pérola AP foram classificadas como Tipo I. Já as variedades Ágile PF, Audaz PF e Sonic PF como Tipo II. A variedade Sena PF foi a única variedade que não atingiu os valores mínimos de PH para a comercialização, estando classificada como “fora de tipo”.

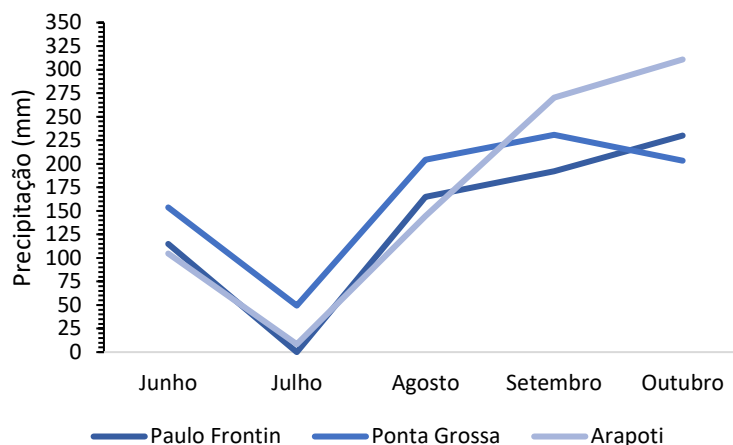
No estudo realizado por Seidel *et al.* (2022) os autores avaliaram o desempenho agrônômico de seis cultivares de trigo cultivadas no ano de 2021 no oeste paranaense. Após a análise de resultados de PH os autores identificaram o peso hectolitro de 77,7 kg hL⁻¹ para a cultivar Bela Jóia, 74,1 kg hL⁻¹ para a cultivar Madre Pérola e 75,5 kg hL⁻¹ para a cultivar Audaz. O autor justifica os baixos valores de PH devido à baixa pluviosidade nos meses de julho a agosto, dificultando o desenvolvimento da cultura.

O peso hectolétrico dos grãos, além de ser um parâmetro de comercialização segundo a Instrução Normativa vigente é, também, um excelente indicador de qualidade do trigo, tanto para produtores quanto para moinhos, uma vez que ele afeta a produtividade e eficiência da moagem da farinha de trigo, sendo diretamente correlacionado com o rendimento durante o processo de extração (Dunăreanu e Bonea, 2022).

Na Figura 5 é possível observar a pluviosidade das regiões de coleta das amostras utilizadas neste estudo durante o ciclo de desenvolvimento do cereal. Nota-se que a partir do mês de agosto o índice de chuvas nas regiões aumenta drasticamente, sendo os meses finais de desenvolvimento da cultura. Este fator contribui na redução do PH do trigo durante a colheita, uma vez que o grão começa a perder peso.

Por meio da Figura 5 nota-se que a precipitação foi relativamente proporcional nas três regiões, entretanto quando se avalia o PH dos trigos separadamente, a região que apresentou maiores valores foi a de Arapoti. Isso pode ser atribuído aos trigos terem sido semeados em datas diferentes, fazendo com que as cultivares da região de Arapoti estivessem menos expostas as chuvas, nesse caso preservando o PH.

Figura 5 – Precipitação durante a safra do trigo em 2022.



Fonte: A autora (2024).

A cidade de Arapoti está localizada no norte pioneiro do estado do Paraná, região esta que apresenta clima mais quente e diante disso a colheita do cereal é realizada em torno de 50 dias antes que na região de Paulo Frontin, a qual ocorre no mês de outubro. A Tabela 3 traz a distribuição das chuvas ao longo dos dias dos meses, nela nota-se que na cidade de Paulo Frontin as chuvas ocorreram em grande quantidade num espaço de tempo curto, principalmente no mês que a colheita se iniciaria, fazendo com que a cultura fosse prejudicada, afetando o PH.

De acordo com a distribuição das chuvas, observamos que a região menos afetada durante a época de colheita foi a região de Arapoti, a qual ocorre entre meados de agosto e início de setembro, diante disso justifica-se os maiores valores para o PH destas cultivares.

No caso da região de Paulo Frontin é possível observar que a região enfrentou um período extremamente seco no mês de julho, o qual não teve registros de precipitação, em contrapartida a partir de agosto a incidência de chuvas aumentou drasticamente. Já no caso de Ponta Grossa essa região possui o clima mais similar a Arapoti e apresentou distribuição mais uniforme de chuvas ao longo dos meses de desenvolvimento do cereal.

Tabela 3 - Distribuição de chuvas nas diferentes regiões de cultivo.

(continua)

[illegible]

Tabela 3 – Distribuição de chuvas nas diferentes regiões de cultivo.

(conclusão)															
Dias	Arapoti - PR (mm)					Paulo Frontin - PR (mm)					Ponta Grossa - PR (mm)				
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
23															
24															
25				6					38					22	
26				28										46	
27				37										2	
28				10										1	
29		6			47					25		7			28
30				12	4					13					19
31					41										8
Total	105	8	145	270	311	115	0	165	192	230	154	49	204	231	203

Fonte: A autora (2024).

5.1.3 Peso de mil grãos (PMG)

Os resultados para o peso de mil grãos das variedades de trigo avaliadas estão dispostos na Tabela 4. Os valores variaram em 67,04% comparando as cultivares Destaque PF e Sena PF.

Tabela 4 – Resultados da medida de peso de mil grão do trigo.

Variedade	Peso de mil sementes (g)
Ágile PF	30,08±0,38 ^h
Audaz PF	30,75±0,25 ^h
Bela Jóia PF	27,87±0,31 ⁱ
Destaque PF	26,61±0,07 ⁱ
Sena PF	44,45±0,20 ^a
Sonic PF	40,86±0,10 ^b
Audaz PG	34,00±0,35 ^g
Audaz AP	36,45±0,20 ^d
Calibri AP	39,04±0,64 ^c
Ello AP	35,14±0,87 ^{ef}
Feroz AP	38,54±0,13 ^c
ORS 1405 AP	34,72±0,22 ^{fg}
Madre Pérola AP	35,83±0,28 ^{de}

Fonte: A autora.

Nota: Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que houve diferença significativa ao nível de 95% ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey entre as cultivares avaliadas.

O peso de mil grãos também pode ser atribuído a um parâmetro de qualidade do trigo. Segundo a Embrapa (1993), o peso é proporcional ao tamanho do grão, podendo ser classificado como muito pequeno (15 – 25 g), pequeno (26 – 35 g), médio (36 a 45 g), grande (46 – 54 g) e muito grande (maior ou igual a 55 g).

Ainda segundo a Embrapa (1993), o peso de mil grãos pode ser um parâmetro de classificação do grão para a moagem. Grãos de tamanho muito excessivo não são desejados pela indústria pois podem provocar problemas nos equipamentos de limpeza e de moagem. Já os grãos muito pequenos também não são favoráveis uma vez que podem passar pelas peneiras de limpeza, podendo trazer perdas no rendimento da farinha. Logo, o mais ideal seriam os grãos classificados como pequenos e médios, sendo estes com pesos intermediários da faixa de classificação.

Avaliando os resultados deste estudo, nota-se que os grãos se dividem em “pequenos” e “médios”. As cultivares classificadas como de grãos médios foram: Sena PF, Sonic PF, Audaz AP, Calibri AP, Feroz AP e Madre Pérola AP. As demais foram

classificadas como pequenas. Ainda, seguindo a classificação da Embrapa, as cultivares que apresentariam maiores problemas de limpeza e de moagem seria a Sena PF (44,45 g) e Sonic PF (40,86 g), as quais apresentaram os maiores valores para PMG.

Segundo a Embrapa (1993), o peso de mil grãos não é uma análise determinante para se definir ou não a moagem, essa informação deve ser correlacionada com as demais análises, para que então se avalie a qualidade do grão para moagem.

5.2 EXTRAÇÃO DA FARINHA DE TRIGO

A moagem comercial do trigo tem por objetivo separar o endosperma do grão das frações de farelo e gérmen, os quais podem aumentar o teor de cinzas da farinha, tornando-a mais escura. A porcentagem de extração da farinha de trigo é um fator importantíssimo para definição da qualidade do trigo para moagem, uma vez que quando se obtém rendimento alto de extração o trigo é indicado como favorável para fins de moagem. Entretanto, este acaba sendo um desafio para os moleiros, os quais devem aumentar o rendimento de extração e, mesmo assim atender as especificações de farinhas dos clientes (Kalitsis *et al.*, 2021).

Na Tabela 5 são mostrados os resultados do rendimento de farinha de trigo obtida a partir das cultivares de trigo após passarem pela moagem em moinho experimental.

Tabela 5 – Resultados do rendimento de extração das farinhas de trigo.

(continua)	
Variedade	Rendimento (%)
Ágile PF	62,01
Audaz PF	62,44
Bela Jóia PF	ND*
Destaque PF	ND*
Sena PF	54,05
Sonic PF	ND*
Audaz PG	83,18
Audaz AP	70,95
Calibri AP	72,77
Ello AP	ND*
Feroz AP	65,00
ORS 1405 AP	66,51

Tabela 5 – Resultados do rendimento de extração das farinhas de trigo.

Variedade	Rendimento (%)
Madre Pérola AP	66,83

Fonte: A autora.

Nota: *ND: Não determinado devido a problemas no Moinho Experimental no ato da extração.

Analisando os resultados observa-se que o rendimento de extração variou em 64,98% para a cultivar Sena PF e Audaz PG. O rendimento de extração pode ser relacionado com o PH do trigo, uma vez que trigos com o PH maior tendem a ter uma maior fração do endosperma, resultando em um rendimento de farinha de trigo mais elevado (Embrapa, 1993).

Fazendo esta relação no estudo em questão observa-se que o trigo de menor PH resultou em uma menor extração, a cultivar Sena PF. Entretanto, a variedade que apresentou o maior rendimento (Audaz PG) não foi a que teve o maior valor para PH. As cultivares Audaz AP e Calibri AP demonstraram valor de PH de 83,55 kg hL⁻¹ e extração de 70,95 e 72,77 %, respectivamente. As demais cultivares apresentaram rendimentos de 62,01 a 66,83 %.

Quando observado na Tabela 5 de rendimento nota-se que, para algumas cultivares a porcentagem de extração não foi determinada, isso ocorreu devido ao moinho experimental ter apresentado falhas de operação durante a extração dessas variedades, fazendo com que grande parte de farinha se misturasse com o farelo e, assim, a determinação do rendimento de extração foi comprometida.

Segundo Guarienti (1996), os trigos podem ser classificados de acordo com o seu rendimento de extração sendo de bom rendimento de extração de farinha (66-68%), de baixo potencial de moagem (63-65%) e de muito baixo potencial de moagem (<62%). No presente estudo a única cultivar classificada como muito baixo potencial é a Sena PF, ressaltando que foi esta mesma cultivar que foi classificada como “fora de tipo” de acordo com o seu PH.

5.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA DE TRIGO

5.3.1 Características físico-químicas

Na Tabela 6 estão dispostos os resultados para os parâmetros de umidade, cinzas e proteína para as farinhas de trigo extraída a partir das 13 cultivares de trigo.

Observa-se que todos os parâmetros apresentaram diferença significativa ao nível de 95% de confiança.

Tabela 6 - Resultados das características físico-químicas da farinha de trigo.

Variedade	Umidade (g/100 g)	Cinzas (g/100 g)	Proteína (g/100 g)
Ágile PF	11,72±0,24 ^{ef}	0,91±0,00 ^{ab}	13,82±0,14 ^{bc}
Audaz PF	12,37±0,14 ^c	0,78±0,01 ^b	12,35±0,16 ^{de}
Bela Jóia PF	11,83±0,08 ^{def}	1,70±0,92 ^a	14,36±0,65 ^{abc}
Destaque PF	11,12±0,07 ^g	1,03±0,28 ^{ab}	13,77±0,05 ^{bc}
Sena PF	10,39±0,16 ^h	1,20±0,02 ^{ab}	14,98±0,03 ^a
Sonic PF	11,50±0,23 ^{fg}	0,78±0,20 ^b	11,74±1,02 ^{ef}
Audaz PG	12,11±0,03 ^{cde}	0,96±0,16 ^{ab}	14,57±0,25 ^{ab}
Audaz AP	12,47±0,20 ^c	0,94±0,16 ^{ab}	12,54±0,21 ^{de}
Calibri AP	13,08±0,20 ^b	0,74±0,02 ^b	12,32±0,05 ^e
Ello AP	13,93±0,23 ^a	0,70±0,01 ^b	13,31±0,01 ^{cd}
Feroz AP	12,27±0,13 ^{cd}	0,60±0,04 ^b	12,50±0,13 ^{de}
ORS 1405 AP	12,42±0,13 ^c	0,52±0,09 ^b	10,99±0,10 ^{fg}
Madre Pérola AP	12,48±0,03 ^c	0,60±0,05 ^b	10,50±0,42 ^g

Fonte: O autor.

Nota: Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que houve diferença significativa ao nível de 95% ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey entre as cultivares avaliadas. Os resultados de cinzas e proteína foram expressos em base seca.

Os parâmetros apresentados na Tabela 6 são classificados como parâmetros legais para a farinha de trigo, segundo a Instrução Normativa nº 8 de 2 de junho de 2005 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). O teor de umidade permitido pela legislação é de até 15 % e, para o estudo em questão todas as cultivares se apresentaram conforme a exigência do MAPA.

Os teores de umidade diferiram significativamente entre si, o teor variou em 34,07% comparando as cultivares Sena PF e Ello AP, respectivamente. Segundo os autores Lancelot *et al.* (2021), o conteúdo de umidade da farinha de trigo pode, a longo prazo, desencadear uma série de reações químicas e enzimáticas. Este componente pode ser responsável por contribuir com a deterioração oxidativa dos lipídios, deterioração das características sensoriais e produção de micotoxinas quando armazenadas.

Segundo a IN nº 8/2005 do MAPA as farinhas com teor máximo de cinzas de 0,8% são classificadas como Tipo I, para cinzas de 0,81 a 1,4% a classificação é de Tipo II e de 1,41 a 2,5% como integral. Já para a proteína o valor mínimo é de 7,5% para farinha do Tipo I e 8% para Tipo II e Integral.

Considerando os resultados obtidos neste estudo, todas as variedades de trigo apresentaram farinhas com teor de proteína satisfatório para classificá-las como Tipo I, variando de 10,50 (Madre Pérola AP) a 14,98 g/100 g (Sena PF), entretanto o teor de cinzas variou de 0,52 a 1,70 g/100 g, fazendo com que haja diferenciação na tipagem das mesmas.

