

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos**



Dissertação

**Efeitos da interação entre genótipos e ambientes dos biomas do Cerrado  
e da Mata Atlântica sobre as propriedades tecnológicas e de panificação  
de grãos de trigo**

**Larissa Alves Rodrigues**  
Engenheira Agrônoma

**Pelotas, 2023**

**Larissa Alves Rodrigues**

**Efeitos da interação entre genótipos e ambientes dos biomas do Cerrado e da Mata Atlântica sobre as propriedades tecnológicas e de panificação de grãos de trigo**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Maurício de Oliveira  
Coorientador: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias  
Coorientador: Pesq. Dr. Igor Pires Valério

Pelotas, 2023

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

R696e Rodrigues, Larissa Alves

Efeitos da interação entre genótipos e ambientes dos biomas do Cerrado e da Mata Atlântica sobre as propriedades tecnológicas e de panificação de grãos de trigo / Larissa Alves Rodrigues ; Maurício de Oliveira, orientador ; Moacir Cardoso Elias, Igor Pirez Valério, coorientadores. — Pelotas, 2023.

71 f.

Dissertação (Mestrado) — Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2023.

1. Qualidade. 2. Fenótipo. 3. Farinha. I. Oliveira, Maurício de, orient. II. Elias, Moacir Cardoso, coorient. III. Valério, Igor Pirez, coorient. IV. Título.

CDD : 664.72272

Larissa Alves Rodrigues

Efeitos da interação entre genótipos e ambientes dos biomas do Cerrado e da Mata Atlântica sobre as propriedades tecnológicas e de panificação de grãos de trigo

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 14/04/2023

Banca examinadora:

Prof. Dr. Mauricio de Oliveira (Orientador)

Doutor em Ciência e tecnologia de alimentos pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.

Antônio Costa de Oliveira

Prof. Dr. em genética pela Purdue University

Felipe Machado Trombete

Dr. em Ciência e tecnologia de alimentos pela Universidade Federal de São João del-Rei

Marcia Arocha Gularte

Doutora em Ciência e tecnologia de alimentos pela Universidade Federal de Pelotas.

**A minha mãe Francisca Renata Peniche Alves (*in memoriam*), cujo empenho em me educar sempre veio em primeiro lugar. Aqui estão os resultados dos seus esforços. Com muita gratidão e saudade, dedico.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por ter me sustentado durante a minha trajetória acadêmica, e por ter renovado a minha fé em momentos que acreditei ter perdido.

Agradeço a quem me educou, me deu amor e me incentivou e ajudou nas tomadas de decisões durante toda a vida; e o único motivo que permitiu a minha continuação logo após a sua passagem deste mundo, minha mãe Francisca Renata Peniche Alves (*in memoriam*) que sempre estará comigo, em minha mente e meu coração. Minha caminhada em busca deste título tem sido muito difícil sem a sua presença física.

Ao meu pai Luiz Conceição Rodrigues e minha irmã Maria Renara Alves Rodrigues pelo apoio e incentivo durante toda a árdua caminhada.

Ao meu Gabriel Brandão, por compartilhar sua vida comigo, e ter me apoiado e dado forças durante os últimos anos.

A minha amiga Ruth Beatriz Silva por nunca ter soltado a minha mão, e por sempre ter estado ao meu lado quando eu precisei.

A minha afilhada Eloyse Alves Freitas, por compreender a minha ausência, e ser a criança mais doce do mundo, e minha melhor amiga.

Ao meu orientador Maurício de Oliveira, por ter feito a diferença na minha pós-graduação, por ter sido atencioso, paciente, e um modelo a qual me serve de inspiração.

Aos meus colegas de laboratório, Silvia, César, Betina, Celina, Lázaro e Newton por toda a orientação, ajuda e ensinamentos no meu trajeto, pelo companheirismo e amizade.

Ao Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS), o qual tenho orgulho em dizer que faz parte da minha trajetória acadêmica e profissional.

***“Tudo o que fizerem, seja em palavra seja em ação, façam-no em nome do Senhor Jesus, dando por meio dele graças a Deus Pai. Colossenses 3:17”***

## RESUMO

RODRIGUES, L.A. **Efeitos da interação entre genótipos e ambientes dos biomas do Cerrado e da Mata Atlântica sobre as propriedades tecnológicas e de panificação de grãos de trigo.** 2023 Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2023.

A região Sul é responsável pela maior produção de grãos de trigo no país, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná. Os parâmetros de qualidade tecnológica, panificação e dos metabólitos do trigo são influenciados pela interação entre o genótipo e o ambiente de cultivos. E considerando que um ambiente que expõe uma cultura a condições climáticas adversas, independente da fase vegetativa da planta como estresse térmico e hídrico, é desfavorável para alguns dos atributos de qualidade do trigo, que são importantes para a indústria. Visto isso, objetivou-se no presente estudo, verificar os efeitos de seis genótipos de trigo cultivados em cinco ambientes sobre os parâmetros de qualidade e panificação.

Com base nas análises realizadas, concluiu – se que o ambiente influenciou o teor de proteína, amido, peso hectolitro e número de quedas, enquanto o genótipo determinou os valores de peso de mil grãos, L, b\* do grão e da farinha, capacidade de retenção de água, capacidade de retenção de carbonato de sódio, tenacidade, extensibilidade e força do glúten. O genótipo Madrepérola quando cultivado no bioma da Mata Atlântica, é indicado para a fabricação de biscoitos. E quando cultivado no bioma do Cerrado é indicado para a fabricação de pão, através da análise de Força do W. E genótipo Guardião mostrou-se mais adequado para o cultivo no bioma do Cerrado.

**Palavras-chave:** Qualidade, Fenótipo, farinha.

## ABSTRACT

RODRIGUES, L.A. **Effects of the interaction between genotypes and environments of the Cerrado and Atlantic Forest biomes on the technological and baking properties of wheat grains**, 2023 Dissertation (Master in Food Science and Technology)–Graduate Program in Food Science and Technology. Federal University of Pelotas, Pelotas, 2022.

The South region is responsible for the largest production of wheat grains in the country, mainly in the states of Rio Grande do Sul and Paraná. The parameters of technological quality, baking and wheat metabolites are influenced by the interaction between the genotype and the growing environment. And considering that an environment that exposes a crop to adverse weather conditions, regardless of the vegetative phase of the plant such as thermal and water stress, is unfavorable for some of the quality attributes of wheat, which are important for the industry. Given this, the objective of this study was to verify the effects of six wheat genotypes grown in five environments on quality and baking parameters.

Based on the analyzes carried out, it was concluded that the environment influenced the protein, starch, hectoliter weight and number of falls, while the genotype determined the values of thousand grain weight, L, b\* of grain and flour, capacity water holding capacity, sodium carbonate holding capacity, tenacity, extensibility and gluten strength. The Madrepérola genotype, when cultivated in the Atlantic Forest biome, is indicated for the manufacture of biscuits. And when cultivated in the Cerrado biome, it is indicated for the manufacture of bread, through the W Strength analysis. The Guardião genotype proved to be more suitable for cultivation in the Cerrado biome.

**Keywords:** Quality, Phenotype, flour.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Composição do grão de trigo -----	5
Figura 2: Distribuição espacial das amostras-----	12
Figura 3: Propriedades da Alveografia-----	16

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de produção de trigo dos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Minas Gerais -----	04
Tabela 2: Classes do trigo do Grupo II destinado à moagem e outras finalidades	
Tabela 3: Finalidade do trigo em relação ao falling number-----	08
Tabela 4: Lista de genótipos e suas características de classificação, dureza e ciclo-----	11
Tabela 5: Delineamento experimental -----	13
Tabela 6: Análise de variância do genótipo e ambiente de cultivo de Composição Proximal-----	13
Tabela 7: Composição proximal de genótipos de trigo cultivados em diferentes ambientes-----	18
Tabela 8: Análise de variância do genótipo e ambiente de cultivo de Teor de defeitos-----	18
Tabela 9: Teores de grãos avariados, picados e chochos de genótipos de trigo cultivados em diferentes ambientes -----	24
Tabela 10: Análise de variância do genótipo e ambiente de cultivo de Peso hectolitro e Peso de mil grãos-----	24
Tabela 11: Peso hectolitro e peso de mil grãos de genótipos de trigo cultivados em diferentes ambientes-----	29
Tabela 12: Análise de variância do genótipo e ambiente de cultivo de Cor do grão e Cor da farinha-----	29
Tabela 13: Perfil colorimétrico dos grãos de genótipos de trigo cultivados em diferentes ambientes-----	33
Tabela 14: Perfil colorimétrico da farinha de genótipos de trigo cultivados em diferentes ambientes-----	33
Tabela 15: Análise de variância do genótipo e ambiente de cultivo de Capacidade de retenção de solvente e número de queda -----	37
Tabela 16: Capacidade de retenção de solvente de genótipos de trigo cultivados em diferentes ambientes-----	40
Tabela 17: Número de queda de genótipos de trigo cultivados em diferentes ambientes-----	40

Tabela 18: Análise de variância para Tenacidade, Extensibilidade e Força de Glúten de diferentes genótipos cultivados em diferentes ambientes-----46

Tabela 19: Alveografia de genótipos cultivados em diferentes ambientes-----47

Sumário	
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	2
2.1. Objetivo geral .....	2
2.2. Objetivos específicos .....	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
3.1. Cadeia produtiva .....	3
3.1.1. Produção de trigo no Brasil .....	4
3.2. Estrutura e Composição Química .....	4
3.3. Genótipo e Ambiente .....	6
3.4. Qualidade Industrial .....	7
3.4.1. Propriedades Tecnológicas.....	9
3.4.1. Propriedades de Panificação .....	10
3.5. Importância Nutricional .....	11
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	12
4.1. Materiais.....	12
4.2. Delineamento experimental.....	13
4.3. MÉTODOS .....	14
4.3.1. Composição Proximal .....	14
4.3.2. Teor de Defeitos.....	14
4.3.3. Peso Hectolitro.....	15
4.3.4. Peso de Mil Grãos.....	15
4.3.4. Perfil Colorimétrico.....	15
4.3.6. Capacidade de Retenção de Solventes (SRC) .....	15
4.3.7. Número de queda .....	16
4.3.8. Alveografia .....	16
4.3.9. Análise estatística .....	16
4.4. RESULTADOS .....	17
4.4.1. Composição Proximal .....	17
4.4.1.1. Proteína.....	20
4.4.1.2. Lipídio.....	20
4.4.1.3. Amido .....	20
4.4.1.4. Cinzas .....	20
4.4.1.4. Fibras .....	21
4.4.2. Teor de Defeitos.....	21

4.4.2. Teor de avariados .....	24
4.4.2. Teor de grãos picados.....	24
4.4.2. Teor de grãos chochos.....	24
4.4.3. Peso hectolitro e peso de mil grãos .....	25
4.4.4. Perfil Colorimétrico .....	28
4.4.4.1. Cor do Grão .....	28
4.4.4.2. Cor farinha .....	33
4.4.5. Capacidade de Retenção de Solventes (SRC) .....	35
4.4.5.1. Capacidade de retenção de água .....	38
4.4.5.2. Capacidade de retenção de carbonato de sódio.....	38
4.4.5.3. Capacidade de retenção sacarose.....	38
4.4.5.4. Capacidade de retenção ácido láctico .....	38
4.4.6. Número de Queda.....	39
4.4.7. Alveografia .....	41
4.5. DISCUSSÃO .....	45
4.5.1. Composição Proximal .....	45
4.5.2. Teor de Defeitos.....	46
4.5.3. Peso hectolitro e Peso de mil grãos .....	46
4.5.4. Perfil Colorimétrico .....	47
4.5.4.1. Cor do Grão .....	47
4.5.4.2. Cor da Farinha .....	47
4.5.5. Capacidade de Retenção de Solventes (SRC) .....	48
4.5.6. Número de Queda.....	49
4.5.6. Alveografia .....	50
5. CONCLUSÕES .....	51
6 REFERÊNCIAS .....	52

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de grãos de trigo no Brasil aumentou na safra de 2022 em relação as safras passadas, onde a região Sul do país é responsável por 90% da produção nacional, principalmente os estados do Rio Grande do Sul e Paraná. No entanto, essa expansão na produção e produtividade ao longo dos anos é observada em todos os estados produtores do Brasil, entre eles, o estado de Minas Gerais. Apesar do crescente aumento da produção de trigo no Brasil, a oferta do país ainda é baixa, não conseguindo suprir a demanda brasileira desses grãos, necessitando importar uma grande quantidade de trigo de outros países. Visto a alta demanda desse alimento, avanços no melhoramento vêm sendo realizados, a fim de desenvolver novos genótipos que sejam adaptáveis aos demais estados brasileiros.