Seguindo a Instrução Normativa nº8/2005 do MAPA, as cultivares de trigo Madre Pérola AP, ORS 1405 AP, Feroz AP, Ello AP, Calibri AP, Sonic PF, e Audaz PF foram classificadas como Tipo I, considerando os teores de cinzas e proteínas. Já as cultivares Audaz AP, Audaz PG, Sena PF, Destaque PF e Ágile PF como Tipo II, já a cultivar Bela Jóia PF pode ser classificada como Integral.

Em um estudo realizado por Memon *et al.* (2020), os autores analisaram os teores de cinzas de diversas frações durante a extração, considerando o tamanho de partícula das frações, os mesmos observaram que com a redução do tamanho de partícula, o conteúdo mineral também reduz. Para as frações de farinha com tamanho de partícula de 0,15 a 0,30 mm, semelhantes à deste estudo, os teores de cinzas variaram de 1,50 a 2,29 g/100 g, sendo superiores aos conteúdos encontrados nesta pesquisa.

O conteúdo de cinzas presente na farinha de trigo pode ser relacionado com a camada de aleurona do grão. No estudo realizado por Li *et al.* (2018) os autores avaliaram a influência da aleurona na composição centesimal de farinhas, eles identificaram que os teores de cinzas e proteínas aumentaram com o aumento dos níveis de aleurona.

Segundo Ficco *et al.* (2020), o teor de matéria mineral no grão de trigo não é distribuído uniformemente, ocorre um aumento significativo do centro do grão para as camadas mais externas do cereal, isso faz com que a taxa de extração de farinha de trigo a partir do grão seja afetada, uma vez que a separação dessas camadas se torna mais difícil.

Neste estudo foram encontrados valores consideravelmente elevados para o conteúdo de cinzas, podendo ser justificado pela contaminação do endosperma do trigo com a camada periférica do grão, denominada camada de aleurona, a qual possui elevado conteúdo mineral (Lebert, 2022).

Conforme levantado, a camada de aleurona possui propriedades que podem elevar o valor nutricional de produtos a partir da farinha de trigo, diante disso em alguns casos faz-se a farinha de aleurona a qual é incorporada junto ao produto.

Entretanto, esta camada possui alta quantidade de fibras, as quais podem ser responsáveis por induzir a desidratação parcial do glúten afetando as propriedades viscoelásticas da massa (Xu *et al.*, 2020).

No estudo realizado por Riaz, Pasha e Sharif (2018) os autores fizeram a determinação das características físico-químicas de farinha de trigo para a posterior aplicação em cookies avaliando a qualidade dos mesmos. Durante a obtenção dos resultados, os autores perceberam que o conteúdo de cinzas variou de 0,33 a 0,83%, concluindo que em farinhas onde o conteúdo mineral foi maior a mesma teve contaminação com o farelo de trigo o que implicou na qualidade visual dos *cookies*.

Fazendo uma relação com a afirmação dos autores no parágrafo anterior, neste estudo as variedades que podem ter sofrido uma contaminação maior por farelo durante a extração foram as variedades classificadas como Tipo II, sendo três cultivares de Paulo Frontin, uma de Ponta Grossa e uma de Arapoti.

Como mencionado anteriormente, todas as cultivares apresentaram valores altos para a proteína bruta, sendo os maiores teores encontrados nas farinhas de trigo das cultivares provenientes da região de Paulo Frontin. Segundo Schuster, Huen e Scherf (2022), os teores de proteína bruta da farinha podem prever o volume do pão após desenvolvimento da massa, uma vez que a proteína bruta está diretamente associada com as proteínas do glúten. Entretanto, resultados elevados de proteína não indicam a melhor performance na aplicação da farinha, uma vez que a qualidade da proteína nos grãos pode variar de uma cultivar para a outra, bem como com base no cultivo e condições de desenvolvimento.

5.3.2 Cor instrumental

Na Tabela 7 estão dispostos os resultados obtidos para a coloração das amostras das farinhas de trigo analisadas. Foram obtidos os parâmetros de luminosidade (L^*), a variável a^* e o b^* . Através dessas variáveis foram calculados os parâmetros de saturação da amostra Chroma^* e $^{\circ}\text{H}$ que indica um parâmetro qualitativo de cor.

O parâmetro de cor é um excelente indicador para prever a qualidade da farinha de trigo para determinados campos de aplicação, bem como avaliar a qualidade de moagem do trigo durante a extração (Popovska, 2023).

Tabela 7 – Parâmetros de cor instrumental das farinhas de trigo.

Variedade	L*	a*	b*	Chroma*	°H
Ágile PF	88,74±0,17 ^d	1,20±0,04 ^a	12,59±0,10 ^{ab}	12,64±0,10 ^{ab}	84,54±0,22 ^e
Audaz PF	89,76±0,37 ^d	0,98±0,04 ^b	13,15±0,16 ^a	13,19±0,16 ^a	85,74±0,17 ^{bcd}
Bela Jóia PF	90,17±0,23 ^{cd}	1,19±0,09 ^a	13,19±0,36 ^a	13,24±0,37 ^a	84,86±0,32 ^{de}
Destaque PF	86,38±1,24 ^e	1,26±0,05 ^a	12,99±0,20 ^a	13,05±0,20 ^a	84,45±0,12 ^e
Sena PF	86,45±0,50 ^e	1,37±0,02 ^a	11,22±0,08 ^{cd}	11,31±0,08 ^c	83,04±0,05 ^f
Sonic PF	90,20±0,58 ^{cd}	0,91±0,07 ^b	10,75±0,28 ^{cde}	10,79±0,28 ^{cd}	85,17±0,31 ^{cde}
Audaz PG	91,53±0,37 ^{bc}	0,87±0,06 ^b	12,35±0,13 ^b	12,38±0,13 ^b	85,99±0,26 ^{bc}
Audaz AP	92,27±0,18 ^{ab}	0,95±0,12 ^b	11,35±0,31 ^c	11,39±0,31 ^c	85,22±0,52 ^{cde}
Calibri AP	91,45±0,56 ^{bc}	0,92±0,02 ^b	12,22±0,20 ^b	12,25±0,20 ^b	85,69±0,04 ^{bcd}
Ello AP	91,53±0,37 ^{bc}	0,87±0,06 ^b	12,35±0,13 ^b	12,38±0,13 ^b	85,99±0,26 ^{bc}
Feroz AP	92,61±0,42 ^{ab}	0,64±0,04 ^c	10,62±0,04 ^{de}	10,64±0,03 ^d	86,57±0,23 ^b
ORS 1405 AP	89,94±0,63 ^d	0,97±0,08 ^b	10,38±0,25 ^e	10,43±0,25 ^d	84,65±0,40 ^e
Madre Pérola AP	93,80±0,25 ^a	0,22±0,08 ^d	7,40±0,29 ^f	7,41±0,29 ^e	88,31±0,58 ^a

Fonte: A autora.

Nota: Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que houve diferença significativa ao nível de 95% ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey entre as cultivares avaliadas.

Nota-se que para todas as cultivares e parâmetros avaliados ocorreram diferenças significativas. O parâmetro de luminosidade variou de 86,38 a 93,80, para as cultivares Destaque e Madre Pérola, respectivamente. O parâmetro de L* indica a claridade da amostra, ou seja, quanto mais próximo de 100 mais branca a amostra é.

Analisando os resultados da Tabela 6 é possível perceber que as cores mais claras foram encontradas nas farinhas de trigo provenientes das cultivares de Arapoti – PR, seguido da cultivar de Ponta Grossa – PR e, por fim, Paulo Frontin – PR, sendo as desta região as com cores mais escuras, L* abaixo de 90,20. A amostra que apresentou o maior valor de L* foi a cultivar Madre Pérola AP, consequentemente o menor valor de a* e b*, o que se justifica uma vez que esta cultivar é classificada como trigo branqueador para pão (Mittlstadt, 2023).

As cultivares que apresentaram a farinha mais escura foram a Sena PF e Destaque PF, não diferindo significativamente entre si quando comparado os valores de L*, sendo estas as duas cultivares que apresentaram os maiores valores para o parâmetro a*, indicando que as amostras possuem a cor mais alaranjada.

As cultivares Audaz PF, Bela Jóia PF e Destaque PF apresentaram os maiores valores para b*, com isso uma forte tendência para a cor amarela. As 13 amostras de farinha de farinha de trigo analisadas, apresentaram valores semelhantes para o °H, entretanto ocorreu diferença significativa para esse parâmetro, variando de 83,04 a

88,31, indicando que as amostras possuem cor que variam entre o vermelho e o amarelo, mas com tendência maior para o amarelo.

Os valores de Chroma* também apresentaram diferença significativa entre as amostras analisadas, variando de 7,41 para a cultivar Madre Pérola AP a 13,24 para a cultivar Bela Jóia PF. Os valores deste parâmetro correspondem ao grau de saturação da amostra, sendo que quanto maior o valor de Chroma mais acinzentada a cor será. Segundo Cazzaniga, Brousse e Linares (2021) valores mais altos de a^* e b^* correspondem a valores mais altos de Chroma*, condizendo com os resultados encontrados neste estudo.

Correlacionando os resultados do valor de L^* das amostras com o teor de cinzas, é possível verificar que para as mesmas cultivares que apresentaram cor mais clara, no caso de Arapoti, demonstraram também um menor conteúdo de matéria mineral, concordando com resultados já publicados por Cankurtaran, Ceylan e Bilgiçli (2020) os quais ao analisar uma amostra controle de farinha de trigo encontraram valores para L de 92,98 e o conteúdo mineral de 0,68%.

Wen *et al.* (2022) mostram que a cor e o conteúdo de cinzas possuem uma relação inversamente proporcional, uma vez que ao analisarem as características físico-químicas de trinta e quatro cultivares de trigo sobre a qualidade da farinha de trigo identificaram que o conteúdo de cinzas das amostras apresentou efeito negativo no valor de L^* .

Um comportamento diferente foi observado para a amostra de farinha de trigo da cultivar Bela Jóia PF, a qual apresentou um L^* de 90,17 porém um conteúdo de cinzas de 1,70 g/100 g. Avaliando as outras amostras, em alguns casos, a cor se demonstrou similar a desta cultivar porém com conteúdo de cinzas significativamente inferior.

O comportamento anterior pode ser justificado pela camada de aleurona presente naturalmente no grão de trigo, a qual durante a moagem pode ter se desprendido da parte mais externa do grão onde está concentrado o farelo, e se incorporado juntamente a farinha de trigo, uma vez que os minerais estão concentrados nas camadas de aleurona e farelo do grão de trigo (Ji, Ma e Baik, 2020).

No estudo realizado por Lopes *et al.* (2022), os autores avaliaram cultivares de trigo (*Triticum aestivum*) quanto a coloração e teor de cinzas após moagem experimental. Os autores encontraram valores de L^* superiores a 92,60 e teores de cinzas inferiores a 0,66 g/100 g. Entretanto, as variedades de trigo utilizadas no estudo

passaram por um tratamento de remoção das camadas superficiais do grão. Foi utilizada a tecnologia de beneficiamento do arroz, ou seja, os grãos de trigo passaram por um tipo de polimento superficial por meio de equipamentos específicos, o que contribuiu para a melhora no valor de L*.

5.3.3 Granulometria

Segundo a Instrução Normativa nº 8 de 2 de junho de 2005, a granulometria da farinha de trigo corresponde a distribuição dimensional das partículas do produto e, conforme estabelecido nesta Instrução Normativa para a farinha ser caracterizada como Tipo I, II ou Integral, 95% do produto deve passar pela peneira com abertura de malha de 250 µm. Na Tabela 8 é possível verificar os resultados para a granulometria das amostras analisadas neste estudo.

Tabela 8 – Granulometria das farinhas de trigo.

Variedade	% Peneirada
Ágile PF	99,86±0,04 ^a
Audaz PF	99,71±0,09 ^a
Bela Jóia PF	99,88±0,04 ^a
Destaque PF	99,59±0,47 ^a
Sena PF	99,89±0,05 ^a
Sonic PF	99,90±0,11 ^a
Audaz PG	99,92±0,12 ^a
Audaz AP	99,93±0,05 ^a
Calibri AP	99,79±0,05 ^a
Ello AP	99,84±0,07 ^a
Feroz AP	99,95±0,04 ^a
ORS 1405 AP	99,80±0,03 ^a
Madre Pérola AP	99,78±0,61 ^a

Fonte: A autora.

Nota: Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que houve diferença significativa ao nível de 95% ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey entre as cultivares avaliadas.

Por meio dos resultados apresentados notamos que todas as cultivares de trigo apresentaram farinha de trigo com a granulometria dentro do estabelecido pela Instrução Normativa. A porcentagem peneirada de produto variou de 99,59 a 99,95%, entretanto as cultivares não apresentaram diferença significativa entre elas.

Os resultados desta pesquisa condizem com parte dos resultados encontrados por Pinheiro *et al.* (2020), onde eles avaliaram três cultivares de farinha de trigo

comercializadas em mercado local da cidade de Belém/PA e a granulometria encontrada variou de 94,33 a 98,86. Neste caso uma amostra avaliada por eles não atende a Instrução Normativa do MAPA, pois apresentou porcentagem menor que o estabelecido na legislação, entretanto os autores justificam a variação com o desvio padrão que apresentou resultado elevado.

A granulometria da farinha de trigo é de extrema importância quanto aplicação em determinados produtos, bem como com a qualidade do produto fabricado. Segundo Protonotariou, Ritzoulis e Mandala (2021), condições de moagem distintas podem resultar em farinhas com diferentes propriedades físicas, bem como a qualidade de produtos de panificação podem ser previstas a partir do tamanho de partículas da farinha.

No estudo realizado por Hidalgo, Fongaro e Brandolini (2014) os autores avaliaram a influência da granulometria sobre a cor de amostras de farinha de trigo. Os autores constataram que o aumento da granulometria da farinha leva a diminuição da luminosidade e o aumento do parâmetro b^* . Os autores justificam esse comportamento devido ao aumento do teor de cinzas, uma vez que a camada mais externa do grão pode estar em maior quantidade quando a granulometria é maior, além disso, os autores apontam a camada de aleurona como uma das principais responsáveis por ambos os fatores.

No presente estudo não foi observado influência da granulometria nas cores da farinha, uma vez que o a granulometria apresentou-se padrão para as amostras, entretanto a cor foi influenciada pela quantidade de cinzas.