Devido a sua composição rica em carboidratos e proteínas, e estando presente na dieta básica da população, principalmente, como fonte de energia, o trigo apresenta papel indispensável na alimentação humana. Além do consumo humano, os grãos de trigo são utilizados como matéria prima em diversos produtos, tais como ração, produtos industriais e biocombustíveis, e isso ocasiona um aumento contínuo na demanda.

Os parâmetros de qualidade tecnológica, panificação e dos metabólitos do trigo são influenciados pela interação entre o genótipo e o ambiente de cultivos. O perfil de metabólitos disponíveis nos grãos está diretamente relacionado aos estímulos externos que a planta recebe principalmente na fase de enchimento de grãos. No entanto, considerando que um ambiente que expõe uma cultura a condições climáticas adversas, independente da fase vegetativa do grão como estresse térmico e hídrico, é desfavorável para alguns dos atributos de qualidade do trigo que são importantes na indústria.

Apesar das diversas finalidades, o principal produto resultante do beneficiamento do trigo é a farinha, sendo obtida pela moagem do grão e oriundo do endosperma do trigo. A farinha de trigo é rica em nutrientes e apresenta uma diversidade de aplicações na indústria de alimentos. Com isso, o presente estudo teve como objetivo verificar efeitos do genótipo e do ambiente de cultivo sobre os parâmetros de qualidade e panificação de trigo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Analisar a influência do genótipo e do ambiente de cultivo sobre os parâmetros de qualidade e de panificação de grãos de trigo

### **2.2. Objetivos específicos**

- Analisar a influência do genótipo sobre a qualidade tecnológica e a aplicabilidade do trigo na indústria;
- Avaliar o efeito do ambiente de cultivo sobre a qualidade de panificação da farinha de trigo;
- Estudar a interação de genótipos cultivados no cerrado brasileiro e da mata atlântica.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Cadeia produtiva

Pertencente à família das *Poaceas*, subfamília *Pooideae* e ao gênero *Triticum*, o trigo é uma cultura anual que é cultivada em estações frias. Juntamente com o arroz e milho, formam os três cereais mais cultivados no mundo. Atualmente, a União Europeia é o maior produtor mundial de trigo, com aproximadamente 153 milhões de toneladas, seguido pela China (130 milhões de toneladas), Índia (98 milhões de toneladas) e Rússia (83 milhões de toneladas) (ABITRIGO, 2022).

Apesar de ter sua origem incerta, acredita-se que o trigo seja originário da Ásia (10.000 a 15.000 a.C.). O cultivo do trigo foi introduzido na América através de colonizadores Europeus, onde iniciou-se seu cultivo no Brasil em 1534. Na segunda metade do Século XVIII, a cultura do trigo começou a se estabelecer no Rio Grande do Sul, porém no começo do Século XIX a ferrugem dizimou os triguais. O plantio só foi retomado em 1920. A partir da década de 40 as plantações de trigo começaram a expandir no Rio Grande do Sul e no Paraná, tornando-se os principais estados produtores no Brasil na atualidade (ABITRIGO, 2019).

De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB 2022), a produção de trigo na safra de 2022 foi 22% maior que a da safra passada (2021), com 9.365,9 mil toneladas produzidas (Tabela 1) em 3.029,9 mil há de área plantada.

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Trigo (ABITRIGO, 2022), a farinha consumida no país é dividida em cinco nichos de mercado, onde 56% são destinada à panificação, 15% para produção de massas, 10% para biscoitos, bolachas e cookies, 10% para uso doméstico e 9% para outros segmentos. No Brasil, o consumo per capita de farinha de trigo aumentou de 44,8 para 45,6 kg/ano entre os anos de 2017 e 2018 (ABITRIGO, 2019). A mesma associação, também contabilizou o consumo mundial de trigo, sendo de 791.120 milhões de toneladas no ano de 2021, e só o Brasil, obteve consumo de 12.500 milhões de toneladas (ABITRIGO, 2022).

Tabela 1. Dados de produção de trigo dos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Minas Gerais

	Brasil	RS	PR	MG
Produção	9.501 mil t	4.560,1 mil kg	3.624,0 mil kg	298,7 mil kg
Área plantada	3.052 mil há	1.431,3mil há	1.187,3 mil há	108,9 mil ha
Produtividade	3.052 mil há	3.185,98kg/há	3.052,98 kg/ha	2.742,88 kg/ha

Fonte: ABITRIGO (2022).

### 3.1.1. Produção de trigo no Brasil

O trigo possui grande relevância na dieta alimentar e é cultivado em ampla gama de ambientes e regiões geográficas. O cereal ocupa mais de 17% da terra cultivável no mundo e representa aproximadamente 30% da produção mundial de grãos (LAMANNA et al., 2011).

No Brasil, o cultivo do trigo ocorre principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, que são locais que permitem o melhor desenvolvimento da cultura, uma vez que as características climáticas apresentam temperaturas amenas durante o ciclo de cultivo do trigo. No entanto, nos últimos anos também houve incremento na produção de trigo em São Paulo, Minas Gerais e em alguns estados que pertencem ao cerrado brasileiro.

Estima – se que na safra de 2022, no estado de Minas Gerais ocorra uma expansão de 48,8% da área semeada, quando comparado ao ano de 2021, e com aumento de 17,1% de produtividade. Dessa forma, é esperado um aumento de produção total de aproximadamente 74,2% (CONAB, 2022).

### 3.2. Estrutura e Composição Química

Basicamente, o grão de trigo é constituído por três partes principais, que são o pericarpo, endosperma e gérmen (Figura 1). O pericarpo, é constituído por seis camadas, que são a epiderme, hipoderme, células cruzadas, células tubulares, testa e tecido nucelar. Considerando o grão seco, estas camadas compreendem cerca de 16 a 21% do grão. O endosperma, é a camada mais interna do grão, possuindo elevadas quantidades de amido, e é envolvido pela camada de aleurona. O mesmo compreende certa de 80 a 85% do grão. E o gérmen, que é considerado a parte embrionária da cariopse, compreende certa

de 3 a 4% do grão, e possui elevadas quantidades de lipídeos, enzimas e vitaminas (DELCOUR e HOSENEY, 2010).

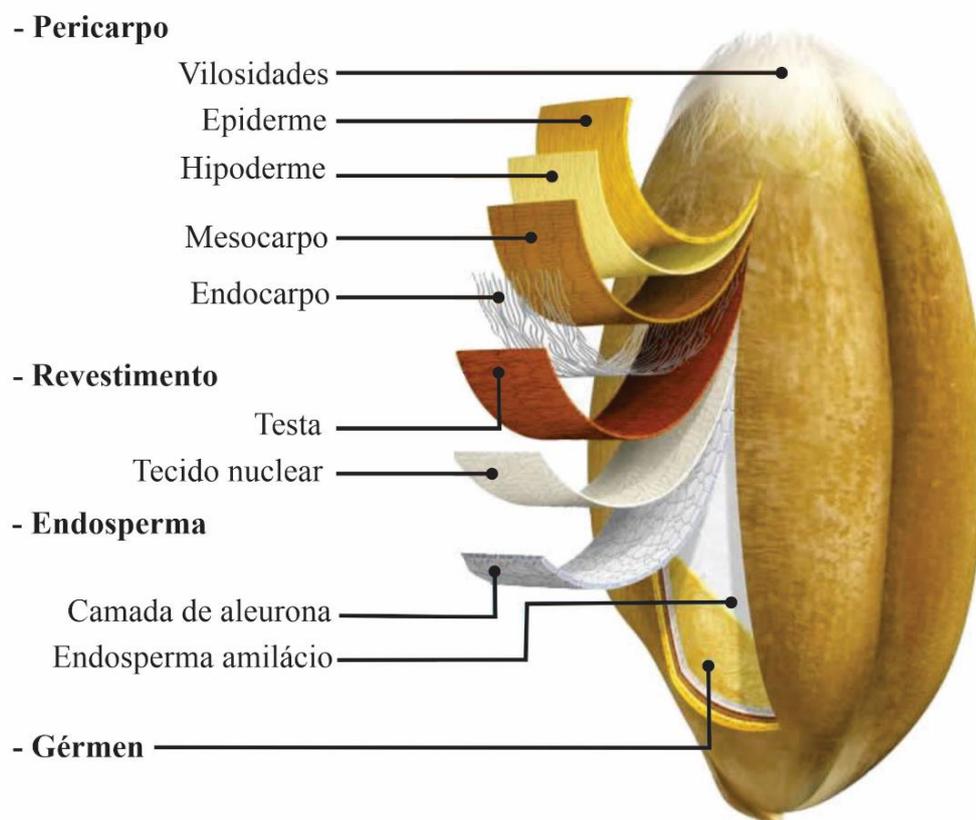


Figura 1. Composição do grão de trigo  
Fonte: Adaptado de Nabim (2019).

Como foi citado anteriormente, o amido do trigo é concentrado no endosperma, e é o carboidrato em maior quantidade do grão. Os grânulos do amido são formados pela amilose e amilopectina, visto que ambos são polissacarídeos, e possui estrutura linear, possuindo várias ramificações em sua molécula, respectivamente (SHEWRY e HEY, 2015).

As proteínas são divididas em quatro classes, denominadas: albuminas, globulinas, gliadinas e gluteninas. As gliadinas e gluteninas são as proteínas de maior interesse no grão de trigo, pois constituem a rede de glúten, correspondendo a 80-85% do total de proteína do trigo, enquanto as albuminas e globulinas representam apenas 15-20% da proteína do grão (SINGH, S. et al, 2011).

Há também, outros compostos presentes no grão de trigo, no entanto, em menores quantidades, comparado com a proteína e o amido, como os lipídeos, fibras, vitaminas e minerais. Além da presença dos compostos bioativos que estão presentes principalmente na camada de aleurona e pericarpo, que são comumente associados a saúde humana (LACHMAN et al., 2017).

### **3.3. Genótipo e Ambiente**

O desenvolvimento de novos genótipos, e sua relação com os mais variados cenários ambientais possíveis, permite uma diversificação na produção e na qualidade dos grãos produzidos, onde o estudo dessa interação deve ser estudado, a fim de aumentar a produção e a qualidade desses grãos para a indústria (STUDNICKI, et al 2016).