Manter uma granulometria padrão na moagem da farinha possui papel crucial quando se fala na aplicação, principalmente em produtos de panificação, uma vez que o volume e sustentação da rede de glúten podem ser facilmente afetadas. Bressiani *et al.* (2017) em seu estudo fizeram testes de diferentes farinhas com granulometrias específicas em pães. Os autores observaram que os pães onde farinhas mais grossas foram empregadas, apresentaram redução do volume específico após serem assados, eles justificam tal comportamento devido a impactos na rede de glúten causados pela ação de fibras, as quais podem desestabilizar as células gasosas, resultando na redução do volume.

5.4 AMIDO DANIFICADO

O amido danificado na farinha de trigo é formado durante a moagem do trigo em moinhos de rolos devido ao atrito mecânico entre eles. O nível de dano no amido é afetado por diversos parâmetros durante a trituração como, pressão e tamanho da folga entre os rolos de redução, tempo de moagem, dureza dos grãos, entre outros (Jukic *et al.*, 2019). Na Tabela 9 é possível observar os resultados do amido danificado para as amostras de farinha de trigo analisadas no estudo em questão.

Tabela 9 – Resultados do amido danificado das farinhas de trigo.

Variedade	Amido danificado (g/100 g)
Ágile PF	10,89±1,78 ^b
Audaz PF	4,67±1,16 ^{efg}
Bela Jóia PF	9,72±1,34 ^{bc}
Destaque PF	5,17±0,68 ^{def}
Sena PF	15,94±0,67 ^a
Sonic PF	12,08±1,34 ^b
Audaz PG	7,79±1,36 ^{cd}
Audaz AP	2,34±0,00 ^{fgh}
Calibri AP	1,56±0,67 ^h
Ello AP	5,45±0,68 ^{de}
Feroz AP	4,68±1,17 ^{efg}
ORS 1405 AP	1,17±0,00 ^h
Madre Pérola AP	1,95±0,67 ^{gh}

Fonte: A autora.

Nota: Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que houve diferença significativa ao nível de 95% ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey entre as cultivares avaliadas.

Nota-se que o amido danificado das amostras diferiu significativamente entre si. Os maiores valores são atribuídos as variedades de trigo provenientes da região de Paulo Frontin – PR, seguida da região de Ponta Grossa – PR e, por fim Arapoti – PR.

No caso da região de Paulo Frontin – PR os valores para o amido danificado das farinhas variaram de 4,67 a 15,94%, para as cultivares Audaz PF e Sena PF, respectivamente. Na região de Ponta Grossa – PR, o valor encontrado para a cultivar Audaz PG foi de 7,79% e, para a região de Arapoti – PR, os valores variaram de 1,17 a 5,45%, para as cultivares ORS 1405 AP e Ello AP, respectivamente.

A variação dos teores de amido danificado para as farinhas pode ser justificada devido a dureza dos grãos (Jukic *et al.*, 2019). Além disso farinhas de trigo com maior

teor de amido danificado são propensas a absorverem mais água, podendo acarretar alguns problemas nos produtos onde ela é aplicada (Abo-Dief *et al.*, 2019).

Guan *et al.* (2020) avaliaram a influência da moagem ultrafina e a moagem a jato nas características reológicas e físico-químicas da farinha de trigo. Os autores evidenciaram uma forte alteração no teor de amido danificado à medida que o tamanho da partícula diminuía gradualmente, passando de 7,31 a 47,1% de amido danificado.

No estudo realizado por Wu *et al.* (2017), os autores avaliaram os efeitos da degradação do amido de trigo nas propriedades de colagem dele. Os autores concluíram que com o aumento do nível de dano do amido a viscosidade de pico, viscosidade mínima, viscosidade final, valor de decomposição e valor de retrogradação reduziram gradativamente. Este mesmo comportamento pode ser observado quando uma comparação entre os resultados da Tabela 9 e 12 são realizadas. Observamos que para as amostras deste presente estudo ocorreu redução significativa nos parâmetros citados anteriormente, onde o nível de dano no amido é maior.

O amido danificado em farinhas de trigo pode ser desejável até um certo ponto, uma vez que ele contribui com a manutenção da qualidade dos produtos alimentícios derivados de farinha de trigo. Uma das funções do amido danificado é promover a melhor absorção de água na farinha, favorecer o crescimento de levedura devido ao açúcar, bem como a capacidade de produção de gás da levedura em um processo de fermentação, por exemplo. Entretanto, quando se fala em farinhas que contenham quantidades exageradas de amido danificado, acima de 8%, o efeito pode ser contrário, quando porcentagens muito alta de amido danificado são encontrados na farinha de trigo, pode ocorrer aumento na pegajosidade da massa, encolhimento, bem como a dureza do produto. Este último caso pode ser mais perceptível em biscoitos (Barak, Mudgil e Khatkar, 2014).

No caso do presente estudo, avaliando os resultados obtidos de amido danificado para as farinhas de trigo, as variedades que, se aplicadas, na fabricação de biscoito apresentariam um desempenho não esperado, seria o Ágile PF, Sena PF e Sonic PF, devido elas apresentarem os maiores teores de amido danificado, conforme citado pelos autores anteriores.

Em uma revisão feita por Putri *et al.* (2020) os autores citam que o teor de amido danificado possui uma correlação negativa com o tamanho da partícula, ou seja,

quanto menor o tamanho da partícula maior será o teor de amido danificado na amostra. Neste estudo não foi observado este comportamento, uma vez que a granulometria das amostras se apresentou constante para todas as cultivares, entretanto o amido danificado diferiu significativamente para as mesmas.

Segundo Moiraghi *et al.* (2019) trigos moles são mais fáceis de moer e, consequentemente apresentarão farinhas com menor teor de amido danificado, atrelado a isso os autores mencionam que um menor teor de amido danificado é normalmente obtido a partir de trigos com menor teor de proteína e, consequentemente com a rede de glúten mais fraca.

Neste estudo um comportamento similar pode ser observado quando comparado os resultados de proteína com o amido danificado. A amostra que apresentou o menor valor de proteína foi também a amostra com o menor valor de amido danificado, neste caso a cultivar Madre Pérola AP. O contrário também foi observado para a cultivar Sena PF, a qual apresentou o maior valor de proteína e de amido danificado.

5.5 CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DA FARINHA DE TRIGO

5.5.1 Farinografia

A análise farinográfica em farinhas de trigo possui papel fundamental, uma vez que, por meio dos resultados obtidos pode-se inferir a qualidade e capacidade da farinha para aplicação em diferentes seguimentos e, portanto, direcioná-la para a correta aplicação (Biel *et al.*, 2021). Na Tabela 10 estão dispostos os resultados para a farinografia das amostras avaliadas neste estudo.

Tabela 10 – Resultados da análise de Farinografia.

Variedade	Absorção (%)	Estabilidade (min)	(continua)	
			Tempo de desenvolvimento (min)	Grau de enfraquecimento (FU)
Ágile PF	66,2	7,5	5,9	110,5
Audaz PF	61,2	11,2	7,4	63,3
Bela Jóia PF	66,7	4,7	4,2	104,1
Destaque PF	62,8	5,2	3,1	153,9
Sena PF	ND	ND	ND	ND
Sonic PF	70,3	4,1	3,3	205,9
Audaz PG	63,4	6,2	4,7	-

Tabela 10 – Resultados da análise de Farinografia.

Variedade	Absorção (%)	Estabilidade (min)	Tempo de desenvolvimento (min)	(conclusão)
				Grau de enfraquecimento (FU)
Audaz AP	66,2	18,0	14,5	94,1
Calibri AP	63,1	18,4	2,5	12,5
Ello AP	63,4	5,8	5,3	91,4
Feroz AP	64,8	14,0	10,1	-
ORS 1405 AP	52,1	16,7	1,9	32,0
Madre Pérola AP	65,7	10,4	6,9	32,0

Fonte: A autora.

Nota: ND: Não determinado.

Os parâmetros de absorção, estabilidade e tempo de desenvolvimento foram obtidos por meio da farinografia, os quais variaram de 52,1 a 70,3%, 4,1 a 18,4 min e 1,9 a 14,5 min, respectivamente. Esses resultados concordam com o estudo feito por Zhang *et al.* (2022), onde avaliaram doze tipos de farinha de trigo que diferiam entre si em relação a qualidade.

Avaliando as farinhas de trigo Zhang *et al.* (2022) sugeriram algumas das amostras avaliadas para a aplicação de macarrão devido aos parâmetros de estabilidade e tempo de desenvolvimento adequados, os quais variaram de 60,6 a 64,6% para a absorção, 1,7 a 5,5 min para o tempo de desenvolvimento da massa e 8,2 a 11,3 min para a estabilidade. No presente estudo as amostras que concordam com esses resultados e poderiam ser testadas em macarrão são Audaz PF, Audaz PG, Calibri AP, Ello AP e ORS 1405 AP.

Segundo Cui *et al.* (2023) os parâmetros fornecidos pelo farinógrafo são capazes de prever algumas características da farinha de trigo. Um tempo de desenvolvimento longo se relaciona com o teor de proteína, uma vez que uma farinha mais forte requer maior tempo para seu desenvolvimento, da mesma forma que um maior tempo de estabilidade caracteriza a farinha como mais forte. Já, a absorção de água e o grau de enfraquecimento pode ser relacionada com a composição do glúten e amido.

Neste estudo, relacionando os resultados de proteína com o tempo de desenvolvimento observa-se que as amostras que demonstraram o maior tempo de desenvolvimento foram a Audaz AP (14,5 min), Feroz AP (10,1 min) e Audaz PF (7,4 min), entretanto a proteína resultou em um valor intermediário quando comparada as demais amostras, por volta de 12%.

Algumas amostras apresentaram baixo tempo de desenvolvimento e elevado valor proteico, não concordando com o trabalho de Cui *et al.* (2023), entretanto, isso pode ser justificado pela qualidade da proteína da farinha, a qual pode não formar com eficiência a rede glúten para um completo desenvolvimento da massa.

A maior absorção de água foi determinada para a farinha de trigo proveniente da cultivar Sonic PF, sendo a amostra que demonstrou o segundo maior valor para o amido danificado na farinha (12,08%), ficando atrás somente da Sena PF. Na análise de farinografia não foi possível determinar os parâmetros para essa farinha, uma vez que o equipamento necessitava de uma grande quantidade de água para a amostra em questão, não sendo compatível com o tamanho do local onde a sova é realizada.

Segundo Abo-Dief *et al.* (2019) farinhas de trigo com maior teor de amido danificado tendem a absorverem mais água devido ao estresse mecânico que os grânulos de amido sofreram, ou seja, estão mais suscetíveis a entrada de água no grânulo.

Através dos resultados apresentados observamos que as amostras que apresentaram o melhor desempenho em questão de estabilidade foram Calibri AP, Audaz AP, ORS 1405 AP, Feroz AP, Audaz PF e Madre Pérola AP. Segundo Saraswathi e Hameed (2018) farinhas fortes possuem maior tempo de desenvolvimento e estabilidade. Neste estudo as amostras mencionadas anteriormente possuem essas características e, ainda podem ser relacionadas com o valor de W, o qual demonstrou superior as outras amostras, sendo capazes de manter a rede de glúten formada por um período de tempo maior.

Os maiores tempos de desenvolvimento da massa foram identificados para as amostras de farinha de trigo Audaz AP e Feroz AP, respectivamente, sendo um indicativo de que as farinhas possuem qualidade considerável para posteriores aplicações, além disso essas mesmas amostras apresentaram os maiores valores para W.

Outro dado fornecido pelo farinógrafo é o grau de enfraquecimento da massa, o qual nada mais é que a capacidade de demonstrar a força do glúten na massa, ou seja, farinhas de trigo mais fracas possuem maior grau de enfraquecimento devido a degradação proteica da rede de glúten. Grau de enfraquecimento mais fraco remete a farinhas mais fortes, sendo outro indicativo para determinar a aplicação da mesma (Mirza *et al.*, 2022).

Neste estudo as farinhas de trigo que apresentaram o maior grau de enfraquecimento foram a Sonic PF, Destaque PF, Ágile PF e Bela Jóia PF, sendo estas amostras as quais apresentaram valores de W relativamente baixos, diante disso pode ter ocorrido a degradação do glúten de forma mais severa. As amostras Audaz PG e Calibri AP não tiveram o grau de enfraquecimento determinado pelo equipamento, podendo ser um indicativo que as duas amostras possuem estabilidade na formação da rede do glúten mesmo em constante estresse mecânico.

Os menores valores de grau de enfraquecimento foram encontrados para as amostras Calibri AP Madre Pérola AP, ORS 1405 AP, Ello AP e Audaz AP. Em seus estudos Mirza *et al.* (2022) avaliaram a influência da granulometria no grau de enfraquecimento da massa e identificaram que quanto menor o tamanho da partícula menor foi o enfraquecimento da massa, os autores justificam o comportamento devido a farinha com menor granulometria apresentar textura mais suave, facilitando o trabalho mecânico durante a sova.

Segundo Biel *et al.* (2021), a farinha de trigo forte é caracterizada pela absorção de água superior a 59%, tempo de desenvolvimento superior a 3 min e grau de enfraquecimento inferior a 40, ainda complementa que farinhas fracas apresentam o grau de enfraquecimento superior a 150 e indica que a massa não será capaz de suportar longos tratamentos de processamento mecânico.

5.5.2 Alveografia

Os resultados da reologia das farinhas de trigo, determinadas através da análise de alveografia estão expostos na Tabela 11. Através da análise determina-se os parâmetros de elasticidade (P), extensibilidade (L), energia de deformação da massa (W) e a razão entre a elasticidade e extensibilidade (P/L). Conhecer os parâmetros reológicos da massa é essencial para destinar a farinha para correta aplicação, uma vez que a alveografia é capaz de classificá-la quanto a qualidade do glúten (Jodal e Larsen, 2021).

Tabela 11 – Resultado da análise de Alveografia.

(continua)				
Variedade	P (mmH ₂ O)	L(mm)	W(10 ⁻⁴ J)	P/L
Ágile PF	85	81	201	1,05
Audaz PF	73	80	186	0,91
Bela Jóia PF	68	48	92	1,42

Tabela 11 – Resultado da análise de Alveografia.

Variedade	P (mmH ₂ O)	L(mm)	W(10 ⁻⁴ J)	(conclusão)
				P/L
Destaque PF	76	51	110	1,49
Sena PF	61	87	61	0,70
Sonic PF	108	47	157	2,30
Audaz PG	55	90	183	0,61
Audaz AP	102	109	366	0,94
Calibri AP	77	126	291	0,61
Ello AP	63	58	110	1,09
Feroz AP	96	100	273	0,96
ORS 1405 AP	101	68	226	1,49
Madre Pérola AP	38	95	138	0,40

Fonte: A autora.