Com isso, os fatores genéticos e ambientais influenciam a qualidade das farinhas, visto que a origem geográfica da planta está diretamente relacionada aos atributos de qualidade do trigo. Interferências externas, como chuva, temperatura e características do solo, têm grande impacto no metabolismo da planta, influenciando na formação e nos constituintes do grão (LAMANNA et al., 2011). O melhoramento genético tem sido de grande importância para a triticultura brasileira, principalmente através do desenvolvimento de novos genótipos, adaptáveis as diferentes regiões de cultivo. No entanto, a qualidade do grão pode ser significativamente melhorada através das práticas de manejo e pela exploração do sinergismo entre o genótipo e o ambiente, implicando na melhora das propriedades tecnológicas e de panificação (KONG et al., 2013).

### 3.4. Qualidade Industrial

O principal produto resultante do beneficiamento do trigo é a farinha, produto obtido pela moagem do grão *Triticum aestivum* e oriundo do endosperma do trigo limpo e sadio (COSTA et al., 2008). A farinha de trigo apresenta diversas aplicações na indústria de alimentos, sendo muito importante para a nutrição humana (COSTA et al., 2008). As características nutricionais e tecnológicas da farinha de trigo são influenciadas pelas condições de cultivo, colheita, secagem e armazenamento dos grãos de trigo, processo de obtenção da farinha, transporte e armazenamento do produto (COSTA et al., 2008).

Após a etapa da colheita, os grãos de trigo devem passar por algumas etapas que antecedem a industrialização, que são a pré-limpeza, secagem, limpeza e armazenamento. E antes do processamento, devem ser realizadas diversas análises afins de definir a qualidade industrial do trigo, e posteriormente, adequar a sua finalidade.

A etapa inicial do processo de adequação do trigo, é a produção da farinha, onde basicamente é realizada uma etapa de umidificação do grão, com o intuito de simplificar a separação do endosperma do farelo. Posteriormente, é realizado a quebra do grão, e redução das partículas em equipamento específico, obtendo três frações do grão, que são a farinha, farelo e o gérmen (BRANDÃO e LIRA, 2011). A farinha é utilizada na fabricação de pães, massas e biscoitos, além de ser utilizada em formulações industriais de outros tipos de alimentos, possuindo inúmeros usos domésticos e é empregada na fabricação de cola. O farelo é utilizado nas fábricas de rações para animais, e como complemento vitamínico e fornecedor de fibras em alimentos dietéticos e em cereais matinais. O gérmen de trigo é empregado em grande parte pela indústria farmacêutica, onde são extraídos o óleo e complexo vitamínico. Sua utilização também ocorre em fábricas de rações para animais e como complemento dietético (IDUGEL, 2012).

A partir da produção da farinha, é realizado as análises que definem a finalidade do trigo em questão, e geralmente, são análises que estão relacionados as características físico-químicas e propriedades reológicas das farinhas. O ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) possui uma Instrução Normativa denominada N°38/2010, onde apresenta as

características de determinação de classe e tipificação de trigo do Grupo II, que está apresentada abaixo, na tabela 2.

Um dos parâmetros de maior importância para a indústria do trigo, é a designação de trigo mole e trigo duro, onde a caracterização está diretamente relacionada ao baixo e alto valor proteico. O trigo mole é recomendado para a produção de biscoitos e bolos, e o trigo duro, geralmente é destinado para a produção de pães e massas de alta qualidade (SCHEUER et al., 2011).

Tabela 2. Classes do trigo do Grupo II destinado à moagem e outras finalidades

Classes	Força do Glúten (10 <sup>-4</sup> J)	Estabilidade (minutos)	Número de queda (Segundos)
Melhorador	300	14	250
Pão	220	10	220
Doméstico	160	6	220
Básico	100	3	200
Outros usos	Qualquer	Qualquer	Qualquer

Fonte: MAPA, 2010.

As cultivares de trigo em alguns países, como Canadá e Estados Unidos, são classificadas segundo a estação do ano em que são cultivadas como trigo de inverno (semeado no outono, fica sob a neve no inverno e brota na primavera) ou de primavera (semeado na primavera e colhido no outono); pela dureza do grão, como trigo duro e mole; e pela cor do grão, como vermelho ou branco; características essas ligadas ao conteúdo de proteína e amido. No Brasil há apenas uma safra de trigo, que é considerada cultura de inverno (semeado desde fevereiro na região central até julho no sul do país, e colhido de julho até dezembro), respectivamente. Além disso, outro parâmetro de importância para a indústria, visto que é um indicativo de qualidade, é a atividade enzimática do trigo.

O propósito do número de queda é verificar possíveis danos causados pela germinação dos grãos, uma vez que durante o processo germinativo algumas reservas são consumidas e ocorre o processo de ativação enzimática. Através do número de queda pode-se estimar, por exemplo, a capacidade de

fermentação de uma massa, por isso é considerada uma análise determinante para as farinhas, principalmente, quando destinadas à panificação (LÉON, 2007; VÁZQUEZ, 2009).

#### **3.4.1. Propriedades Tecnológicas**

O trigo é considerado um “cereal nobre”, visto que é o único grão que consegue formar uma massa viscoelástica quando a farinha é misturada com água. Esta característica deve-se à estrutura formada por suas proteínas (glúten). Sua massa é capaz de reter os gases produzidos durante o processo de fermentação, para a produção de pães, conferindo ao produto final textura e estrutura únicas (GUTKOSKI, 2011).

A qualidade do grão de trigo é o resultado da interação das condições de cultivo, como interferência do solo, clima, pragas, manejo da cultura e das operações de colheita, secagem e armazenamento (COSTA et al., 2008). A qualidade tecnológica do trigo é afetada por diferentes fatores, como teores de proteína e de amido danificado, tamanho de partículas da farinha e atividade enzimática (TORBICA et al., 2016).

Os variados produtos obtidos a partir de farinha de trigo, tais como pães, biscoitos, bolos, e massas, possuem características totalmente diferentes e, por isso, necessitam de matéria-prima com características específicas para sua finalidade. Neste sentido, a qualidade tecnológica da farinha é um fator determinante nas características do produto final (TORBICA et al., 2016).

Segundo Gagliardi et al (2020) o rendimento da extração da farinha de trigo está associado com a interação entre o amido e a matriz proteica no endosperma, e por isso, é considerado um parâmetro que varia entre genótipos.

A destinação da farinha determina os parâmetros para avaliação da qualidade tecnológica do trigo, dessa forma, os parâmetros mudam conforme o destino industrial que se dará à farinha originada dos diversos tipos de trigo. A identificação das propriedades de farinhas através de testes específicos para cada tipo de produto possibilita a seleção de genótipos com características adequadas a cada uso industrial (COSTA, 2013).

Os parâmetros realizados nos grãos para determinação da qualidade, são os físicos: peso hectolitro, peso de mil grãos, dureza e cor dos grãos, e físico-químicos, como umidade, cinzas, teor de proteína e número de queda. E na

farinha de trigo, a qualidade é determinada por parâmetros físico-químicos e reológicos, sendo comumente verificados umidade, cinzas, proteínas, número de queda, teor e força de glúten, absorção de água, propriedade de mistura, capacidade elástica e extensível da massa, capacidade de retenção de gás, e volume do pão (GUTKOSKI, et al, 2008).

#### **3.4.1. Propriedades de Panificação**

Por ter glúten na composição das farinhas de trigo, esta possui maior aptidão para aplicação na panificação, pois as características plásticas da rede de glúten propiciam, que o gás carbônico produzido durante a fermentação de uma massa seja retido, possibilitando o crescimento da mesma. Além disso, o glúten confere as propriedades de viscosidade, extensibilidade, elasticidade, coesão, absorção de água. A ineficiência ou redução da quantidade e qualidade das proteínas formadoras do glúten em uma massa causa a diminuição dos atributos de consistência, coesão e extensibilidade. Essa diminuição causam um aumento na velocidade de deterioração da qualidade final do pão elaborado, causando impacto direto sobre a textura, sabor, vida de prateleira, aparência e volume específico (ATWELL & FINNIE, 2016; SUN et al., 2019).

A qualidade dos produtos oriundos da indústria de panificação depende das características das gliadinas, gluteninas e amidos, que estão presentes na farinha de trigo. A sua estrutura e composição serão responsáveis por iniciar processo de formação da rede proteica que retém os gases produzidos durante a etapa de fermentação.

As proteínas (gliadina e glutenina) possuem um papel específico dentro da massa viscoelástica formada da farinha de trigo, visto que os polímeros de glutenina devido ao seu grande tamanho, formam uma rede capaz de fornecer resistência à deformação (força). Em contrapartida, as gliadinas monoméricas são responsáveis por atuar como plastificantes, dessa forma fornecem a massa plasticidade e viscosidade. Portanto podemos dizer que a gliadina é responsável pela viscosidade da massa e é uma proteína pouco elástica, e as gluteninas são elásticas e não viscosas (DAMODARAN, 2007).

Visto a grande diversidade de farinhas de trigo, é necessária a utilização de vários métodos para determinar as características de umidade, acidez, cinzas, proteína, falling number, teor e força de glúten, absorção de água,

propriedades de mistura, capacidade elástica e extensível da massa e volume do pão. Os métodos mais utilizados são os relacionados com as características reológicas da massa, a partir de sistemas simples de mistura de água e farinha. Existe uma série de equipamentos para medir estas propriedades, tais como farinógrafo, extensógrafo e alveógrafo (DOBRASZCZYK; MORGENSTERN, 2003).

Esses testes da massa são utilizados para avaliar o potencial de panificação, ou seja, a força e o desempenho da farinha sob condições mecanizadas. Os objetivos principais nestes tipos de testes de farinha são acompanhar e controlar os parâmetros específicos da farinha e prever o comportamento da massa em uma padaria convencional (OLIVER; ALLEN, 1992). A definição de uso final de uma farinha deve ser feita após a avaliação conjunta destes resultados (CALDEIRA et al., 2003). O Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos (ICTA) elaborou uma tabela que caracteriza as finalidades de produtos da farinha de trigo de acordo com os parâmetros avaliados pelo Falling Number, que segue abaixo na Tabela 3.

Tabela 3. Finalidade do trigo em relação ao número de queda (Falling Number)

Características	Massas	Pães	Bolos	Biscoitos fermentados	Biscoitos doces
Falling Number (segundos)	+350	225-275	200-250	225-275	200-250

Fonte: ICTA (2014).

### 3.5. Importância Nutricional

O grão de trigo é um dos cereais mais produzidos em volume no mundo, por ser considerado uma importante fonte de proteínas, macro e micronutrientes (FAO, 2015). Em grande parte dos países que produzem produtos alimentares à base de trigo, é utilizado como matéria-prima a farinha que é o endosperma refinado a partir da exclusão do germe e camadas periféricas durante a moagem e processamento dos grãos. A concentração de proteína e de nutrientes minerais em grãos e conseqüentemente, nas farinhas sofre grande influência do genótipo

utilizado e do local de cultivo (CALDERINI e ORTIZ-MONASTERIO, 2003; GAO et al., 2012).

Apesar da concentração de proteína do grão esteja relacionada a qualidade de panificação (ABEDI et al., 2010), a composição nutricional do grão é um dos fatores críticos para a fabricação de um pão de qualidade, pois a concentração de minerais, em especial Fe e Zn, possui grande relevância, devido a ampla ocorrência de deficiência em seres humanos. No entanto, são vários os elementos essenciais para a vida humana que ocorrem na farinha, entre eles estão, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu e Mn (BOUIS e WELCH, 2010).

Todas as camadas que constituem o grão de trigo, principalmente as três principais, contribuem com a ingestão de uma quantidade significativa de carboidratos, fibras e proteínas na dieta humana (BROUNS et al., 2013). E por isso, diversas Instituições envolvidas em pesquisas no âmbito de nutrição alimentar recomendam que a ingestão calórica da população seja através de cereais, especialmente do trigo, para que se tenha uma dieta considerada saudável (JONES et al., 2015).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Material**

Os genótipos de trigo Destak, 1403, Madrepérola, Senna, Feroz e Guardiã foram produzidos em cinco ambientes de cultivo, sendo nos estados do Rio Grande do Sul (Passo Fundo), Paraná (Arapoti e Arapongás) e Minas Gerais (Uberaba e São Gotardo) e obtidos através da empresa OR Sementes (Figura 2).

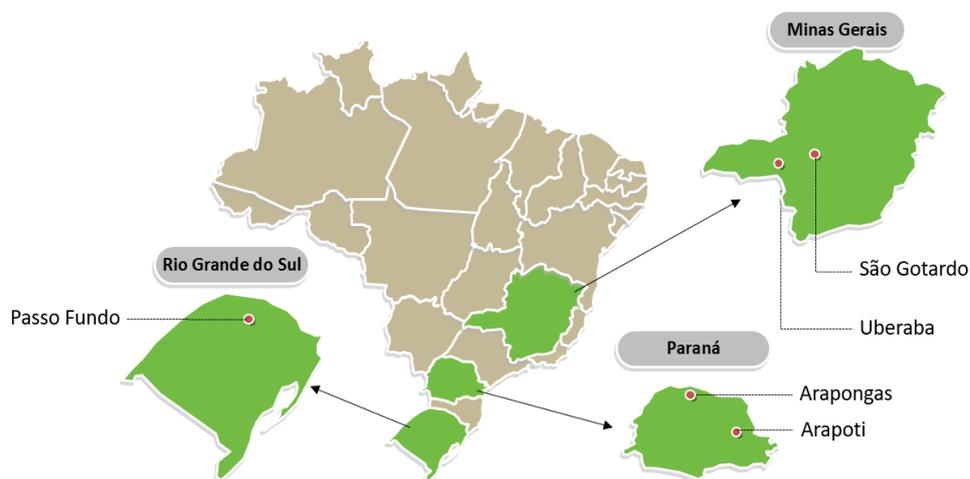


Figura 2. Distribuição espacial das amostras.

As características de classificação comercial e dureza dos grãos estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Lista de genótipos e suas características de classificação, dureza e ciclo

Genótipo	Classificação comercial	Dureza do Grão	Ciclo
Destak	Trigo pão	Duro	Médio/Precoce
1403	Trigo pão	Duro	Médio
Madrepérola	Trigo pão/branqueador	Suave	Médio/Precoce
Senna	Trigo melhorador	Duro	Hiperprecoce
Feroz	Trigo melhorador	Duro	Precoce
Guardião	Trigo pão	Duro	Médio/Precoce

#### 4.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental da dissertação está apresentado na tabela 5.

Tabela 5. Delineamento experimental

Tratamentos	Variáveis Independentes		Variáveis dependentes
	Genótipo	Ambiente	
1	Destak	Arapoti	Composição proximal
2	1403	Arapongas	Teor de defeitos
3	Madrepérola	Passo Fundo	Peso hectolitro
4	Senna	Uberaba	Peso de mil grãos
5	Ferroz	São Gotardo	Perfil colorimétrico
6	Guardião		Capacidade de retenção de solvente
....			Número de queda
30			Alveografia

### 4.3. MÉTODOS

#### 4.3.1. Composição Proximal

A composição foi determinada através da espectrometria de infravermelho próximo–NIRS, onde foi contabilizado o teor de proteína, lipídeos, fibras, cinzas e amido. As amostras de grãos de trigo foram analisadas em espectrômetro (NIRS™ DS2500, FOSS, Dinamarca), que realiza leituras na faixa de 400 a 2500nm, e possui curva de calibração específica para trigo em grão. Os resultados foram expressos em percentagem, após serem realizadas as leituras dos grãos em cinco repetições.

#### 4.3.2. Teor de Defeitos

A classificação de defeitos foi realizada de acordo com os métodos do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Foi considerado defeito, grãos avariados, ardidos, que são os grãos inteiros ou pedaços de grãos que apresentam alteração na coloração original, caracterizada pelo escurecimento total ou parcial do endosperma, causado pela ação de processos fermentativos ou devido à ação de elevada temperatura na secagem. Grãos chochos, triguilhos e quebrados: os grãos inteiros ou pedaços de grãos que vazarem através da peneira de crivos oblongos de 1,75 mm x 20,00 mm e chapa de espessura de 0,72 mm. Grãos danificados por insetos: os grãos inteiros ou

pedaços de grãos que apresentam danos resultantes da ação de insetos ou outras pragas, em qualquer uma das suas fases evolutivas. Grãos mofados: os grãos inteiros ou pedaços de grãos que apresentam contaminações fúngicas (mofo ou bolor) visíveis a olho nu. Impurezas: Partículas oriundas da planta de trigo, a exemplo das cascas, fragmentos do colmo, folhas, que vazarem na peneira de crivos oblongos de 1,75 mm x 20,00 mm e chapa de espessura de 0,72, bem como as que ficarem retidas na peneira.

#### **4.3.3. Peso Hectolitro**

O peso do hectolitro dos grãos foi determinado através da balança de peso hectolitro (Dalle Molle, Brasil), que possui capacidade para um quarto de litro, de acordo com a metodologia descrita pelo método oficial de análise de sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em  $\text{kg hL}^{-1}$ .

#### **4.3.4. Peso de Mil Grãos**

O peso de mil grãos foi determinado de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), contando oito repetições de 100 grãos por amostra e pesagem em balança de precisão.

#### **4.3.4. Perfil Colorimétrico**

O perfil colorimétrico dos grãos e da farinha de trigo foi determinado através do colorímetro Minolta (modelo CR-300), que indica as cores em um sistema tridimensional. Os parâmetros avaliados foram a luminosidade ( $L^*$ ), que varia do branco ao preto, e as coordenadas de cromaticidade  $a^*$ , que indica coloração do verde (-a) ao vermelho (+a), e  $b^*$ , do amarelo (-b) ao azul (+b).

#### **4.3.6. Capacidade de Retenção de Solventes (SRC)**

O perfil de capacidade de retenção de solvente (SRC) foi obtido de acordo com o Método Aprovado 56-11 (Bettge, et al. 2002) com farinha branca, onde foi utilizado amostras de 5 g suspensas com 25 g de água, 50% de sacarose, 5% de carbonato de sódio e 5% de ácido láctico, em duplicata. As amostras foram hidratadas por 20 minutos e centrifugadas a  $1.000\times g$  por 15 min. Cada

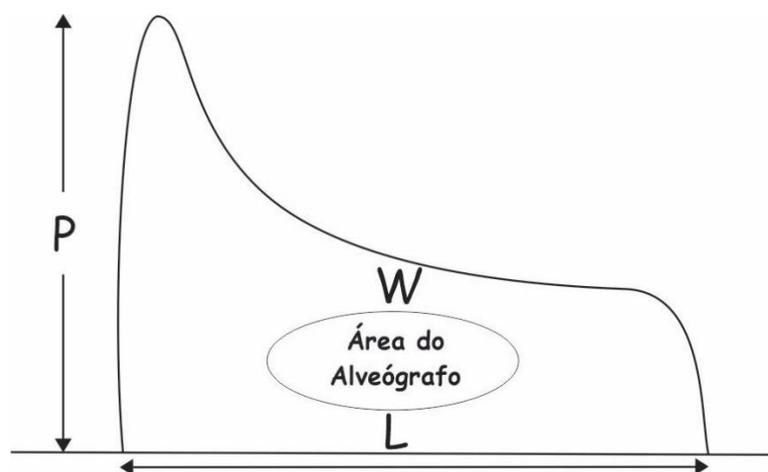
precipitado obtido foi pesado e o SRC para cada amostra foi calculado de acordo com os Métodos Aprovados.

#### 4.3.7. Número de queda

Através do número de queda, foi determinada a atividade da enzima  $\alpha$ -amilase do trigo, foi avaliado em equipamento Falling Number (modelo FN 1800, Perten Instruments, EUA), de acordo com o método nº 56-81.03 da AACC (2010). As farinhas foram produzidas moinho de trigo Chopin, e foi utilizado 6,75 gramas, e 25 ml de água destilada para o preparo da amostra.

#### 4.3.8. Alveografia

As propriedades viscoelásticas das farinhas foram determinadas com o alveógrafo (modelo NG, Chopin, França), de acordo com o método nº 54-30.02 da AACC (2010). As seguintes variáveis foram consideradas: tenacidade (P), extensibilidade (L) e força de glúten (W). As farinhas utilizadas na análise, foram produzidas moinho de trigo Chopin, e foi utilizado 250 gramas, e a solução de água + NaCl na proporção que o manual do Alveógrafo recomendou, baseando – se na umidade de cada farinha.



Fonte: Adaptado de Chopin (2006).

#### 4.3.9. Análise estatística

O experimento foi conduzido por meio de um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) através do software SAS (SAS Institute, Cary, NC, USA), com 95% de confiabilidade. Posteriormente, as variáveis independentes

que apresentaram efeitos significativos na ANOVA foram submetidos a uma análise complementar de médias pelo teste de Tukey com 95% de confiabilidade.

#### **4.4. RESULTADOS**

##### **4.4.1. Composição Proximal**

Os resultados das análises de composição química estão apresentados nas Tabelas 6 e 7. A análise de variância mostrou efeitos significativos ( $P < 0.05$ ) do genótipo, ambiente e da interação dupla entre o genótipo e o ambiente para o teor de proteínas, lipídios, amido, cinzas e fibras.

Tabela 6. Análise de variância do genótipo e ambiente de cultivo de composição proximal

Efeitos Principais	GL	Quad. Médio				
		Proteína	Lipídio	Amido	Cinzas	Fibras
Genótipos	5	4.69908111*	0.14315933*	9.5906464*	0.03954311*	0.09662133*
Ambientes	4	20.44471556*	0.08764611*	193.3248906*	0.06488500*	0.42341111*
Genótipo x Ambiente	20	1.22880889*	0.04778544*	5.9631126*	0.01286700*	0.02166578*
Repetição	2	0.02424778	0.00034333	0.8256011	0.00086111	0.00146333
CV (%)		1.136464	4.021596	0.883115	2.531831	1.821816
Erro		1.5352378	0.24831333	14.5527978	0.09687778	0.12780667

\* Efeito significativo; NS = Efeito não significativo; GL = Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação

Tabela 7. Composição proximal de genótipos de trigo cultivados em diferentes ambientes

	Destak	1403	Madrepérola	Senna	Feroz	Guardião
	Proteína (%)					
Arapoti	15,70±0,16Aab	14,18±0,03Ac	16,82±0,17Aa	16,02±0,30Aa	17,39±0,09Aa	15,05±0,20Ab
Arapongas	13,75±0,10Ba	12,90±0,11Ba	13,37±0,24Ba	12,89±0,08Ca	13,94±0,07Ca	13,03±0,03Ba
Passo Fundo	14,86±0,46ABab	13,56±0,30Bb	13,53±0,18Bb	14,10±0,12Bb	15,08±0,10Ba	13,58±0,12Bb
Uberaba	15,12±0,01Aa	14,03±0,01Ab	14,06±0,10Bb	15,96±0,06Aa	15,10±0,08Ba	14,95±0,04Aa
São Gotardo	13,15±0,03Bb	12,47±0,03Bc	12,85±0,26Bc	14,71±0,03Ba	13,50±0,05Cb	13,81±0,07Bb
	Lipídio (%)					
Arapoti	1,96±0,03Aa	1,65±0,06Ab	1,65±0,12Bb	1,66±0,10Ab	1,60±0,04Ab	1,26±0,07Bc
Arapongas	1,51±0,06Db	1,70±0,10Aa	1,42±0,01Bb	1,48±0,05Bb	1,58±0,07Ab	1,45±0,11Ab
Passo Fundo	1,51±0,04Da	1,77±0,04Aa	1,57±0,07Ba	1,61±0,06Aa	1,65±0,08Aa	1,51±0,08Aa
Uberaba	1,84±0,02Ba	1,88±0,06Aa	1,91±0,04Aa	1,65±0,06Ab	1,60±0,08Ab	1,44±0,03Ac