Observando os resultados apresentados anteriormente notamos que poucas amostras apresentaram desempenho ótimo quanto ao W quando se almeja a aplicação no ramo da panificação, sendo as melhores amostras a Feroz AP (273 10⁻⁴J), Calibri AP (291 10⁻⁴J) e Audaz AP (366 10⁻⁴J), entretanto, a primeira mais indicada para aplicação em produtos panificáveis devido a razão entre os parâmetros de P/L ser próximo a 1 e o W estar na faixa entre 170 - 275 10⁻⁴ J.

Em estudo realizado por Cotovanu, Ungureanu-luga e Mironeasa (2021), os autores encontraram resultados dos parâmetros reológicos semelhantes a algumas amostras deste estudo, sendo P de 86,33 mmH₂O, L 94 mm, W 253 10⁻⁴J e a relação de P/L de 0,92, os quais ao realizarem o teste da farinha na produção de pães conseguiram atingir resultados satisfatórios quanto as características do produto final.

Segundo Zhygunov *et al.* (2020) existem três grupos de grãos de trigo que podem ser classificados em; a) farinha de pão, a qual produz uma massa resistente e elástica, possui alta pressão (P) e longo tempo (L) para a bolha estourar, a faixa característica de P/L é de 0,9 e W superior a 170 10⁻⁴ J; b) farinhas de biscoito e mistura, capaz de produzir uma massa extensível, caracterizado por baixos valores de P e longos tempos (L), a relação de P/L geralmente é mais baixa com faixa de 0,55 e W de 80 a 120 10⁻⁴ J; c) farinhas adequadas apenas para alimentação animal, apresentam massas duras e elásticas devido à alta pressão (P) e curto tempo (L) para estourar, faixa de P/L de 0,3 a 1,5 e W de 60 a 140 10⁻⁴ J.

Com base na classificação citada anteriormente, as amostras deste estudo que possuem maior potencial para farinha de pão são, Ágile PF, Audaz AP, Feroz AP e

ORS 1405 AP. Para as demais aplicações as farinhas se caracterizam pelo valor de W, entretanto a relação P/L se demonstra fora da faixa típica citada, logo um teste seria necessário para definir a melhor aplicação para as mesmas, sendo um potencial campo de aplicação o setor de massas devido aos valores mais altos de P, em alguns casos.

Pode-se observar que as cultivares provenientes da região de Paulo Frontin PR apresentaram resultados semelhantes para o parâmetro de elasticidade (P), entretanto para a extensibilidade da massa os resultados foram mais variados, indo de 47 a 81 mm. Para as cultivares vindas da região de Arapoti PR o mesmo comportamento pode ser observado, entretanto, para ambos os parâmetros, P e L, indo de 38 a 102 mmH₂O e 58 a 126 mm, respectivamente. A cultivar de Ponta Grossa PR apresentou resultados intermediários as duas regiões. O maior valor de P e menor valor de L e, conseqüentemente o maior P/L, foi encontrado para a cultivar Sonic PF.

Os resultados para a deformação da massa (W) variaram de 61 a 366 10⁻⁴J, sendo quatro cultivares da região de Arapoti PR que apresentaram os maiores resultados para W, Audaz AP (366 10⁻⁴J), Calibri AP (291 10⁻⁴J), Feroz AP (273 10⁻⁴J) e ORS 1405 AP (226 10⁻⁴J). As demais cultivares apresentaram W inferiores a 201 10⁻⁴J. Huen *et al.* (2018) encontraram valores para W que variaram de 141 a 419 10⁻⁴J.

O menor resultado de W foi encontrado para a cultivar Sena PF (61 10⁻⁴J), entretanto se observarmos seu resultado para o teor de glúten úmido na Tabela 14, essa cultivar atingiu o maior valor quando comparada as demais. O glúten alto não indica que a qualidade do mesmo seja boa, uma vez que depende da interação de outros parâmetros para indicar tal fato, sendo a análise de alveografia a principal responsável por demonstrar a qualidade do glúten presente (Schuster, Huen e Scherf, 2022). Correlacionando com as demais análises também observamos um desempenho pouco favorável dessa cultivar.

Observa-se que a ruptura da bolha da massa para as farinhas Ágile PF, Audaz PF, Sena PF, Audaz PG, Feroz AP e Madre Pérola AP foi em valores de deformação (L) semelhantes, mas tensões (P) diferentes. Segundo Dufour *et al.* (2024) a deformação máxima da massa, ou seja, a capacidade de esticar, difere dependendo da origem da farinha. Massas que resistem a tensões mais elevadas possuem a rede de glúten com maior qualidade, bem como teor proteico.

Gao *et al.* (2020) defende que farinhas com maior resistência não estão associados apenas a qualidade do glúten e teor de proteína, mas também a quantidade de glúten de alto peso molecular e interações amido-glúten durante a formação da rede.

De maneira geral, a maioria das cultivares apresentaram massa pouco resistentes, mas, em alguns casos, consideravelmente extensíveis, porém com baixa energia de deformação da massa. Diante disso a maioria das farinhas não são indicadas para aplicação em produtos de panificação, uma vez que não teriam um bom desenvolvimento do glúten, bem como capacidade de segurar o ar durante o processo fermentativo e, manter o volume do produto durante o crescimento e assamento da massa (Xinyang *et al.*, 2022).

Com base na análise de alveografia e os resultados obtidos, as farinhas são mais indicadas para aplicação em produtos que não requerem um glúten desenvolvido para sustentar a massa. Entretanto, fazer um teste de aplicação é fundamental para definir o campo ideal de aplicação.

5.5.3 Propriedade de pasta

O *Rapid Visco Analyzer* (RVA) é um método utilizado para estudar as propriedades de pasta do amido, o equipamento imita o processo de cozimento de um cereal a uma suspensão de farinha-água ser submetida ao ciclo de aquecimento e resfriamento no equipamento (Balet *et al.*, 2019). Os resultados para a propriedade de pasta da farinha de trigo podem ser visualizados na Tabela 12 e as curvas na Figura 6.

Tabela 12 – Resultados das curvas viscoamilográficas das farinhas de trigo.

(continua)						
Variedade	VP (cP)	VT (cP)	VQ (cP)	VF (cP)	SV (cP)	TP (°C)
Ágile PF	481,0±7,07 ^f	44,0±15,5 6 ^f	437,0±8,4 9 ^c	134,0±4,24 g	90,0±11,31 g	-
Audaz PF	1355,5±12,02 ^b	600,5±17, 68 ^c	755,0±5,6 6 ^a	1417±15,56 c	816,5±2,12 c	85,57±1, 17
Bela Jóia PF	1010,0±14,14 ^d e	475,0±18, 38 ^d	535,0±4,2 4 ^b	1163,5±40, 31 ^{de}	688,5±21,9 2 ^{de}	81,4±4, 88
Destaque PF	270,5±2,12 ^g	9,0±1,41 ^f	261,5±0,7 1 ^d	74,5±2,12 gh	65,5±0,71 ^{gh}	-
Sena PF	16,00±9,90 ^h	-43±5,66 ^f	59±4,24 ^e	-36,5±0,71 ^h	6,5±6,36 ^h	-
Sonic PF	239,5±6,36 ^g	35,0±8,49 f	204,5±2,1 2 ^d	130,5±6,36 g	95,5±2,12 ^g	-
Audaz PG	1662,0±140,01 a	878,5±64, 35 ^b	783,5±75, 66 ^a	1885,5±105 ,36 ^b	1007±41,01 b	86,87±1, 24

Tabela 12 – Resultados das curvas viscoamilográficas das farinhas de trigo.

						(conclusão)
Variedade	VP (cP)	VT (cP)	VQ (cP)	VF (cP)	SV (cP)	TP (°C)
Audaz AP	1096,5±26,16 ^c _d	486±16,9 ^{7d}	610,5±9,9 ^b	1150,5±28,99 ^e	664,5±12,0 ^{2e}	84,4±0,00
Calibri AP	1258±18,38 ^{bc}	840,5±7,7 ^{8b}	417,5±10,61 ^c	1780,5±20,51 ^b	940±12,73 ^b	85,79±0,46
Ello AP	892,5±4,95 ^e	357,5±14,85 ^e	535,0±9,9 ^{0b}	892,0±16,9 ^{7f}	534,5±2,12 ^f	84,82±0,04
Feroz AP	1066,5±23,33 ^d	538,5±33,23 ^{cd}	528±9,90 ^b	1287±67,88 ^{cde}	748,5±34,6 ^{5cd}	71,32±2,08
ORS1405 AP	1152,0±14,14 ^c _d	568,0±16,97 ^{cd}	584,0±2,8 ^{3b}	1322,0±16,97 ^{cd}	754,0±0,00 ^{cd}	85,8±0,28
Madre Pérola AP	1739,5±19,09 ^a	1021,0±16,97 ^a	718,5±2,1 ^{2a}	2218,0±39,60 ^a	1197±22,63 ^a	87,77±0,32

*VP: (mPa.s⁻¹) Viscosidade de pico; VT: (mPa.s⁻¹) Viscosidade de “*trough*” ou transição; VQ: (mPa.s⁻¹) Viscosidade de quebra; VF: (mPa.s⁻¹) Viscosidade final; SV: (mPa.s⁻¹) Viscosidade de “*setback*”, T_{pasta}: (°C) Temperatura de pasta.

Fonte: O autor.

Nota: Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que houve dif

A viscosidade de pico variou de 16 a 1739,5 cP para as amostras Sena PF e Madre Pérola AP, respectivamente. Tais resultados condizem com as análises de *Falling Number* e *Stirring Number*, as quais medem, indiretamente, a atividade de α -amilase presente na farinha de trigo, o que afeta a viscosidade da solução.

A viscosidade de pico gerada através da análise está diretamente relacionada com a capacidade de absorção de água do amido, bem como a relação entre o conteúdo de amilose e amilopectina (Hammed e Simsek, 2018). Baixas viscosidades remetem a um baixo grau de inchaço dos grânulos devido ao maior teor de amilose (Li *et al.*, 2020). Relacionando as amostras analisadas com o mencionado pelos autores pode-se inferir que as amostras que apresentam pouco conteúdo de amido, ou maior de teor de amilose disponível são a Sena PF, Sonic PF, Destaque PF e Ágile PF, devido à redução na viscosidade de pico.

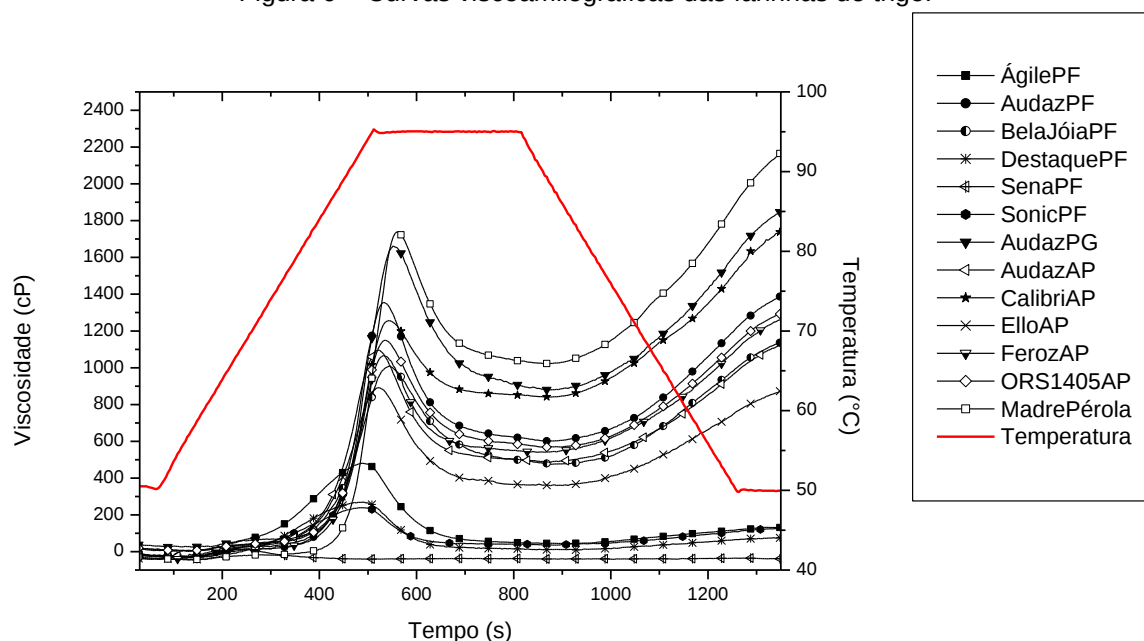
Todas as amostras citadas anteriormente são provenientes da região de Paulo Frontin – PR, podendo justificar o baixo teor de amido devido à forte incidência de chuva na região. Segundo Singh *et al.* (2021) a baixa viscosidade pode indicar a ocorrência da brotação dos grãos durante a pré colheita, onde ocorre o consumo do amido disponível no grão pelos brotos oriundos como consequência das fortes chuvas. Diante disso, por meio da interpretação dos resultados do RVA é possível prever panorama geral do desempenho da cultura ao longo do cultivo. Segundo Moiraghi *et al.* (2019) condições ambientais adversas como, temperaturas altas e

excesso de chuvas durante o desenvolvimento da cultura, podem afetar as propriedades de pasta da farinha de trigo.

Analisando os resultados da Tabela 12 com a curvas na Figura 6, observamos que essas cultivares da região de Paulo Frontin – PR não tiveram a formação de uma pasta durante o aquecimento, uma vez que a temperatura de pasta não foi determinada pelo equipamento durante a análise. Esse comportamento pode ser justificado por uma possível germinação pré-colheita destas amostras, fazendo com que o amido, conteúdo de reserva do grão, fosse consumido durante este processo (Singh *et al.*, 2021). O comportamento dessas amostras foi similar nas análises de *Falling Number* e *Stirring Number*, concordando com o comportamento acima.

A viscosidade representa a resistência que um fluido possui em fluir quando uma tensão é aplicada. Muitos são os fatores que podem afetar a viscosidade do amido durante um processo de empastamento, são eles: deformação dos grânulos, volume dos grânulos inchados, concentração e temperatura. O inchamento dos grânulos está diretamente associado com o conteúdo de amilopectina presente no amido. Durante o aumento da temperatura a associação entre as moléculas de amilose e amilopectina diminui, a partir disso ocorre a penetração de água com maior facilidade iniciando o processo de inchamento dos grânulos (Balet *et al.*, 2019). Segundo Yuan *et al.* (2021) amidos com maior teor de amilose tendem a ter viscosidades mais baixas, devido a restrição do inchaço dos grânulos.