São Gotardo	1,67±0,03Ca	1,65±0,01Aa	1,57±0,01Ba	1,74±0,05Aa	1,51±0,04Aa	1,59±0,00Aa
Amido (%)						
Arapoti	57,99±0,30Ca	52,92±0,83Cc	51,39±0,50Cc	55,29±0,80BCb	52,65±0,53Cc	53,48±0,21Cc
Arapongas	55,27±0,14CDa	53,75±0,18Cb	53,47±0,24Cb	54,14±0,23Cab	53,98±0,66Cb	55,63±0,74Ba
Passo Fundo	53,19±0,13Db	53,51±0,25Cb	54,28±0,30Cb	57,47±0,32Ba	53,78±0,07Cb	56,90±1,91Ba
Uberaba	59,53±0,13Ba	59,55±0,13Ba	59,15±0,11Ba	59,41±0,22Aa	57,97±0,11Bb	59,75±0,74Aa
São Gotardo	62,44±0,32Aa	62,29±0,18Aa	61,46±0,29Aab	60,20±0,08Aa	60,32±0,13Aa	60,46±0,12Aa
Cinzas (%)						
Arapoti	1,41±0,12Ce	1,49±0,03Cd	1,64±0,02Bb	1,60±0,03Cc	1,70±0,03Ba	1,65±0,01Bb
Arapongas	1,59±0,09Ba	1,47±0,03Ce	1,67±0,02Ab	1,56±0,01Dc	1,58±0,00Da	1,54±0,01Ed
Passo Fundo	1,59±0,02Bb	1,53±0,02Bd	1,65±0,02Ba	1,55±0,03Dc	1,65±0,02Ca	1,56±0,02Dc
Uberaba	1,70±0,02Ad	1,63±0,02Ae	1,64±0,02Be	1,84±0,02Aa	1,77±0,02Ab	1,74±0,02Ac
São Gotardo	1,59±0,01Bc	1,53±0,01Be	1,68±0,05Ab	1,70±0,04Ba	1,56±0,02Ed	1,61±0,02Cc
Fibras (%)						
Arapoti	2,50±0,01Cc	2,61±0,05Ab	2,66±0,02Bb	2,70±0,05Ab	2,53±0,03Cc	2,85±0,02Aa
Arapongas	2,69±0,01Ba	2,66±0,02Aab	2,75±0,01Aa	2,64±0,02Ab	2,64±0,03Bb	2,78±0,08Aa
Passo Fundo	2,76±0,03Aa	2,59±0,05Ab	2,74±0,04Aa	2,64±0,07Aab	2,76±0,06Aa	2,74±0,09Aa
Uberaba	2,51±0,03Cb	2,40±0,06Bc	2,49±0,07Cb	2,46±0,02Bc	2,45±0,01Dc	2,64±0,03Ba
São Gotardo	2,24±0,03Dc	2,11±0,01Cd	2,28±0,02Dc	2,51±0,04Ba	2,38±0,06Db	2,57±0,02Ba

\* Letras maiúsculas comparam entre locais de cultivo e letras minúsculas comparam entre genótipos

#### **4.4.1.1. Proteína**

Para o teor de proteína, comparando os ambientes de cultivo, os maiores teores de proteína nos genótipos Destak, 1403, Senna e Guardião foram encontrados em Arapoti e Uberaba, e os genótipos Madrepérola e Feroz em Arapoti. Ao comparar o genótipo, o maior teor de proteína em Passo Fundo foi encontrado no genótipo Feroz (15,08%) e São Gotardo no genótipo Senna (14,71%), e o menor teor de proteína em Arapoti e São Gotardo foi encontrado no genótipo 1403 (14,18 e 12,47%, respectivamente).

#### **4.4.1.2. Lipídio**

Em relação aos lipídeos, comparando-se os ambientes de cultivo, o maior teor do genótipo Destak foi encontrado em Arapoti (1,96%) e do genótipo Madrepérola em Uberaba (1,91%), e o menor teor do genótipo Senna foi encontrado em Arapongas (1,48 %) e o genótipo Guardian em Arapoti (1,26%). Ao comparar os genótipos, o maior teor de lipídios em Arapoti foi encontrado no genótipo Destak (1,96%), e em Arapongas no genótipo 1403 (1,70%), e o menor teor em Arapoti e Uberaba foi encontrado no genótipo Guardião (1,26, e 1,44%).

#### **4.4.1.3. Amido**

Para o teor de amido, comparando-se os ambientes de cultivo, os maiores teores nos genótipos Destak (62,44%), 1403 (62,29%), Madrepérola (61,46%) e Feroz (60,32%) foram encontrados em São Gotardo, e os menores níveis no genótipo Guardião foram encontrados em Arapoti (53,48%). Ao comparar os genótipos, o maior teor de amido em Arapoti foi encontrado no genótipo Destak (57,99%), em Arapongas nos genótipos Destak (55,27%) e Guardião (55,63%) e Passo Fundo nos genótipos Senna (57,47%) e Guardião (56,90%), para os ambientes Uberaba e São Gotardo não foram observadas diferenças significativas entre os genótipos.

#### **4.4.1.4. Cinzas**

Para o teor de cinzas, comparando os ambientes de cultivo, os maiores teores nos genótipos Destak (1,70%), 1403 (1,63%), Senna (1,84%), Feroz (1,77%) e Guardião (1,74) foram encontrados em Uberaba, e o menor teor no

genótipo Destak (1,41%) foi encontrado em Arapoti, no genótipo Feroz (1,56%) em São Gotardo e no genótipo Guardiã (1,54%) em Arapongas. Ao comparar os genótipos, o maior teor de cinzas em Arapoti foi encontrado no genótipo Feroz (1,70%) e em Uberaba e São Gotardo no genótipo Senna (1,84 e 1,70%, respectivamente), e o menor teor em Arapoti foi em o genótipo Destak (1,41%), em Arapongas e São Gotardo no genótipo 1403 (1,47, 1,53%, respectivamente).

#### **4.4.1.4. Fibras**

Em relação às fibras, ao comparar os ambientes de cultivo, os maiores teores no genótipo Destak (2,76%) e Feroz (2,76%) foram encontrados em Passo Fundo, e os menores teores no genótipo Destak (2,24%), 1403 (2,11%), e Madrepérola (2,28%) foi encontrada em São Gotardo. Ao comparar os genótipos, o maior teor de fibra em Arapoti e Uberaba foi encontrado no genótipo Guardiã (2,85 e 2,64%, respectivamente), e em São Gotardo nos genótipos Senna (2,51%) e Guardiã (2,57%) e o menor em São Gotardo foi encontrado no genótipo 1403 (2,11%).

#### **4.4.2. Teor de Defeitos**

Os resultados da análise de teor de defeitos estão apresentados na Tabela 8 e 9. A análise de variância mostrou efeitos significativos ( $P < 0.05$ ) do genótipo, ambiente e da interação dupla entre o genótipo e o ambiente para o teor de grãos avariados, picados por inseto, e grãos chochos.

Tabela 8. Análise de variância do genótipo e ambiente de cultivo de Teor de defeitos

Efeitos Principais	GL	Quadrado Médio		
		Avariados	Picados por inseto	Chochos
Genótipos	5	3.9643987*	0.48426700*	3.3777107*
Ambientes	4	13.8728400*	1.44819333*	35.6570150*
Genótipox Ambiente	20	5.9218970*	0.38750033*	4.8439990*
Repetição	2	0.0001067	0.00253500	0.0000067
CV (%)		3.140863	9.875135	2.323815
Erro		0.0210933	0.02691500	0.0651933

\* Efeito significativo; NS = Não significativo; GL = Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação

Tabela 9. Teores de grãos avariados, picados e chochos de genótipos de trigo cultivados em diferentes ambientes

	Destak	1403	Madrepérola	Senna	Feroz	Guardião
Grãos avariados (%)						
Arapoti	0,16±0,01Db	0,33±0,01Ca	0,12±0,01Cc	0,00±0,00Ed	0,35±0,07Ba	0,00±0,00Dd
Arapongas	0,12±0,01Db	0,05±0,01Dc	0,15±0,01Cb	0,05±0,01Dc	0,00±0,00Dd	0,57±0,05Ba
Passo Fundo	0,28±0,01Ca	0,00±0,00D	0,18±0,01Cb	0,11±0,01Cc	0,15±0,01Cb	0,09±0,00Cc
Uberaba	0,58±0,03Bc	0,55±0,02Bd	0,53±0,04Bd	0,66±0,01Bb	0,35±0,01Be	0,52±0,03Bd
São Gotardo	1,48±0,03Ad	0,98±0,01Ae	2,56±0,08Ac	8,98±0,02Aa	0,89±0,01Ae	5,03±0,04Ab
Grãos picados por insetos (%)						
Arapoti	0,22±0,01Bb	0,26±0,02Cb	0,22±0,01Cb	0,07±0,03Bc	0,43±0,04Aa	0,00±0,00Dd
Arapongas	0,11±0,01Ca	0,00±0,00Dc	0,12±0,01Da	0,04±0,00Bb	0,02±0,01Db	0,10±0,00Ca
Passo Fundo	0,11±0,01Cb	0,00±0,00Dc	0,49±0,01Ba	0,00±0,00Cc	0,15±0,01Cb	0,10±0,00Cb
Uberaba	0,08±0,01Cd	0,55±0,02Ba	0,05±0,00Ee	0,16±0,01Ac	0,23±0,00Bb	0,23±0,01Bb
São Gotardo	1,48±0,03Ab	0,98±0,01Ac	2,51±0,16Aa	0,00±0,00Ce	0,03±0,00De	0,53±0,01Ad
Grãos chochos (%)						
Arapoti	1,75±0,07Bc	1,49±0,01Bd	1,20±0,01De	2,49±0,01Bb	3,48±0,04Aa	2,52±0,02Cb
Arapongas	9,15±0,07Aa	3,15±0,07Ad	4,96±0,04Ac	7,49±0,02Ab	0,78±0,04Ce	3,63±0,18Ad
Passo Fundo	0,99±0,01Ce	1,36±0,01Cd	3,03±0,01Ba	2,20±0,01Cc	0,55±0,00Df	2,80±0,00Bb
Uberaba	0,38±0,01Db	0,25±0,00Dc	0,21±0,01Ec	0,09±0,00Ed	0,51±0,01Da	0,33±0,01Eb
São Gotardo	0,25±0,00Ec	0,26±0,01Dc	1,47±0,04Cb	1,46±0,05Db	1,65±0,07Ba	1,42±0,03Db

\* Letras maiúsculas comparam entre locais de cultivo e letras minúsculas comparam entre genótipos.

#### **4.4.2. Teor de avariados**

Em relação aos grãos avariados, comparando-se os ambientes de cultivo, os maiores teores nos genótipos Destak (1,48%), 1403 (0,98%), Madrepérola (2,56%), Senna (8,98%) e Feroz (0,89%) foram encontrados em São Gotardo, sendo que para o genótipo Guardião o maior teor foi encontrado em Uberaba, e os menores teores no genótipo Senna (0,00%) foram encontrados em Arapoti, no genótipo Feroz (0,00%) em Arapongas, e no genótipo Guardião (0,00%) em Arapoti. Ao comparar os genótipos, o maior teor de grãos fermentados em Arapongas foi encontrado no genótipo Guardião (0,57%), em Passo Fundo no genótipo Destak (0,28%), em Uberaba no genótipo Guardião (5,03%) e em São Gotardo no genótipo Senna (8,89), e os menores teores em Arapoti no genótipo Senna (0,00%), em Arapongas no genótipo Feroz (0,00%), em Passo Fundo no genótipo 1403 (0,00%), em Uberaba no Feroz (0,35%) e São Gotardo no genótipo Guardião (0,52%).

#### **4.4.2. Teor de grãos picados**

Para o teor de grãos danificados por insetos, comparando-se os ambientes de cultivo, os maiores teores nos genótipos Destak (1,48%), 1403 (0,98%), Madrepérola (2,51%) e Guardião (0,53) foram encontrados em São Gotardo, e os menores valores no genótipo 1403 em Arapongas (0,00%) e Passo Fundo (0,00%), no genótipo Senna em Passo Fundo (0,00%) e São Gotardo (0,00%) e no genótipo Guardião em Arapoti (0,00%). Ao comparar os genótipos, o maior teor de grãos danificados por insetos em Arapoti foi encontrado no genótipo Feroz (0,43%), em Passo Fundo no genótipo Madrepérola (0,49%), em Uberaba no genótipo 1403 (0,55%) e em São Gotardo no genótipo Madrepérola (2,51%), e os menores em Arapoti foram no genótipo Guardião (0,00%), em Arapongas no genótipo 1403 (0,00%), em Uberaba no genótipo Madrepérola (0,05%).

#### **4.4.2. Teor de grãos chochos**

Em relação aos grãos chochos, comparando-se os ambientes de cultivo, os maiores teores nos genótipos Destak (9,15%), 1403 (3,15%), Madrepérola (4,96%), Senna (7,49%) e Guardião (3,63%) foram encontrados em Arapongas,

e os menores teores no genótipo Destak foram encontrados em São Gotardo (0,25%), nos genótipos Madrepérola (0,21%), Senna (0,09%) e Guardiã (0,33%) em Uberaba. Na comparação dos genótipos, os maiores teores de grãos mirrados em Arapoti, Uberaba e São Gotardo foram encontrados no genótipo Feroz (3,48, 0,51 e 1,65%, respectivamente), em Arapongas no genótipo Destak (9,15%) e no Passo Fundo no genótipo Madrepérola (3,03%) e os menores níveis em Arapoti foram encontrados no genótipo Madrepérola (1,20%) e em Arapongas e Passo Fundo no genótipo Feroz (0,78 e 0,55%, respectivamente).

#### **4.4.3. Peso hectolitro e peso de mil grão**

Os resultados das análises de peso hectolitro e peso de mil grãos estão apresentados na tabela 11. A análise de variância mostrou efeitos significativos ( $P < 0.05$ ) do genótipo, ambiente e da interação dupla entre o genótipo e o ambiente para o de peso hectolitro e peso de mil grãos.

Tabela 10. Análise de variância do genótipo e ambiente de cultivo de Peso hectolitro e Peso de mil grãos

Efeitos Principais	GL	Quadrado Médio	
		Peso Hectolitro	Peso de Mil Grãos
Genótipos	5	768.10399*	55.7897636*
Ambientes	4	2070.37409*	15.8521022*
Genótipos x Ambientes	20	706.81359*	2.7577680*
Repetição	2	76.16666	0.3687734
CV (%)		0.558257	3.036290
Erro		1686.82979	15.7253847

\* Efeito significativo; NS = Não significativo; GL = Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação

Tabela 11. Peso hectolitro e peso de mil grãos de genótipos de trigo cultivados em diferentes ambientes

Ambiente de Cultivo	Genótipo					
	Destak	1403	Madrepérola	Senna	Feroz	Guardião
	<i>Peso hectolitro (kg hL-1) *</i>					
Arapoti	800,08±1,37Aa	790,97±4,35Ab	770,50±3,46Bc	793,52±3,09Ab	782,06±5,31Bb	785,01±2,26Bb
Arapongas	776,33±2,14Bc	792,84±2,47Ab	786,46±1,02Bb	764,15±2,61Bd	801,21±0,42Aa	806,01±3,93Aa
Passo Fundo	770,3±2,58Bc	793,30±1,93Aa	780,57±5,38Bb	793,41±6,79Aa	794,27±11,90Aa	797,40±35,80Aa
Uberaba	797,68±4,14Aa	801,24±1,64Aa	785,25±1,64Bb	759,24±5,17Bd	753,25±1,89Cd	767,92±5,13Bc
São Gotardo	806,83±1,87Aa	809,24±1,64Aa	801,09±4,20Aa	792,90±1,17Aa	799,51±2,75Aa	810,44±1,14Aa
	<i>Peso de mil grãos (kg hL-1) *</i>					
Arapoti	14,12±0,41Ab	12,90±0,39Ac	15,22±0,22Ab	16,71±0,18Aa	14,85±0,33Ab	17,62±0,38Aa

Arapongas	13,37±0,52Ab	12,12±0,78Ab	14,13±0,25Bb	13,25±0,68Bb	14,15±0,33Ab	17,25±0,34Aa
Passo Fundo	11,35±0,47Cc	10,84±0,37Bc	11,52±0,37Cc	15,75±0,39Aa	13,11±0,19Bb	16,84±0,14Aa
Uberaba	12,42±0,27Bb	11,45±0,42Ab	12,17±0,10Cb	15,38±0,32Aa	12,93±0,20Bb	16,10±0,54Aa
São Gotardo	13,40±0,43Ab	12,89±0,42Ab	13,78±0,42Bb	14,79±0,22Aa	13,70±0,14ABb	15,89±0,87Aa

\* Letras maiúsculas comparam entre locais de cultivo e letras minúsculas comparam entre genótipos

Para o peso hectolitro, comparando os ambientes de cultivo, o maior teor no genótipo Madrepérola foi encontrado em São Gotardo (80,10 kg.hL<sup>-1</sup>), e no genótipo Guardiã em Arapongas (80,60 kg.hL<sup>-1</sup>), Passo Fundo (79,74 kg.hL<sup>-1</sup>) e São Gotardo (81,04 kg.hL<sup>-1</sup>), e os menores valores no genótipo Destak foram encontrados em Arapongas (77,63 kg.hL<sup>-1</sup>) e Passo Fundo (77,03 kg.hL<sup>-1</sup>), no genótipo Senna em Arapongas (76,41 kg.hL<sup>-1</sup>) e Uberaba (75,92 kg.hL<sup>-1</sup>), no genótipo Feroz em Uberaba (75,32 kg.hL<sup>-1</sup>) e no genótipo Guardiã em Arapoti (78,50 kg.hL<sup>-1</sup>) e Uberaba (76,79 kg.hL<sup>-1</sup>), para o genótipo 1403, não foram encontradas diferenças significativas entre os ambientes de cultivo.

Ao comparar os genótipos, o maior teor de peso hectolitro em Arapoti foi encontrado no genótipo Destak (80,00 kg.hL<sup>-1</sup>), em Uberaba nos genótipos Destak (79,76 kg.hL<sup>-1</sup>) e 1403 (80,12 kg.hL<sup>-1</sup>), sendo que os menores valores em Arapoti foram encontrados no genótipo Madrepérola (77,05 kg.hL<sup>-1</sup>), em Arapongas no genótipo Senna (76,41 kg.hL<sup>-1</sup>), em Passo Fundo no genótipo Destak (77,03 kg.hL<sup>-1</sup>), para o ambiente São Gotardo, não foram encontradas diferenças significativas entre os genótipos.

Para o peso de mil grãos, comparando os ambientes de cultivo, o maior valor no genótipo Madrepérola foi encontrado em Arapoti (38,40 g), no genótipo Feroz em Arapoti (36,80 g) e Arapongas (35,04 g), e o menor valor no genótipo Destak e 1403 em Passo Fundo (28,68 e 27,18 g, respectivamente), no genótipo Senna em Arapongas (33,15 g), para o genótipo Guardiã não foram encontradas diferenças significativas entre os ambientes de cultivo.

Ao comparar os genótipos, o maior peso de mil grãos em Arapoti foi encontrado nos genótipos Senna (41,80 g) e Guardiã (44,79 g), em Arapongas e São Gotardo no genótipo Guardiã (43,64, 40,41 g, respectivamente), e o menor valor em Arapoti foi encontrado no genótipo 1403 (31,89 g), e em Passo Fundo nos genótipos Destak (28,68 g), 1403 (27,18 g) e Madrepérola (28,99 g).

#### **4.4.4. Perfil Colorimétrico**

##### **4.4.4.1. Cor do Grão**

Os resultados da cor do grão estão apresentados na tabela 9. A análise de variância mostrou efeito significativo do genótipo e ambiente sobre os parâmetros de L\* e b\*, e apenas do genótipo sobre o parâmetro de a\*.

Os resultados da análise de perfil colorimétrico dos grãos estão apresentados na tabela 12 e 13. A análise de variância mostrou efeitos significativos ( $P < 0.05$ ) do genótipo, ambiente e da interação dupla entre o genótipo e o ambiente para valor  $a^*$ , e  $b^*$ . Não foram encontradas diferenças significativas do genótipo, ambiente e da interação dupla entre o genótipo e o ambiente para o valor  $L^*$ .

Tabela 12. Análise de variância do genótipo e ambiente de cultivo de cor do grão e cor da farinha

Principais Efeitos	GL		Quadrado Médio				
	L*	Farinha			Grão		
		a*	b*	L*	a*	b*	
Genótipos	5	129.550494 <sup>NS</sup>	0.98829387*	62.8308672*	46.5597088*	2.96850027*	308.087856*
Ambientes	4	73.522362 <sup>NS</sup>	2.92073233*	10.9761923*	22.8319557*	0.90356233 <sup>NS</sup>	139.670103*
Genótipo x Ambiente	20	66.580597 <sup>NS</sup>	0.18105153*	1.5180575*	10.3904005*	2.07083393*	123.688352*
Repetitã	4	280.714704	0.00917067	3.2959407	6.5327507	0.67169900	18.686953
CV (%)		10.96245	-13.74894	52.2559573	4.170138	11.08980	14.06369
Erro		10737.67242	1.12707733	52.2559573	486.549437	81.5590040	1393.613709

\* Efeito significativo; NS = Efeito não significativo; GL = Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação

Tabela 13. Perfil colorimétrico dos grãos de genótipos de trigo cultivados em diferentes ambientes

Ambiente de cultivo	Genótipo					
	Destak	1403	Madrepérola	Senna	Feroz	Guardião
	L *					
Arapoti	49,93±1,92Aa	47,50±3,45Ab	47,65±1,32Bb	51,09±0,41Aa	47,36±1,10ABb	48,14±2,34Aab
Arapongas	48,58±1,26Aa	47,07±2,93Aa	50,62±1,98Aa	52,45±1,93Aa	47,17±2,00ABa	47,09±47,62Aa
Passo Fundo	49,21±1,58Aa	47,13±1,86Aab	49,54±1,50ABa	49,92±1,32ABa	46,66±1,34Bb	51,95±2,16Aa
Uberaba	47,20±1,13Aa	48,21±3,73Aa	52,39±2,00Aa	52,27±2,42Aa	50,38±1,75Aa	49,47±2,66Aa
São Gotardo	47,57±1,16Aa	47,65±3,73Aa	52,63±0,93Aa	47,79±3,53Ba	48,13±0,60ABa	50,53±0,29Aa
	a*					
Arapoti	7,20±0,78Aa	7,19±0,46Aa	7,78±0,58Aa	7,48±0,32Aa	6,93±0,72Aa	7,42±0,59Aa
Arapongas	7,64±0,69Aa	7,78±0,79Aa	7,67±0,73Aa	7,40±0,83Aa	7,90±0,52Aa	7,63±0,64Aa