Figura 6 – Curvas viscoamilográficas das farinhas de trigo.



Fonte: O Autor.

Neste estudo as amostras de farinha de trigo que podem indicar maior teor de amilose devido a viscosidade mais baixa são a Sena PF, Sonic PF, Destaque PF, Ágile PF, Ello AP, Feroz AP, Bela Jóia PF e Audaz AP. As maiores viscosidades de pico identificadas foram de 1662,0 e 1739,5 mPa.s⁻¹, para as amostras Audaz PG e Madre Pérola AP, respectivamente. Seguido da Audaz PF, Calibri AP, ORS 1405 AP, Audaz AP e Ello AP. Segundo Imoisi *et al.* (2020) o pico de viscosidade indica a capacidade de retenção de água do amido, ou seja, seu grau de intumescimento. Neste estudo as amostras elencadas anteriormente demonstraram o melhor desempenho.

Ainda segundo Imoisi *et al.* (2020) farinhas com picos de viscosidade mais baixos são indicadas para utilização em produtos que não requerem alta resistência e elasticidade da massa. As farinhas de trigo avaliadas neste estudo possuem tais características para algumas amostras em específico, uma vez que a viscosidade foi moderada e, as demais análises também contribuem para este fim de aplicação.

Através da interpretação dos resultados de viscosidade de quebra (VQ) identificamos a estabilidade da pasta de amido formada durante a gelatinização, uma vez que a mesma representa a sua estabilidade diante a aplicação de uma tensão de cisalhamento e temperatura (Devi, Sindhu e Khatkar, 2020). Neste estudo VQ variou de 59 a 755 cP. Em sua pesquisa, Devi, Sindhu e Khatkar encontraram VQ de 896 cP para uma farinha de trigo mole e 442 cP para uma farinha de trigo duro. Para interpretação do resultado de estabilidade do amido as amostras onde não tiveram formação de pasta foram desconsideradas, diante disso a farinha de trigo que apresenta a melhor estabilidade do amido devido ao seu valor de VQ é a Calibri AP com VQ de 417,5 cP.

Os resultados de viscosidade de *Setback* obtidos por meio do RVA são capazes de mostrar a tendência de retrogradação do amido, ou seja, segundo Hrivna *et al.* (2018) a tendência das cadeias de amilose se rearranjarem após o processo de gelatinização da pasta de amido formada, resulta no aumento acentuado da viscosidade, logo, viscosidades mais baixas indicam uma menor tendência do amido a retrogradação.

Neste estudo, as amostras que indicam maior tendência a retrogradação devido a viscosidade de *setback* são as cultivares Madre Pérola AP, Audaz PG e Calibri AP,

respectivamente. De acordo com os resultados essas são as amostras que indicam maior teor de amilose na farinha de trigo, de acordo com o seu comportamento.

As amostras que apresentaram os menores valores de SV foram Sena PF, Sonic PF, Destaque PF e Ágile PF. Segundo Singh *et al.* (2021) quando ocorre a germinação, seja desejada ou indesejada, como na pré colheita, ela contribui para a degradação das cadeias ramificadas de amilopectina devido a ativação das enzimas hidrolíticas, diante disso ocorre a interferência nas propriedades de pasta da farinha de trigo, reduzindo a tendência a retrogradação.

A temperatura de pasta (TP) indica a facilidade ou dificuldade do amido em gelatinizar, diante disso, quanto menor a temperatura mais facilmente o amido é gelatinizado (Gao *et al.*, 2022). Neste estudo a temperatura de pasta das amostras analisadas não diferiram significativamente entre si, logo, todas as amostras, com exceção das que não formaram pasta, apresentam a mesma facilidade em gelatinizar o amido presente na farinha de trigo.

Os resultados obtidos neste estudo são semelhantes aos encontrados pelos autores Huen *et al.* (2018) os quais analisaram 37 farinhas comerciais quanto aos parâmetros de propriedade de pasta. Para os resultados de viscosidade de pico os autores encontraram valores que variaram de 1498 a 2910, para VQ 761 a 1186, setback 691 a 1337 e temperatura de pasta 58,1 a 62,5°C. No presente estudo alguns resultados para determinadas amostras encontram-se dentro dessa faixa, entretanto algumas amostras apresentaram um comportamento diferente, podendo ser justificado pelo cultivo e incidência de chuvas durante a fase de colheita.

5.5.4 *Falling Number (FN)* e *Stirring Number (SN)*

A medição do *FN* é um método padrão para avaliar a atividade da α -amilase presente naturalmente nos grãos e farinha de trigo (AACC, 2010). O *SN*, por outro lado, também pode ser utilizado para prever a atividade da α -amilase. Assim como o *FN* ele explora a liquefação do amido e pode ser correlacionado com a análise padrão de *FN* (Kisonas *et al.*, 2018). Os resultados de *Faling Number* e *Stirring Number* das farinhas de trigo analisadas neste estudo estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Valores de *Falling Number* e *Stirring Number*.

(continua)		
Variedade	<i>Falling Number</i> (s)	<i>Stirring Number</i> * (cP)
Ágile PF	253±7,34 ^c	717±9,90 ^d

Tabela 13 – Valores de *Falling Number* e *Stirring Number*.

Variedade	<i>Falling Number</i> (s)	(conclusão)
		<i>Stirring Number</i> * (cP)
Audaz PF	334±11,93 ^a	1385±46,67 ^{bc}
Bela Jóia PF	322±2,52 ^a	1415±36,77 ^{bc}
Destaque PF	239±5,69 ^c	439±19,80 ^d
Sena PF	62±0,00 ^d	8±1,41 ^e
Sonic PF	242±5,97 ^c	459±9,90 ^d
Audaz PG	329±6,37 ^a	1345±45,96 ^{bc}
Audaz AP	310±13,52 ^{ab}	1323±14,85 ^c
Calibri AP	327±11,96 ^a	1633±3,54 ^{bc}
Elo AP	288±1,53 ^b	1372±16,26 ^{bc}
Feroz AP	325±15,13 ^a	1675±309,01 ^b
ORS 1405 AP	327±12,62 ^a	1377±118,09 ^{bc}
Madre Pérola AP	333±5,46 ^a	2144±173,95 ^a

*O valor de *Stirring Number* refere-se à viscosidade final da amostra após decorrido o tempo de análise.
Fonte: A autora.

Nota: Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que houve diferença significativa ao nível de 95% ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey entre as cultivares avaliadas.

Avaliando os resultados obtidos, nota-se que os valores para o *FN* variaram significativamente de 62 a 334 s, para as cultivares Sena PF e Audaz PF, respectivamente. No caso do *SN* os valores para a viscosidade variaram de 8 a 2144 cP, para as cultivares Sena PF e Madre Pérola AP, sendo a última cultivar com um *FN* que não diferiu estatisticamente da cultivar Audaz PF.

Os menores resultados de *FN* são atribuídos as cultivares Sena PF, Sonic PF, Destaque PF e Ágil PF, esses resultados podem ser justificados devido às fortes chuvas que atingiram a região no período de colheita do cereal. Segundo He *et al.* (2019), baixos valores de *FN* representam que houve a brotação do grão devido a incidência de chuvas após o grão atingir a maturidade fisiológica e antes de ser colhido, fazendo com que desencadeie reações enzimáticas levando a um aumento da atividade.

Os resultados mais altos para o *FN* foram obtidos através das variedades provenientes da região de Arapoti – PR. Esta região também apresentou fortes chuvas durante a fase de desenvolvimento da cultura, entretanto, pode ser que durante a fase final, próxima a colheita, a precipitação cessou nos locais onde a cultura estava plantada, não afetando sua qualidade.

Pensando na aplicação da farinha de trigo, as indústrias utilizam o *FN* com um critério de aceitação do produto, uma vez que a sua variação ou, valor baixo, pode acarretar o desempenho da produção. Shao *et al.* (2019) trazem que o *FN* e qualidade do uso final da farinha dependem do amido, principal componente da farinha de trigo e sugerem que as mudanças na estrutura do amido possuem impacto nas propriedades de pasta da farinha. Tais mudanças essas que podem ser ocasionadas pelo estresse ambiental.

Os melhores valores de *FN* para aplicação da farinha em panificação estão entre 200 e 350 s, uma vez que valores inferiores a 150 s representam elevada atividade enzimática e valores acima de 350 segundos representam baixa atividade enzimática. Quando se tem o caso de farinha com elevada atividade enzimática, as características finais do pão são comprometidas, podendo se apresentar murchos e avermelhados. Em contrapartida quando ocorre o contrário o pão ficará com coloração pálida e dificuldade de fermentação (Lanzarani *et al.*, 2020).

A determinação do valor de *SN* é realizada por meio do equipamento RVA e pode ser um método alternativo para a determinação indireta da atividade enzimática da farinha de trigo em casos em que o equipamento padrão não esteja disponível. Atualmente na literatura poucos estudos fazem correlação dos valores de *FN* e *SN* quanto a comparação entre os dois métodos.

Kiszonas *et al.* (2018) fizeram uma avaliação da correlação do *FN* e *SN* quanto a atividade da α -amilase para posterior aplicação da farinha de trigo em pão de ló. Durante avaliação dos resultados os autores concluíram que entre os dois métodos ocorreu uma correlação moderada entre eles, $r = 0,70$. No presente estudo, após realizar a correlação de Pearson entre os resultados a correlação entre eles foi de $r = 0,81$, demonstrando-se maior que no estudo citado.

Os resultados de *SN* podem ser comparados com os resultados da propriedade de pasta dispostos na Tabela 12. Nota-se que a viscosidade identificada na análise de *SN* é diretamente proporcional com a viscosidade de pico na análise de RVA, sendo possível, mais uma vez, observar os resultados das cultivares Sena PF e Madre Pérola PF, que demonstraram um comportamento totalmente oposto.

No estudo realizado por Guan *et al.* (2018), os autores analisaram a influência do tamanho de partícula da farinha de trigo com o resultado numérico de *Falling Number*. Eles concluíram que à medida que ocorre redução significativa no tamanho

da partícula, ocorre também a queda acentuada no FN, indicando que o amido se liquefaz mais rapidamente.

5.5.5 Glúten úmido

A formação do glúten na farinha de trigo é obtida após a completa hidratação e homogeneização mecânica da massa. As proteínas do glúten são compostas principalmente por gliadina e glutenina, responsáveis pela elasticidade e extensibilidade da massa, a qualidade das mesmas determinam a funcionalidade da massa e qualidade dos produtos à base de farinha de trigo (Shewry, 2019).

Os resultados para o glúten úmido das amostras de farinha de trigo analisadas estão demonstrados na Tabela 14. Nota-se que o glúten úmido das amostras variou de 25,33 a 43,62%, para as amostras Madre Pérola AP e Sena PF, respectivamente. Balamurugan, Sivabalan e Thamizhselvan (2018) ao analisarem o grão de trigo encontraram valores de 27,52% de glúten. Sendo os resultados deste estudo semelhante ao dos autores.

A quantidade de glúten úmido na massa não define diretamente que ele possui qualidade adequada para a aplicação, uma vez que sua qualidade depende da quantidade das proteínas do glúten presentes, ou seja, uma farinha de trigo com alta quantidade de proteína e glúten não necessariamente será a melhor farinha de trigo em termos de qualidade, uma vez que a composição do glúten varia (Schuster, Huen e Scherf, 2022).

Neste estudo podemos observar esse comportamento para algumas amostras em específico, como por exemplo a Sena PF, a qual apresentou o maior valor de proteína bruta e de glúten úmido, entretanto, nas demais análises de caracterização da farinha de trigo apresentou resultados pouco favoráveis para uma possível aplicação tecnológica.

Tabela 14 – Teor de glúten úmido.

Variedade	(continua)	
	Glúten úmido (g/100 g)	
Ágile PF	37,61±1,03 ^{bcd}	
Audaz PF	31,69±1,01 ^{def}	
Bela Jóia PF	37,61±1,03 ^b	
Destaque PF	36,14±0,30 ^{bc}	
Sena PF	43,62±2,02 ^a	
Sonic PF	34,13±1,92 ^{bcde}	

Tabela 14 – Teor de glúten úmido

Variedade	(conclusão)
	Glúten úmido (g/100 g)
Audaz PG	38,86±0,45 ^{bc}
Audaz AP	30,98±0,22 ^{ef}
Calibri AP	30,18±2,10 ^f
Ello AP	31,44±0,28 ^{def}
Feroz AP	33,93±1,23 ^{cde}
ORS 1405 AP	30,18±1,76 ^f
Madre Pérola AP	25,33±0,42 ^g

Fonte: A autora.

Nota: Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que houve diferença significativa ao nível de 95% ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey entre as cultivares avaliadas.

Um comportamento contrário pode ser observado para a amostra Audaz AP, a qual demonstrou resultados consistentes e constantes para todas as análises realizadas. Essa amostra apresentou glúten de 30,98%, proteína de 12,54% e o W de $366 \cdot 10^{-4}$ J, sendo está amostra a qual apresenta a melhor qualidade do glúten, uma vez que, segundo Jodal e Larsen (2021), o valor de W é um indicador da força do glúten, pois depende da quantidade e qualidade do glúten na massa.

Observamos que as amostras da região de Paulo Frontin PR apresentaram os maiores resultados para o glúten úmido, entretanto, correlacionando com os resultados de proteína e W, notamos um comportamento inverso ao citado anteriormente. Essas amostras demonstraram resultados maiores para a proteína bruta, mas, ao analisar a energia de deformação da massa (W), as cultivares não apresentaram resultados favoráveis, comprovando que a qualidade da proteína não está diretamente associada ao teor da mesma na amostra, conforme mencionado por Schuster, Huen e Scherf (2022) em seu estudo.

Se observarmos as amostras Destaque PF e Ello AP, notamos que ambas apresentaram o mesmo valor para W e valores semelhantes para a proteína bruta, entretanto, a Destaque PF teve glúten úmido maior que a Ello AP. Isso pode ser justificado pelo conteúdo mineral presente na amostra, o qual apresentou valor de 1,03%, enquanto a Ello AP 0,70%, fazendo com que esse conteúdo ficasse retido junto ao glúten no momento da lavagem da massa.