Passo Fundo	7,56±0,67Aa	8,38±0,61Aa	7,91±0,50Aa	7,17±0,48Aa	7,49±0,77Aa	7,80±0,68Aa
Uberaba	8,67±0,64Aa	7,62±0,68Aab	8,93±0,30Aa	6,79±0,47Aab	6,40±1,82Aab	6,02±0,21Ab
São Gotardo	6,37±2,83Ab	8,20±0,54Aa	8,28±0,40Aa	8,05±0,25Aa	7,62±0,56Aab	7,43±0,15Aab
b*						
Arapoti	22,14±1,05Aa	23,93±4,08Aa	23,74±1,00Ba	23,59±0,82Aa	22,00±0,86Aa	21,75±1,08Ba
Arapongas	22,32±0,76Aa	23,00±0,41Aa	23,37±0,36Ba	23,24±1,06Aa	22,90±0,54Aa	23,22±0,96Ba
Passo Fundo	22,29±0,90Aa	23,70±0,75Aa	24,48±1,27ABa	23,35±0,91Aa	22,89±1,76Aa	23,30±0,57Ba
Uberaba	23,67±0,29Ac	22,85±1,16Ac	26,23±1,08Ab	21,41±0,86Bcd	20,70±0,21Bd	44,63±13,48Aa
São Gotardo	23,98±0,71Ac	23,42±1,06Ac	25,08±0,56Ab	24,06±0,18Abc	22,51±0,10Ac	45,19±12,14Aa

\* Letras maiúsculas comparam entre locais de cultivo e letras minúsculas comparam entre genótipos

Quando comparado os ambientes de cultivo, as médias do parâmetro Luminosidade ( $L^*$ ) do genótipo Destak, não apresentaram diferença significativa. Para o genótipo 1403, as médias também não se diferiram. Para o genótipo Madrepérola, os menores valores foram encontrados nos ambientes de Arapoti e Passo Fundo, enquanto os demais não se diferiram. Para o genótipo Senna, o menor valor foi encontrado no ambiente de São Gotardo, e os maiores valores foram encontrados nos ambientes de Arapoti, Arapongas e Uberaba. Para o genótipo Feroz, o maior valor foi observado no ambiente de Uberaba, e os demais ambientes não se diferiram. Para o genótipo Guardiã, os valores não apresentaram diferença significativa.

Quando comparado entre genótipos para o ambiente Arapoti, os maiores valores foram apresentados pelos genótipos Destak e Senna, enquanto os demais genótipos não apresentaram diferença significativa. Para o ambiente Arapongas, os genótipos não apresentaram diferença significativa. Para o ambiente Passo Fundo, os menores valores foram apresentados pelos genótipos 1403 e Feroz, enquanto os demais genótipos não se diferenciaram. Para os ambientes Uberaba e São Gotardo, os genótipos não apresentaram diferença significativa.

Quando comparado os ambientes de cultivo, as médias do parâmetro das coordenadas  $a^*$ , não apresentaram efeito significativo.

Quando comparado entre genótipos para o ambiente Arapoti, os valores dos genótipos não se diferiram estatisticamente; assim como para os ambientes de Arapongas e Passo Fundo. Para o ambiente Uberaba, os menores valores foram apresentados pelos genótipos 1403 e Guardiã. Enquanto os maiores valores foram encontrados nos genótipos Destak e Madrepérola. Para o ambiente São Gotardo, o menor valor foi apresentado pelo genótipo Destak, e os maiores valores foram apresentados pelos genótipos 1403, Madrepérola e Senna, que não se diferiram.

Quando comparado os ambientes de cultivo, as médias do parâmetro  $b^*$  do genótipo Destak, não apresentaram efeito significativo. Para o genótipo 1403, as médias também não se diferiram. Para o genótipo Madrepérola, os menores valores foram encontrados nos ambientes Arapoti e Arapongas; os maiores valores foram encontrados nos ambientes de Uberaba e São Gotardo. Para o

genótipo Senna, o menor valor foi encontrado no ambiente Uberaba, e os ambientes não se diferenciaram estatisticamente. Para o genótipo Feroz, o menor valor foi encontrado no ambiente Uberaba, e os demais ambientes apresentaram valores que não se diferiram estatisticamente. Para o genótipo Guardiã, os maiores valores foram encontrados nos ambientes Uberaba e São Gotardo, enquanto os demais ambientes, apresentaram valores que não se diferiram estatisticamente.

Quando comparado entre genótipos para o ambiente Arapoti, os valores dos genótipos não se diferiram estatisticamente; assim como para os ambientes Arapongas e Passo Fundo. Para o ambiente de Uberaba, os menores valores foram apresentados pelos genótipos Senna e Feroz; e o maior valor foi apresentado pelo genótipo Guardiã. Para o ambiente São Gotardo, os menores valores foram apresentados pelos genótipos Destak, 1403, Feroz; e o maior valor foi apresentado pelo genótipo Guardiã.

#### **4.4.4.2. Cor farinha**

Os resultados da cor da farinha estão apresentados na tabela 14. A análise de variância mostrou efeito significativo do genótipo e ambiente sobre os parâmetros de  $a^*$  e  $b^*$ . Não foram encontradas diferenças significativas para o parâmetro de  $L^*$ .

Tabela 14. Perfil colorimétrico da farinha de genótipos de trigo cultivados em diferentes ambientes

Ambiente de cultivo	Genótipo					
	Destak	1403	Madrepérola	Senna	Feroz	Guardião
L*						
Arapoti	88,77±2,83Aa	85,20±6,16 Aa	92,70±1,27 Aa	76,44±37,23 Aa	90,05±2,29 Aa	74,87±36,32 Aa
Arapongas	89,64±0,92 Aa	90,25±1,48 Aa	88,56±4,61 Aa	89,43±5,02 Aa	91,99±1,98 Aa	91,71±0,88 Aa
Passo Fundo	89,41±1,89 Aa	88,11±0,59 Aa	92,65±4,61 Aa	86,72±3,41 Aa	85,74±3,91 Aa	86,28±6,25 Aa
Uberaba	87,85±1,08 Aa	89,25±1,50 Aa	89,96±1,47 Aa	88,15±3,33 Aa	89,52±1,52 Aa	85,87±4,49 Aa
São Gotardo	88,50±1,78 Aa	91,17±3,85 Aa	86,46±4,17 Aa	84,62±0,57 Aa	85,60±0,85 Aa	85,91±3,18 Aa
a*						
Arapoti	-0,25±0,13Aa	-0,43±0,09Ba	-0,88±-1,05Aa	-0,96±0,07Ba	-0,39±0,10Aa	-0,48±0,08Ba
Arapongas	-0,58±0,07Bc	-0,92±0,06Cd	-1,05±0,07Ad	-0,31±0,10Ab	-0,31±0,04Ab	0,05±0,07Aa
Passo Fundo	-0,75±0,06Ca	-1,14±0,03Cb	-1,25±0,04Ab	-1,10±0,12Bb	-0,87±0,05Ca	-0,75±0,04Ca
Uberaba	-0,75±0,05Ca	-0,86±0,27Ca	-1,25±0,07Ac	-1,32±0,05Bc	-1,08±0,07Db	-1,08±0,08Db
São Gotardo	-0,29±0,11Aa	-0,19±0,08Aa	-1,33±0,07Ad	-0,44±0,10Ab	-0,53±0,02Bb	-0,89±0,06Cc
b*						
Arapoti	13,18±0,79Ba	13,12±1,03Ba	8,06±0,47Ac	10,58±1,40Ab	11,35±0,09Aab	12,27±0,25Aa
Arapongas	12,68±0,50Ba	13,94±0,65Ba	9,52±0,71Ab	11,68±0,43Aa	11,30±0,42Aa	12,56±0,54Aa
Passo Fundo	12,20±0,52Bb	13,94±0,29Ba	9,23±1,03Ac	10,68±0,73Abc	11,19±0,82Ab	12,65±0,72Ab
Uberaba	12,02±0,84Ba	14,68±1,17Aba	9,80±0,60Ab	12,03±0,50Aa	12,88±0,79Aa	13,10±0,78Aa
São Gotardo	14,01±0,40Aab	15,12±0,68Aa	10,70±1,43Ac	12,33±0,47Ab	12,92±0,62Ab	13,13±0,24Ab

\* Letras maiúsculas comparam entre locais de cultivo e letras minúsculas comparam entre genótipos

Para o valor  $a^*$ , comparando os ambientes de cultivo, os maiores valores no genótipo Destak foram encontrados em Arapoti (-0,25) e São Gotardo (-0,29), no genótipo 1403 em São Gotardo (-0,19), no genótipo Senna em Arapongas (-0,31) e São Gotardo (-0,44), no genótipo Feroz em Arapoti (-0,39) e Arapongas (-0,31), e no genótipo Guardiã em Arapongas (0,05), e os menores valores no Destak genótipo foram encontrados em Passo Fundo (-0,75) e Uberaba (-0,75), no genótipo Feroz e Guardiã em Uberaba (-1,08, -1,08, respectivamente), para o genótipo Madrepérola não foram encontradas diferenças significativas entre os ambientes de cultivo. Ao comparar os genótipos, o maior valor de  $a^*$  em Arapongas foi encontrado no genótipo Guardiã (0,05), em Uberaba e São Gotardo nos genótipos Destak (-0,75, -0,29, respectivamente) e 1403 (-0,86, -0,19, respectivamente), para o ambiente Arapoti, não foram encontradas diferenças significativas entre os genótipos.

Com relação ao valor  $b^*$ , comparando-se os ambientes de cultivo, o maior valor no genótipo Destak foi encontrado em São Gotardo (14,01), no genótipo 1403 em Uberaba (14,68) e São Gotardo (15,12), para os demais genótipos não diferenças significativas foram encontradas na comparação dos genótipos. Ao comparar os genótipos, o maior valor de  $b^*$  em Passo Fundo foi encontrado no genótipo 1403 (13,94), e em São Gotardo nos genótipos Destak (14,01) e 1403 (15,12), e os menores valores em todos os ambientes de cultivo foram encontrados no genótipo Madrepérola.

#### **4.4.5. Capacidade de Retenção de Solventes (SRC)**

Os resultados da análise de capacidade de retenção de solventes estão apresentados na Tabela 15 e 16. A análise de variância mostrou efeitos significativos ( $P < 0.05$ ) do genótipo, ambiente e da interação dupla entre o genótipo e o ambiente para SRC – Água, e SRC – Ácido láctico. Não foram encontradas diferenças significativas do genótipo, ambiente e da interação dupla entre o genótipo e o ambiente para SRC – Carbonato de sódio, E SRC – Sacarose.