As amostras que apresentaram melhor qualidade para glúten foram as amostras da região de Arapoti PR, sendo a Audaz AP, Calibri AP, Feroz AP e ORS

AP, as quais tiveram resultados moderados para o glúten úmido e proteína bruta, porém a análise reológica comprova a qualidade por meio dos melhores valores para W.

No estudo realizado por Yousaf *et al.* (2019), os autores avaliaram a relação entre os parâmetros reológicos e atributos de qualidade do trigo, ao realizarem a correlação entre o teor de glúten na amostra e a energia de deformação da massa (W), foi encontrada uma correlação positiva entre os parâmetros ($r = 0,68$). No presente estudo, não foi possível estabelecer uma correlação entre tais parâmetros, uma vez que os resultados não se mantiveram constantes devido a qualidade do glúten.

A amostra Madre Pérola AP apresentou o menor valor para o glúten úmido (25,33 g/100 g), assim como para proteína bruta (10,50 g/100 g) e um valor de W intermediário quando comparada as demais amostras. Esta cultivar é conhecida por ser branqueadora segundo Mittelstadt (2023). Em processos de moagem, logo é utilizada em mesclas para melhorar a cor da farinha final, diante disso o valor de W não afetaria uma possível aplicação industrial, uma vez que a porcentagem de branqueador utilizada na mescla é baixa.

O teor alto de glúten em algumas amostras pode ser justificado pela incorporação de farelo na farinha durante a moagem, bem como pelo teor de conteúdo mineral presente na amostra, fazendo com que esses conteúdos fiquem presentes na amostra após a lavagem e se incorporem no peso do glúten úmido. Segundo Liu *et al.* (2020) a presença de farelo na farinha pode contribuir com o aumento da absorção de água e a estabilidade dela, entretanto, afeta negativamente o tempo de desenvolvimento da massa. Alguns autores ainda defendem que a presença de farelo junto a farinha de trigo é capaz de aumentar o valor de W, entretanto reduzir sua extensibilidade.

5.6 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS FARINHAS DE TRIGO

A partir dos resultados apresentados e discutidos nesta pesquisa, nota-se que todas as cultivares demonstraram comportamentos distintos para as análises realizadas. Podendo ser justificado pelas adversidades climáticas enfrentadas durante o período de cultivo do trigo.

Na Tabela 15 está apresentada a correlação de Pearson realizada para as principais variáveis desta pesquisa. Ao analisar os dados é possível observar que diversas variáveis foram correlacionadas positivamente entre si de acordo com o *Software* estatístico, mostrando que tais variáveis são dependentes umas das outras para que demonstrem um desempenho ótimo ou falho da cultura para posterior aplicação.

O PH está correlacionado diretamente com o rendimento da farinha após extração, logo se as condições de cultivo não forem adequadas para um completo e pleno desenvolvimento da cultura o mesmo pode ser comprometido e, conseqüentemente impactar negativamente no uso de trigo para fins de moagem industrial.

Outro ponto interessante para se analisar é o teor de proteína e glúten úmido na farinha de trigo, os quais estão correlacionados positivamente, entretanto, como foi possível observar pelos demais resultados obtidos neste estudo é que na maioria das vezes uma proteína alta não garante que o glúten será de boa qualidade.

O amido danificado foi correlacionado negativamente com os valores *Falling Number*, o que é justificado uma vez que quando se tem uma farinha com os grânulos de amido mais danificados pode ocorrer o desencadeamento de reações enzimáticas da farinha durante o processo de moagem, impactando negativamente nos valores de FN.

De maneira geral foi possível observar que as análises realizadas nesta pesquisa mantêm a concordância entre os resultados das análises e possuem perfil para aplicações tecnológicas no segmento da indústria alimentícia.

No Quadro 2 estão apresentadas as principais características observadas após a discussão dos resultados para cada cultivar, considerando a caracterização realizada, bem como sugestões de aplicação nos segmentos de massas, pães, biscoitos doces e fermentados.

Vale ressaltar que as aplicações sugeridas necessitam de testes mais robustos em escala piloto ou linha de produção, podendo muitas vezes se adequarem para determinados produtos em uma escala, mas quando testados em escala maior pode não ser tão favoráveis devido a heterogeneidade das safras, na maioria dos casos. Diante disso, para se determinar a melhor farinha para um segmento específico de produção a mesma deve ser testada, considerando as particularidades de cada processo e produto a ser fabricado.

Tabela 15 – Correlação de Pearson.

	PH	PMG	Rendimento	Proteína	Umidade	Cinzas	L*	Amido danificado	Estabilidade	L	<i>Falling Number</i>	<i>Stirring Number</i>	Glúten úmido	VP
PH	1,000													
PMG	0,948	1,000												
Rendimento	0,956	0,965	1,000											
Proteína				1,000										
Umidade	0,813	0,863	0,820		1,000									
Cinzas				0,871		1,000								
L*							1,000							
Amido danificado					-0,834			1,000						
Estabilidade			0,857						1,000					
L	0,815		0,826							1,000				
Falling Number								-0,882			1,000			
Stirring Number				-0,844			0,850				0,812	1,000		
Glúten úmido				0,911			-0,848	0,850			-0,846	-0,975	1,000	
VP				-0,836							0,903	0,960	-0,951	1,000

Nota: Correlação significativa ao nível de 95% de confiança. PH: Peso Hectolítrico; PMG: Peso de mil grãos; L*: luminosidade; L: elasticidade; VP: Viscosidade de pico.

Fonte: A autora.

Quadro 2 – Principais características observadas para as cultivares analisadas.

(continua)

Variedade	Características observadas	Sugestão de aplicação
Ágile PF	Cultivar de trigo classificada como Tipo II, apresentou um rendimento de moagem A variedade apresentou conteúdo de proteína consideravelmente elevado e conteúdo de cinza que a classificou como Tipo II. Na análise de Alveografia esta amostra apresentou resultado equilibrado entra as variáveis de elasticidade e extensibilidade, bem como valor de energia de deformação da massa intermediário.	Biscoitos fermentados
Audaz PF	Cultivar de trigo classificada como Tipo II, apresentou um rendimento de moagem considerado de baixo potencial para fins industriais. O conteúdo de proteína e cinzas foram satisfatórios para classificá-la como Tipo I. Na análise de Alveografia esta amostra apresentou resultado equilibrado entra as variáveis de elasticidade e extensibilidade, bem como valor de energia de deformação da massa intermediário.	Pães
Bela Jóia PF	Cultivar de trigo classificada como Tipo I. A cultivar apresentou um dos maiores valores para proteína e ficou classificada como integral devido ao conteúdo de cinzas na amostra, indicando maior incidência da camada de aleurona presente nesta variedade de trigo. Na análise farinográfica esta cultivar apresentou o segundo menor tempo de estabilidade para a massa. Esta cultivar apresentou o segundo maior valor para glúten úmido, entretanto é possível inferir que as proteínas do glúten da farinha não são de qualidade adequada, uma vez que nas demais análises não apresentou comportamento favorável.	Bolos

Quadro 2 – Principais características observadas para as cultivares analisadas.

(continuação)

Variedade	Características observadas	Sugestão de aplicação
Destaque PF	Cultivar de trigo classificada como Tipo I. A farinha de trigo ficou classificada como Tipo II devido ao conteúdo de cinzas. Esta variedade de trigo forneceu a farinha de trigo com coloração mais escura entre todas as cultivares analisadas. Esta cultivar de trigo apresentou farinha com atividade enzimática maior que as demais devido ao valor de <i>Falling Number</i> .	Bolos
Sena PF	Cultivar de trigo classificada como fora de tipo de acordo com o PH e não atingiu extração mínima para fins industriais. Apresentou o maior teor de proteínas e suas cinzas a classificaram como Tipo II. Devido as demais análises realizadas conclui-se que a qualidade das proteínas desta variedade não é alta, uma vez que as análises indicam baixa força do glúten e alta atividade enzimática devido a inexistência de amido, indicado pelo baixo valor de viscosidade de pico na amostra.	Amostra não indicada para testes em produtos alimentícios devido a baixa qualidade apresentada. Entretanto em fins industriais pode ser destinada para alimentação animal e fabricação de cola.
Sonic PF	Cultivar de trigo classificada como Tipo II. Apresentou teor de proteína e cinzas capazes de classificá-la como Tipo I. Esta cultivar também apresentou o segundo maior valor para o teor de amido danificado para a farinha de trigo, indicando que o trigo possui grãos mais duros que as demais. Sendo esta amostra que apresentou a maior absorção de água, menor estabilidade da massa e maior grau de enfraquecimento da massa. A análise de Alveografia demonstrou um perfil de massa muito elástica, entretanto pouco extensível, além disso com energia de deformação da massa mais baixa. Esta cultivar apresentou atividade enzimática maior que as demais, indicado pelo valor de <i>Falling Number</i> .	Bolos

Quadro 2 – Principais características observadas para as cultivares analisadas.

(continuação)

Variedade	Características observadas	Sugestão de aplicação
Audaz PG	Cultivar de trigo classificada como Tipo I. O rendimento de moagem constatou que a cultivar tem excelente potencial para fins de moagem industrial. A farinha obtida foi classificada como Tipo II. Para esta cultivar o equipamento não determinou o grau de enfraquecimento da massa o que pode indicar que a farinha é forte, uma vez que não foi detectado o grau de enfraquecimento para a massa.	Biscoitos fermentados
Audaz AP	Cultivar de trigo classificada como Tipo I. O rendimento de moagem constatou que a cultivar tem excelente potencial para fins de moagem industrial. A farinha obtida após moagem foi classificada como tipo devido ao conteúdo de cinzas. A coloração desta farinha foi a terceira maior entre as variedades analisadas. A farinha de trigo apresentou ótimo valor de estabilidade da massa, se mostrando forte uma vez que a rede de glúten foi sustentada ao longo da análise. Esta variedade de trigo concedeu uma farinha com equilíbrio entre as variáveis de elasticidade e extensibilidade e com valor de W elevado. Isso concorda com os resultados das demais análises realizadas para a cultivar. Logo, esta farinha de trigo é considerada forte.	Pães Massas
Calibri AP	Cultivar de trigo classificada como Tipo I. O rendimento de moagem constatou que a cultivar tem excelente potencial para fins de moagem industrial. Devido ao conteúdo de cinzas a cultivar está classificada como Tipo I. Esta cultivar apresentou o maior valor de estabilidade para a massa e o segundo menor tempo de desenvolvimento. Neste caso, a farinha se apresentou forte, com o glúten de qualidade uma vez que se desenvolveu em pouco tempo e se manteve estável por um período significativo e apresentou o grau de enfraquecimento da massa baixo. Esses resultados são condizentes com o valor de energia de deformação da massa, o qual apresentou o segundo maior resultado para esta amostra. Na análise das propriedades viscoamilográficas foi possível visualizar que esta amostra apresentou o o gel de amido mais estável devido ao menor valor de viscosidade de quebra.	Pães

Quadro 2 – Principais características observadas para as cultivares analisadas.

(continuação)

Variedade	Características observadas	Sugestão de aplicação
Ello AP	Cultivar de trigo classificada como Tipo I. Farinha de trigo classificada como Tipo I. Na análise de Alveografia a cultivar apresentou perfil equilibrado entre as variáveis de elasticidade e extensibilidade da massa, entretanto, com energia de deformação baixa.	Bolos Biscoitos doces
Feroz AP	Cultivar de trigo classificada como Tipo I. Possui potencial para moagem industrial. A farinha obtida foi classificada como Tipo I. Esta variedade de trigo apresentou a segunda farinha com melhor cor quando se requer farinhas mais claras. Esta cultivar não teve o seu grau de enfraquecimento da massa detectada pelo equipamento, podendo indicar que a farinha é forte uma vez que não foi detectado enfraquecimento da rede de glúten com o trabalho mecânico do equipamento sobre a massa.	Pães
ORS 1405 AP	Cultivar de trigo classificada como Tipo I. Possui potencial para moagem industrial. A farinha obtida foi classificada como Tipo I. Entre as cultivares da região de Arapoti esta foi a que apresentou a menor cor. Esta cultivar apresentou o menor teor de amido danificado para a farinha de trigo. Através da análise reológica de Alveografia notou-se que esta amostra se apresentou elástica e pouco extensível, entretanto com valor de energia de deformação da massa considerado alto.	Biscoitos fermentados

Quadro 2 – Principais características observadas para as cultivares analisadas.

(conclusão)

Variedade	Características observadas	Sugestão de aplicação
Madre Pérola AP	Cultivar de trigo classificada como Tipo I. Possui potencial para moagem industrial. Apresentou o menor conteúdo de proteína entre todas as variedades analisadas, devido ao conteúdo de cinzas foi classificada como Tipo I. Esta cultivar de trigo também apresentou a farinha de trigo com luminosidade mais alta, sendo característico dela pois é classificada como uma cultivar branqueadora. Esta amostra de farinha de trigo apresentou o maior valor de viscosidade de pico para amostra, bem como maior tendência de retrogradação do amido.	Bolos Biscoitos doces

Fonte: A autora.

6 CONCLUSÃO

Com os resultados encontrados neste trabalho foi possível verificar o impacto das características físico-químicas e reológicas na qualidade da farinha de trigo, principalmente quando se tem o objetivo de inserir a matéria prima em um segmento de aplicação específico.

A caracterização das farinhas de trigo provenientes de diferentes localidades possibilitou conhecer características específicas para cada cultivar de trigo e, além disso, observar diferença significativa entre os parâmetros avaliados durante o estudo.

As cultivares de trigo coletadas na região de Paulo Frontin demonstraram resultados não tão promissores quando se fala em aplicações industriais que demandem de trigos com maior qualidade. O contrário já foi observado para as regiões de Ponta Grossa – PR e Arapoti – PR, regiões estas que não sofreram tanta incidência de chuvas durante a fase de cultivo e colheita da cultura.

As condições de precipitação adversas enfrentadas durante a fase de cultivo do cereal impactaram negativamente a qualidade dos trigos obtidos para esta pesquisa, principalmente da região de Paulo Frontin, município mais ao sul do Estado do Paraná e que possui a colheita mais tardia, não sendo possível estabelecer de forma concreta qual a melhor cultivar e região para o cultivo e obtenção da farinha de trigo adequada para aplicação e panificação, por exemplo.

Das cultivares avaliadas as amostras que demonstraram os melhores resultados em todas as análises realizadas foram a Audaz AP, Calibri AP e Feroz AP. As mesmas, em função dos valores obtidos, se utilizadas em uma aplicação industrial para panificação, seguramente apresentariam resultados favoráveis, os mais adequados deste estudo para essa finalidade.

Todas as cultivares de trigo, com exceção da Sena PF, analisadas neste estudo atenderam aos padrões legais, conforme estabelecido pelo MAPA, assim como as farinhas de trigo obtidas após processo de extração.

Por fim, pode-se concluir que as amostras apresentaram características compatíveis com aquelas já publicados na literatura, bem como concordância entre as análises realizadas. Desta forma, verificou-se também que as condições climáticas são essenciais para a obtenção de cereais com qualidade adequada para moagem e futuras aplicações industriais.

REFERÊNCIAS

- AACC. **International Approved Methods of Analysis**. 10. ed. St. Paul, 1995.
- ABO-DIEF, M.; BARK, T. A.; YOUOSSEF, M.; MOUSTAFA, A.; Quality of wheat flour and pan bread as influenced by the tempering time and milling system. **Cereal Chemistry**, v. 96, n. 3, p. 429 – 438, 2019.
- AKTAR-UZ-ZAMAN, M. D.; TUHINA-KHANTUN, M. S. T.; HANAFI, M. M.; SAHEBI, M. Genetic analysis of rust resistance genes in global wheat cultivars: an overview. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 31, n. 3, p. 431 – 445, 2017.
- AACC. **International Approved Method of Analysis**. Method 56-81.03: Determination of Falling Number – Final approval November 2, 1972; Reapproval November 3, 1999.
- AACC. **International Approved Method of Analysis**. Method 38-12-02: Wet Gluten, Dry Gluten, Water-Binding Capacity, and Gluten Index – First approval November 8, 2000.
- AACC. **International Approved Method of Analysis**. 9th Edn., The Association, USA, 2000.
- AOAC **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 20th edition, 2016.
- AYDOGAN, S.; SAHIN, M.; AKÇACIK, A. G.; HAMZAOGLU, S.; TANER, S.; Relationship between farinograph parameters and bread volume, physicochemical traits in bread wheat flours. **Journal of Bahri Dagdas Crop Research**, v. 3, n. 1, p. 14 – 18, 2015.
- BAIK, B. K.; DONELSON, T. Grain, flour, and better properties estimating cake baking potential of wheat flour. **Cereal Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 99 – 108, 2022.
- BALAMURUGAN, V. S.; SIVABALAN, S.; THAMIZHSELVAN, I. Determination of gluten level on traditionally treated wheat. **International Journal of Research and Analytical Reviews**, v. 5, n. 3, 2018.
- BALET, S.; GUELPA, A.; FOX, G.; MANLEY, M. Rapid Visco Analyzer (RVA) as a tool for measuring starch-related physicochemical properties in cereals: a Review. **Food Analytical Methods**, v. 12, p. 2344 – 2360, 2019.
- BARAK, S.; MUDGIL, D.; KHATKAR, B. S. Effect of flour particle size and damaged starch on the quality of cookies. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, p. 1342 – 1348, 2014.
- BIEL, W.; JAROSZEWSKA, A.; STANKOWSKI, S.; SABOLEWSKA, M.; KEPINSKA-PACELIK, J. Comparison of yield, chemical composition and farinograph properties of common and ancient wheat grains. **European Food Research and Technology**, v. 247, n. 6, p. 1525 – 1538, 2021.

BOYACI, I. H.; WILLIAMS, P. C.; KOKSEL, H. A rapid method for the estimation of damaged starch in wheat flours. **Journa of Cereal Science**, v. 39, p. 139 – 145, 2004.

BRASIL, MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 38, de novembro de 2010. **Regulamento técnico do Trigo**. Disponível em:

<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>. Acesso em: 12 dez. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

BRESSIANI, J.; ORO, T.; SANTETTI, G. S.; ALMEIDA, J. L.; BERTOLIN, T. E.; GÓMEZ, M.; GUTKOSKI, L. C.; Properties of whole grain wheat flour and performance in bakery products as a function of particle size. **Journal of Cereal Science**, v. 75, p. 269 – 277, 2017

CANKURTARAN, T.; CEYLAN, H.; BILGIÇLI, N. Effect of partial replacement of wheat flour by taro and Jesrusálem artichoke flours on chemical and sensory properties of tarhana soup. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 44, n. 10, p. e14826, 2020.

CAZZANIGA, A.; BROUSSE, M. M.; LINARES, R. A. Variation of color with baking time in snacks made with pregelatinized cassava. **Journal of Food Science**, v. 86, n. 9, p. 4100 – 4109, 2021.

CLARKE, L. C.; SWEENEY, T. S.; DUFFY, S. K.; RAJAURIA, G.; O'DOHERTY, J. V.; The variation in hectolitre weight of wheat grain fed with or without enzyme supplementation influences nutriente digestibility and subsequently affects performance pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrtrionn**, v. 103, n. 2, p. 583 – 592, 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Análise Mensal de Mercado. 2023.

COTOVANU, I.; UNGUREANU-IUGA, M.; MIRONEASA, S.; Investigation of Quinoa seeds fractions and their application in wheat bread production. **Plants**, v. 10, n. 10, p. 2150, 2021.

CUI, C.; CAPORASO, N.; CHEN, J.; FEARN, T. Farinograph characteristics of wheat flour predicts by near infrared spectroscopy with an ensemble modelling method. **Journal of Food Engineering**, v. 359, p. 11689, 2023.

CURTIS, T.; HALFORD, N. G.; Food Security: the challenge of increasing wheat yield and the importance of not compromising food safety, **Annals of Applied biology**, v. 164, n. 3, p. 354 – 372, 2014.

CZAJA, T.; SOBOTA, A.; SZOSTAK, R. Quantification of ash and moisture in wheat flour by Raman spectroscopy. **Foods**, v. 9, n. 3, p. 280, 2020.

DEMIATE, I. M. WOSIACKI, G.; CZELUSNIAK, C.; NOGUEIRA, A.; Analysis of total and reducing sugar in foods. A comparative study between colorimetric and titration techniques. **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e engenharias - Publication UEPG**, v. 8, n. 1, p. 65–78, 2002.

DEVI, A.; SINDHU, R.; KHATKAR, B. S. Effect of fats and oils on pasting and textural properties of wheat flour. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, p. 3836 – 3842, 2020.

DIÓSI, G.; MÓRÉ, M.; SIPOS, P. Role of the farinograph test in the wheat flour quality determination. **Acta University Alimentaria**, v. 8, p. 104 – 110, 2015. DOI: 10.1515/ausal-2015-0010

DUFOUR, M.; CHAUNIER, L.; HUGON, F.; DUGUÉ, A.; KANSOU, K.; SAULNIER, L.; VALLE.; From alveograph test to extensional behavior of wheat four dough. **Reological Acta**, v. 63, p. 179 – 190, 2024.

DUNĂREANU, I. C.; BONEA, D.; Grain yield and hectolitre weight of some wheat cultivars in organic and conventional production systems. **Romanian Agricultural Research**, n. 39, 2022.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United States. Wheat (2022).

FARRAND, E. A. Flour properties in relation to the modern bread processes in the United Kingdom, with special reference to alpha-amylase and starch damage. **Cereal Chemistry**, v. 41, n. 98, p. 99 – 111, 1964.

FERREIRA, E. G. **Estudo para estabelecer os parâmetros de relação entre o teor de sais minerais e a colorimetria na farinha de trigo**. 2019. 62 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2019.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colorimetria – princípios e aplicações na agricultura. **Embrapa Instrumentação**, p. 8-10, 2017.

FICCO, D. B. M.; BELEGGIA, R.; PECORELLA, I.; GIOVANNIELLO, V.; FRENDIA, A. S.; VITA, P. Relationship between seed morphological traits and ash and mineral distribution along the kernel using debranning in Durum Wheats from different geographic sites. **Foods**, v. 9, n. 11, p. 1523, 2020.

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

FOWLER, D. B.; BRIDON, J.; DARROCH, B. A.; ENTZ, M. H.; JOHNSTON, A. M. Enviroment and genotype inflence on grain protein concentrations of wheat and rye. **Afronomy Journal**, v. 82, p. 655 – 664, 1990.

GAO, L.; WU, Y.; WAN, C.; WANG, P.; YANG, P.; GAO, X.; EECKHOUT, M.; GAO, J. Structural and physicochemical properties of pea starch affected by germination treatment. **Food Hydrocolloids**, v. 124, n. PA, p. 107303, 2022.

GAO, X.; TONG, J.; GUO, L.; YU, L.; LI, S.; YANG, B.; WANG, L.; LIU, Y.; LI, F.; GUO, J.; ZHAI, S.; CHENG, L.; REHMAN A.; FARAHNAKY, A.; WANG, P.; WANG, Z.; CAO, X. Influence of gluten and starch granules interactions on dough mixing properties in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Food hydrocolloids**, v. 106, p. 105885, 2020.

GARCIA, J. D. **O trigo brasileiro e a falta de autossuficiência: uma identificação de problemas**, 2011. 50f. Projeto de Pesquisa (MBA – Gestão do Agronegócio) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

GUAN, E.; YANG, Y.; PANG, J.; ZHANG, T.; LI, M.; BIAN, K. Ultrafine grinding of wheat flour: Effect of flour/starch granule profiles and particle size distribution on falling number and pasting properties. **Food Science & Nutrition**, v. 8, n. 6, p. 2581 – 2587, 2020.

GUARIEENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. 2. Ed. Passo Fundo: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1996. 36 p.

GUTIÉRREZ-ALAMO, A.; PÉREZ DE AYALA, P.; VERSTEGEN, M.; DEN HARTOG, L.; VILLAMIDE, M. Variability in wheat: Factors affecting its nutritional value. **World's Poultry Science Journal**, v. 64, n. 1, p. 20 – 39, 2008.

GUTTIERI, M.J.; STARK, J.C.; O'BRIEN, K.; SOUZA, E. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficits. **Crop Science**, v. 41, p. 327–335, 2001.

HAMMED, T. T. A.; SIMSEK, S.; Comparison of physical and chemical properties of wheat flour, fermented yam flour, and unfermented yam flour. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 12, e13844, 2018.

HAMMERMEISTER, A. The Anatomy of Cereal Seed: Optimizing Grain Quality Involves Getting the Right Proportions within the Seed. **Organic Agriculture Centre of Canada**, 2008.

HE, Y.; LIN, Y. L. CHEN, C. TSAI, M. H.; LIN, A. H. M. Impacts of starch and the interactions between starch and other macromolecules on wheat falling number. **Comprehensive reviews in food Science and food safety**, v. 18, n. 3, p. 641 – 654, 2019.

HIDALGO, A.; FONGARO, L.; BRANDOLINI, A.; Wheat flour granulometry determines colour perception. **Food Research International**, v. 64, p. 363 – 370, 2014.

HRIVNA, L.; ZIGMUNDOVÁ, V.; BURESOVÁ, I.; MACO, R.; VYHNÁNEK, T.; TROJAN, V. Rheological properties of dough and baking quality of products using coloured wheat. **Plan Soil Environmental**, v. 64, n. 5, p. 203 – 208, 2018.

HU, Y.; SJBERG, S. M.; CHEN, C.; HAUVERMALE, A. L.; MORRIS, C. F.; DELWICHE, S. R.; CANNON, A. E.; STEBER, C. M.; ZHANG, Z. As the number falls, alternatives to the Hagber-Perten falling number method: A review. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 21, n. 3, p. 2105 – 2117, 2022.

HUEN, J.; BORSMANN, J.; MATULLAT, I.; BOHM, L.; STUKENBORG, F.; HEITMANN, M.; ZANNINI, E.; ARENDT, E. K. Wheat flour quality evaluation from the baker's perspective: comparative assessment of 18 analytical methods. **European Food Research and Technology**, v. 244, p. 535 – 545, 2018.

HUNTERLAB. CIE L*a*b* Color Scale. **Insight on Color**, [S. l.], v. 8, n. 7, p. 1–4, 2008.

IAT – **Instituto de Águas do Paraná**. Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Sistema-de-Informacoes-Hidrologicas>. Acesso em: 13 ago. 2024.

ICC – **International Association for Cereal Science and Technology**. n.161, 1996.

IMOISI, C.; IYASELE, J. U.; IMHONTU, E. E.; IKPAHWORE, D. O.; OKPEBHO. A. O. Pasting Properties of composite of cassava and wheat flours. **Journal of Chemistry Society Nigeria**, v. 45, n. 6 p. 1157 – 1163, 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea - São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JI, T.; MA, F.; BAIK, B. K. Biochemical characteristics of soft wheat grain associated with endosperm separation from bran and flour yield. **Cereal Chemistry**, v. 97, n. 3, p. 566-572, 2020.

JODAL, A. S. S.; LARSEN, K. L. Investigation of the relationship between the alveograph parameters. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 5349, 2021.

JOHANSSON, E.; BRANLARD, G.; CINIBERTI, M.; FLAGELA, Z.; HUSKEN, A.; NURIT, E.; PENA, R. J.; SISSONS, M.; VÁZQUEZ, D.; Genotypic and environmental effects on wheat technological and nutritional quality. In: **Wheat quality for improving processing and human health**. Springer, Cham, p. 171 – 204, 2020.

JUKIC, M.; KOMLENIC, D. K.; MASTANJEVIC, K.; MASTANJEVIC, K.; LUCAN, M.; POPOVICI, C.; NAKOV, G.; JASMINA, L.; Influence of damaged starch on the quality parameters of wheat dough and bread. **Food Technology**, v. 8, n. 3, p. 512 – 521, 2019.

JUKIC, M.; SUMANOVAC, F.; NAKOV, G.; SIMIC, G.; KOMLENIC, D. K.; INANOVA, N.; LUKINAC, J.; Application of the Falling Number method in the evaluation of the α -amilase activity of mal flour. **Applied Sciences**, v. 13, n. 5 p. 3218, 2023.

KALITSIS, J.; MINASNY, B.; QUAIL, K.; MCBRATNEY, A.; Application of response surface methodology for optimization of wheat flour milling process. **Cereals & Graiss Associations**, v. 98, p. 1215 – 1226, 2021.

KISZONAS, A. M.; ENGLE, D. A.; PIERANTONI, L. A.; MORRIS, C. F. Relationships between Falling Number, α -amilase activity, milling, cookie, and sponge cake quality of soft white wheat. **Cereal Chemistry**, v. 95, n. 3, p. 373 – 385, 2018.

KISZONAS, A. M.; MORRIS, C. F. Wheat breeding for quality: A historical review. **Cereal Chemistry**, v. 95, n. 1, p. 17 – 34, 2018.

LANCELOT, E.; FONTAINE, J.; GRUA-PRIOU, J.; LE-BAIL, A.; Effect of long-term storage conditions on wheat flour and bread baking properties. **Food Chemistry**, v. 346, n-128902, 2021.

LANZARANI, D. P.; MARTINS, R. C.; RAUEN, T. G.; BRAVO, C. E. C.; PINTO, E. P.; 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.

LEBERT, L.; BUCHE, F.; SORIN, A.; AUSSÉNAC, T. The wheat aleurone layer: Optimisation of its benefits and application to bakery products. **Foods**, v. 11, n. 22, p. 3552, 2022.

LERMEN, F.; WINTER, L.; GIONGO, M. B.; **Rotulagens de farinhas de trigo e milho: Avaliação de conformidades frente às legislações brasileiras vigentes e pesquisa de mercado sobre as expectativas e satisfações de consumidores**. 2018. 53 f. Projeto (Curso técnico em Agroindústria) - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, São Miguel do Oeste, 2018.

LI, C.; GHITAL, S.; GILBERT, R. G.; GIDLEY, M. J.; High-amylose wheat starch: Structural basis for water absorption and pasting properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 245, p. 116557, 2020.

LI, X.; HU, H.; XU, F.; LIU, Z.; ZHANG, L.; ZHANG, H. Effects of aleurone-rich fraction on the hydration and rheological properties attributes of wheat dough. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 54, n. 5, p. 1777 – 1786, 2018.

LIU, L.; SONG, H.; SHI, K.; LIU, B.; ZHANG, Y.; TANG, L.; CAO, W.; ZHU, Y. Response of wheat grain quality to low temperature during jointing and booting stages – On the importance of considering canopy temperature. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 278, e-107658, 2019.

LIU, N.; MA, S.; WANG, Z.; LI, L.; ZHENG, X.; WANG, X. X. Influence of wheat bran dietary fiber on gluten protein structure during dough fermentation. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n.1, e15035, 2020.

LOPES, R. B.; POSNER, E. S.; ALBERTI, A.; DEMIATE, I. M.; Pre milling debranning of wheat with a commercial system to improve flour quality. **Journal of Food Science and Technology**, v. 59, p. 3881 – 3887, 2022.

LOVERA, M. M. **Qualidade tecnológica de farinha de trigo obtida em diferentes frações do diagrama de moagem**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

MA, W.; YU, Z.; SHE, M.; ZHAO, Y.; ISLAM, S. Wheat gluten protein and its impacts on wheat processing quality. **Frontiers of Agricultural Science and Engineering**, v. 6, n. 3, p. 2779 – 287, 2019. 10.15302/J-FASE-2019267

MARTIN, T. N.; FILHO, A. C.; DEAK, E. A.; CECHIN, J.; BURG, G. M.; GRUN, E.; Variation in the hectolitre weight of wheat grain for equipment and sample size. **Ciência Rural**, v. 52, n. 6, e2020992, 2022.

MEMON, A. A.; MAHAR, I.; MEMONN, R.; SOOMRO, S.; HARNLY, J.; MEMEN, N.; BHANGAR, M. I.; LUTHRIA, D. L. Impact of flour particle size on nutrient and phenolic acid composition of commercial wheat varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 86, e-103358, 2020.

MIRZA, A. A.; PEIVASTEH-ROUDSARI, L.; TAJDAR-ORANJ, B.; BEIKZADEH, S.; BARANI-BONAB, H.; JAZAERI, S. Effect of flour particle size on chemical and rheological properties of wheat flour dough. **Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering**, v. 41, n2, p. 682 – 694, 2022.

MITTELSTADT, J. V.; **Germinação e crescimento de plântulas de genótipos de trigo submetidos a simulação de déficit hídrico**. 2023. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2023.

MOIRAGHI, M.; SCIARINI, L. S.; PAESANI, C.; LEÓN, A. E.; PÉREZ, G. T.; Flour and starch characteristics of soft wheat cultivars and their effect on cookie quality. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, p. 4474 – 4481, 2019.

MUNTEANU, M.; VOICU, G.; STEFAN, E. M.; CONSTANTIN, G. A.; POPA, L.; MIHAILOV, N. Farinograph characteristics of wheat flour dough and rye flour dough. In: **International Symposium of ISB-INMA TEH. Agricultural and Mechanical Engineering, Bucharest, Romania, 29-31 October 2015**. INMA Bucharest, p. 645-650, 2015.

NUTTALL, J. G.; O'LEARY, G. J.; PANOZZO, J. F.; WALKER, C. K.; BARLOW, K. M.; FITZGERALD, G. J. Models of grain quality in wheat – A review. **Field Crops Reserach**, v. 202, p. 136 – 145, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.12.011>
OOMS, N.; DELCOUR, J. A. How to impact gluten protein network formation during wheat flour dough making. **Current opinion in food science**, v. 25, p. 88-97, 2019.

ORTIZ, R.; SAYRE, K. D.; GOVAERTS, B.; GUPTA, R.; SUBBARAO, G. V.; BAN, T.; HODSON, D.; DIXON, J. M.; ORTIZ-MONASTERIO, J. I.; REYNOLDS, M.; Climate

change: Can wheat beat the heat? **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 126, n. 1 – 2, p. 46 – 58, 2008.

PERSEGUELO, F. M.; COELHO, A. R.; SEIBEL, N. F.; Determinação de contaminantes físicos, químicos, microscópicos e qualidade microbiológica do trigo usado para elaboração de farinha integral. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 52473 – 52482, 2020.

PINHEIRO, A. R.; **Utilização do método 6W3H para o aumento na eficiência em uma linha de produção de farinha de trigo**. 2021. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

PINHEIRO, V. J. F.; BARBOSA, I. C. C.; CARDOSO, D. F. S. R.; ROSA, R. M. S. S.; SANTOS, L. P.; NETO, A. M. Quality evaluation of three brands of type 1 wheat flour commercialized in Belém, Pará, Brazil. **Agrarian and Biological Science**, v. 9, n. 8, 2020.

POPA, N. C.; TAMBA-BEREHOIU, R.; POPESCU, S.; TAMBA S. Investigations on predictive modelling of the farinographic parameters. **Scientific Bulletin Biotechnology**, v. 14, p. 50-57, 2010.

POPOVSKA, O. Determination of some flour characteristics. **European Journal of Agriculture and Food Sciences**, v. 5 n. 8, p. 8 – 12, 2023.

PROTONOTARIOU, S.; RITZOULIS, C.; MANDALA, I.; Jet milling conditions impact on wheat flour particle size. **Journal of Food Engineering**, v. 294, e-110418, 2021.

PUTRI, N. A.; SHALIAH, M.; WIDYASNA, A. F.; DAMAYANTI, R. P. A review of starch damage on physicochemical properties of flour. **Food Science and Technology Journal**, v. 2, n. 1, 2020.

RIAZ, A.; PASHA, I.; SHARIF, M. K.; Pearson's correlation between physico-chemical aspects of wheat flour and quality attributes of cookies. **Biological Sciences – PJSIR**, v. 63, n.1, p. 1 – 8, 2020.

SARASWATHI, R.; HAMEED, R. S. Farinograph as a rheological tool to predict the quality characteristics for blend of wheat with pulse flour. **International Journal of Advances in Agricultural Science and Technology**, v. 5, n. 8, p. 146 – 153, 2018.

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A. D.; MIRANDA, M. D.; LIMBERGER, V. M.; Trigo: características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 211 – 222, 2011.

SCHUSTER, C.; HUEN, J.; SCHERF, K. Comprehensive study on gluten composition and baking quality of winter wheat. **Cereal Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 142 – 155, 2022.

SEIDEL, E. P.; FEY, E.; JUNIOR, J. B.BS.; AUGUSTO, J.; COSTA, N. V.; BARILLI, D. R.; Wheat cultivars with agroecological management in the west of Paraná state. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 21, n. 3, p. 230 – 236, 2022.

SHAO, Y.; TSAI, M-H.; HE, Y.; CHEN, J.; WILSON, C.; LIN, A. H-M. Reduction of falling number in soft white spring wheat caused by na increased proportion of spherical B-type starch granules. **Food Chemistry**, v. 284, p. 140 – 148, 2019.

SHARMA, A.; GARG, S.; SHEIKH, I.; VYAS, P.; DHALIWAL, H. S. Effect of wheat grain protein composition on end-use quality. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, p. 2771–2785, 2020. 6

SHEVKANI, K.; SINGH, N.; BAJAJ, R.; KAUR, A.; Wheat starch production, structure, funcionality and applications: a Review. **International jornal os Food Science and Technology**, v. 52, n. 1, p, 38 – 58, 2016.

SHEWRY, P. What is Gluten – Why is it special?. **Frontiers Nutrition**, v. 6, p. 469452, 2019.

SIAH, S.; QUAIL, K. J. Factors affecting Asian wheat noodle color and time-dependent discoloration—A review. **Cereal Chemistry**, v. 95, n. 2, p. 189-205, 2018.

SILVA, E. A. A cultura do trigo em Minas Gerais. **A cultura do trigo**, 2017.

SILVA, R. S.; **Avaliação qualitativa do uso de enzimas em produção de macarrão em escala industrial**. 2022. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás., Goiânia, 2022.

SINGH, A.; BOBADE, H.; SHARMA, S.; SINGH, B.; GUPTA, A.; Enhancement of digestibility of nutrients (*In vitro*), antioxidant potential and functional attributes of wheat flour through grain germination. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 76, p. 118 – 124, 2021.

SMÍDOVÁ, Z.; RYSOVÁ, J.; Gluten-free bread and bakery products technology. **Foods**, v. 11, n. 3, p. 480, 2022.

SOLAH, V. A.; FENTON, H. K.; CROSBIE, G. B.; Wheat: Grain structure os wheat and wheat-based products. **Encyclopedia of Food ana Health**, p. 470 – 477, 2016.

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

TAMBA – BEREHOIU, R. M.; POPA, C. N.; VISAN, L. V.; SIMION, V.; DOBRINOIU, R. V.; DANAILA – GUIDEA, S. M.; Farinografh vs. Alveograph predictive modelling of wheat flours quality. **Agriculture for Life Conference**, p. 586 – 593, 2018.

TSUKAHARA, R. Y. et al. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico do Grupo ABC: Análise Climática da Safra 2022/2022. 2024. Disponível em: Acesso em: 18 ago. 2024.

TSUKAHARA, R. Y.; OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA JUNIOR, J. I. de; FISCHER, P. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico do Grupo ABC: Análise Climática da Safra 2022/2023. 2024. Disponível em: Acesso em: 18 ago. 2024.

THYS, R. C. S.; NITZKE, J. A. Avaliação da Qualidade Tecnológica/Industrial da Farinha de Trigo. 2010.

VAL-MORAES, S. P. Diseases of wheat in Brazil and their management. In: **Management of wheat and barley diseases**. Apple Academic Press, p. 427-442, 2017.

WANG, J.; HASANALIEVA, G.; MADEIRA, L.; MARKELLOU, E.; IVERSEN, P. O.; BERNHOFT, A.; SEAL, C.; BARANSKI, M.; VIGARI, V.; ERNESTO, L.; WILSON, A.; BARKLA, B.; LEIFERT, C.; REMPELOS, L.; Effect of wheat species (*Triticum aestivum* vs *T. spelta*), farming system (organic vs conventional) and flour type (wholegrain vs White) on composition of wheat flour; results of a retail survey in the UK and Germany – 1. Mycotoxin content. **Food Chemistry**, v. 327, e-127011, 2020.

WEN, Y. Q.; LIN, S.; LI, X.; ZHANG, J.; ZHAO, Y.; MA, D.; LI, M.; REN, X.; ZHANG, W. Relationship between wheat flour's quality characteristics and color of fresh wet noodles. **International Journal of Food Properties**, v. 26, n. 1, p. 290 – 300, 2023.

WIESER, H.; KOEHLER, P.; SCHERF, K. A. Chemistry of wheat gluten proteins: Qualitative composition. **Cereal Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 23 – 35, 2022.

WU, F.; LI, J.; YANG, N.; CHEN, Y.; JIN, Y.; XU, X. The roles of starch structures in the pasting properties of wheat starch with different degrees of damage. **Starch**, v. 70, n. 5 – 6, p. 1700190, 2017.

XINYANG, S.; KOKSEL, F.; SCANLON, M. G.; NICKERSON, M. T. Effects of water, salt, and mixing on the rheological properties of bread dough at large and small deformations: A review. **Cereal Chemistry**, v. 99, n. 4, p. 709 – 723, 2022.

XU, M.; HOU, G. G.; MA, F.; DING, J.; DENG, L.; KAHRAMAN, O.; NIU, M.; TRIVETTEA, K.; LEE, B.; WU, L.; BAIK, B-K. Evaluation of aleurone flour on dough, textural, and nutritional properties of instant fried noodles. **LWT**, v. 126, e-109294, 2020.

XUE, C.; ERLEY, G. S. A.; ROSSMANN, A.; SCHUSTER, R.; KOEHLER, P.; MUHLING, K-H. Split Nitrogen Application Improves wheat baking quality by influencing protein composition rather than concentration. **Front Plant Science**, v. 7, p. 738, 2020.

XUE, C.; MATROS, A.; MOCK, H-P.; MUHLING, K-H. Protein composition and baking quality of wheat flour as affected by split nitrogen application. **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 642, 2019.

YOUSAF, S.; IQBAL, H. M.; ARIF, S.; KHURSHID, S.; AKBAR, Q. A. Alveograph Rheological parameters in relation to physicochemical attributes as an indicator of

wheat flour quality. **International Journal of Biology and Biotechnology**, v. 16, n. 2, p. 425 – 431, 2019.

YUAN, T. Z.; LIU, S.; REIMER, M.; ISAAK, C.; AI, Y. Evaluation of pasting and gelling properties of commercial flours under high heating temperatures using Rapid Visco Analyzer 4800. **Food Chemistry**, v. 344, p. 128616, 2021.

ZHANG, Y-R.; WANG, Y-H.; SHEN, J-Q.; GUO, Y-Y.; FEI, Y-X.; YU, X-Y.; ZHANG, G-Z.; GUO, W-M.; YAN, M-H. Effects of wheat flour with different farinograph and pasting characteristics on the surface tackiness of fronzes cooked noodles. **Cereal Chemistry**, v. 99, n. 6, p. 1205 – 1217, 2022.

ZHYGUNOV, D.; TOPORASH, I.; BARKOVKA, Y.; YEHOORSHYN, Y. Comparison of alveograph characteristic of flour obtained from different types of common wheat and spelt wheat. **Grain Products and Mixed Folder**, v. 20, n. 1, 2020.