Tabela 15. Análise de variância do genótipo e ambiente de cultivo de Capacidade de retenção de solvente e número de queda

Principais Efeitos	GL	Quadrado Médio				
		Falling Number	SRC –Água	SRC – Carbonato de sódio	SRC – Sacarose	SRC – Ácido láctico
Genótipos	5	6584.41667*	492.549086*	1430.15194 <sup>NS</sup>	742.85042 <sup>NS</sup>	550.94775*
Ambientes	4	9337.47500*	277.019711*	905.31921 <sup>NS</sup>	858.36612 <sup>NS</sup>	1961.33437*
Genótipo x Ambiente	20	3918.87500*	333.197810*	761.31025 <sup>NS</sup>	1181.16658 <sup>NS</sup>	2162.53437*
Repetição	2	742.01667	58.627935	985.60854	433.52064	2.55028
CV (%)		4.455470	4.677260	20.13220	27.16939	3.666746
Erro		10083.4833	659.38182	17556.45346	29643.78736	1052.53267

\* Efeito significativo; NS = Não significativo; GL = Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação

Tabela 16. Capacidade de retenção de solvente de genótipos de trigo cultivados em diferentes ambientes

Ambiente de cultivo	Genótipo					
	Destak	1403	Madrepérola	Senna	Feroz	Guardião
Capacidade de retenção de solvente – Água (g)						
Arapoti	94,14±15,01Ca	105,51±3,48Aa	105,20±3,22Ba	88,44±0,93Ca	105,61±1,61Aa	103,53±7,45Aa
Arapongas	125,61±1,61Aa	88,28±0,97Bc	128,00±3,78Aa	122,76±5,38Aa	93,96±0,05Ab	98,12±4,86Ab
Passo Fundo	134,56±6,98Aa	88,66±4,33Bc	87,50±1,22Dc	107,03±1,54Bb	104,15±2,61Ab	98,28±1,60Ab
Uberaba	117,86±0,15Ba	103,28±10,76Ab	92,38±1,29Cb	81,14±0,22Dc	94,24±6,54Ab	109,59±5,07Ab
São Gotardo	102,95±5,73Ca	94,53±0,99Ab	92,88±0,57Cb	95,52±2,46Cb	85,42±1,28Bc	109,33±5,66Aa
Capacidade de retenção de solvente – Carbonato de Sódio (g)						
Arapoti	103,73±2,08Aa	135,16±1,25 Aa	114,07±1,89B Aa	114,90±1,78 Aa	140,94±4,90 Aa	119,52±0,34 Aa

Arapongas	110,30±4,69C Aa	103,73±0,82C Aa	129,15±1,75Aa	134,84±10,19Aa	117,31±134,57Aa	126,53±0,71 Aa
Passo Fundo	125,55±3,24 Aa	106,53±2,94 Aa	108,60±4,07 Aa	128,47±0,77 Aa	126,72±5,09 Aa	122,89±3,21 Aa
Uberaba	108,54±1,75 Aa	112,36±2,66 Aa	106,05±1,69 Aa	106,51±0,10 Aa	124,28±0,45 Aa	131,79±1,49 Aa
São Gotardo	114,66±0,50 Aa	107,81±0,95 Aa	117,59±0,01 Aa	117,46±0,46 Aa	107,86±1,22 Aa	141,65±13,25 Aa
Capacidade de retenção de solvente – Sacarose (g)						
Arapoti	105,63±11,68 Aa	127,84±4,19 Aa	108,61±79,94 Aa	108,73±11,58 Aa	105,09±1,38 Aa	107,30±3,77 Aa
Arapongas	119,25±13,95 Aa	113,57±6,33 Aa	125,02±32,33 Aa	123,60±3,74 Aa	108,58±3,01 Aa	109,95±5,42 Aa
Passo Fundo	128,59±10,88 Aa	104,63±15,95 Aa	100,98±1,61 Aa	226,56±145,61 Aa	111,78±0,46 Aa	121,15±0,22 Aa
Uberaba	116,12±1,52 Aa	125,18±1,61 Aa	102,76±2,30 Aa	93,21±1,80 Aa	121,73±9,11 Aa	127,59±12,53 Aa
São Gotardo	129,48±3,11 Aa	107,91±7,87 Aa	115,04±0,69 Aa	110,58±10,85 Aa	94,11±2,74 Aa	129,72±4,66 Aa
Capacidade de retenção de solvente – Ácido Lático (g)						
Arapoti	105,50±8,70Da	163,12±3,66Bb	182,37±10,51Ba	182,62±7,70Aa	179,59±5,42Aa	146,08±9,53Ab
Arapongas	202,06±0,88Aa	179,06±5,25Bb	205,09±8,68Aa	153,88±5,83Bb	161,16±1,36Ab	166,08±9,53Ab
Passo Fundo	186,48±7,10Ba	168,14±4,13Bb	181,50±0,67Ba	152,65±0,41Bb	152,70±1,61Bb	166,54±0,27Ab
Uberaba	163,72±9,22Ba	159,07±1,83Ca	132,73±1,39Db	173,56±6,06Aa	182,49±10,27Aa	158,51±0,60Aa
São Gotardo	147,63±1,51Cc	201,38±1,40Aa	159,29±0,98Cc	188,50±5,13Ab	172,12±13,04Ab	153,53±5,50Ac

\* Letras maiúsculas comparam entre locais de cultivo e letras minúsculas comparam entre genótipos

#### **4.4.5.1. Capacidade de retenção de água**

Com relação ao SRC-Água, ao comparar os ambientes de cultivo, os maiores valores no genótipo Destak foram encontrados em Arapongas (125,61%) e Passo Fundo (134,56%), no genótipo Madrepérola e Senna em Arapongas (128,00, e 122,73%) , respectivamente, e o menor valor no genótipo 1403 em Arapongas (88,28%) e Passo Fundo (88,66%), no genótipo Madrepérola em Passo Fundo (87,50%), no genótipo Senna em Uberaba (81,14%), no Feroz em São Gotardo (85,42%), para o genótipo Guardião não foram encontradas diferenças significativas na comparação dos ambientes de cultivo. Ao comparar os genótipos, o maior valor de SRC –Água em Passo Fundo e Uberada foi encontrado no genótipo Destak (134,56 e 117,86%, respectivamente), em São Gotardo nos genótipos Destak (102,95%) e Guardião (109,33%), sendo que os menores valores em Arapongas foram encontrados no genótipo 1403 (88,28%), em Passo Fundo nos genótipos 1403 (88,66%) e Madrepérola (87,50%), em Uberaba no genótipo Senna (81,14%) e em São Gotardo no genótipo Feroz (85,42%), para o ambiente Arapotí, não foram encontradas diferenças significativas entre os genótipos.

#### **4.4.5.2. Capacidade de retenção de carbonato de sódio**

Quando comparado os ambientes de cultivo e os genótipos, os valores da retenção de Carbonato de sódio não apresentaram efeitos significativos.

#### **4.4.5.3. Capacidade de retenção sacarose**

Quando comparado os ambientes de cultivo e os genótipos, os valores da retenção de Sacarose não apresentaram efeitos significativos.

#### **4.4.5.4. Capacidade de retenção ácido láctico**

Para os resultados de SRC-Ácido láctico, ao comparar os ambientes de cultivo, o maior valor no genótipo Destak foi encontrado em Arapongas (202,06%), no genótipo 1403 em São Gotardo (201,38%), no genótipo Madrepérola em Arapongas (205,09%), sendo que os menores valores no genótipo Destak foram encontrados em Arapotí (135,50%), no genótipo 1403 em Uberaba (159,07%), no genótipo Madrepérola em Uberaba (132,73%), no

genótipo Feroz em Passo Fundo (152,70%), para o genótipo Guardian, não foram encontradas diferenças significativas na comparação dos ambientes de cultivo.

Ao comparar os genótipos, os maiores valores de SRC-Ácido láctico em Arapongas e Passo Fundo foram encontrados nos genótipos Destak (202,06 e 186,48%, respectivamente) e Madrepérola (205,09 e 181,50%, respectivamente), e em São Gotardo em o genótipo 1403 (201,38%), sendo que os menores valores em Arapoti foram encontrados no genótipo Destak (135,50%) e em Uberaba no genótipo Madrepérola (132,73%).

#### **4.4.6. Número de Queda**

Os resultados da análise de Número de Queda estão apresentados na Tabela 17 e 18. A análise de variância mostrou efeitos significativos ( $P < 0.05$ ) do genótipo, ambiente e da interação dupla entre o genótipo e o ambiente para número de queda.

Tabela 17. Número de queda de genótipos de trigo cultivados em diferentes ambientes

<i>Ambiente de Cultivo</i>	<i>Genótipo</i>					
	Destak	1403	Madrepérola	Senna	Feroz	Guardião
	<i>Número de queda (Segundos)*</i>					
Arapoti	477,50±9,19Aa	400,50±36,06Bb	447,50±4,95Ab	483,00±15,56Aa	396,50±14,85Bb	407,00±12,73Ab
Araongas	457,50±7,78Aa	426,50±9,19Bb	360,50±0,71Bc	336,50±6,36Cd	336,00±1,41Cd	374,00±15,56Bc
Passo Fundo	454,00±9,90Aa	371,00±15,56Cc	354,50±13,44Bc	402,00±1,41Bb	397,00±9,90Bb	400,00±11,31Ab
Uberaba	444,00±49,50Ab	559,50±34,65Aa	343,50±7,78Bc	445,50±16,26Bb	463,00±16,97Ab	427,00±19,80Ab
São Gotardo	442,00±26,87Aa	451,50±20,51Ba	460,00±24,04Aa	427,00±19,80Ba	366,50±28,99Bb	444,50±2,12Aa

\* Letras maiúsculas comparam entre locais de cultivo e letras minúsculas comparam entre genótipos

Ao comparar os ambientes de cultivo, o maior número de queda no genótipo 1403 foi encontrado em Uberaba (559,5 s), no genótipo Madrepérola em Arapoti (447,50 s) e São Gotardo (460,00 s), no genótipo Senna em Arapoti (483,00 s), no genótipo Feroz em Uberaba (463,00 s), e os menores valores no genótipo 1403 foram encontrados em Passo Fundo (371,00 s), nos genótipos Senna, Feroz e Guardião em Arapongas (336,50, 336,00 e 374,00 s, respectivamente), para o genótipo Destak não foram encontradas diferenças significativas entre os ambientes de cultivo.

Ao comparar os genótipos, os maiores números de queda em Arapoti foram encontrados nos genótipos Destak (477,50 s) e Senna (483,00), em Arapongas e Paso Fundo no genótipo Destak (457,50, 454,00 s, respectivamente), em Uberaba no genótipo 1403 ( 559,50 s), e os menores números de queda em Arapongas foram encontrados nos genótipos Senna (336,50 s) e Feroz (336,00 s), em Passo Fundo nos genótipos 1403 (371,00 s) e Madrepérola (354,50 s), em Uberaba no genótipo Madrepérola (343,50 s) e São Gotardo no genótipo Feroz (366,50 s).

#### **4.4.7. Alveografia**

Os resultados da análise de alveografia estão apresentados na Tabela 18 e 19. A análise de variância mostrou efeitos significativos ( $P < 0.05$ ) do genótipo, ambiente e da interação dupla entre o genótipo e o ambiente para a Tenacidade, Extensibilidade e Força do Glúten.

Tabela 18: Análise de variância para Tenacidade, Extensibilidade e Força de Glúten (W) de diferentes genótipos cultivados em diferentes ambientes

Principais Efeitos	GL	Quadrado Médio		
		Tenacidade	Extensibilidade	Força do Glúten
Genótipos	5	13083.47778*	7420.14444*	44831.0244*
Ambientes	4	7734.50000*	880.40000*	34212.2056*
Genótipo x Ambiente	20	2465.03333*	1732.56667*	12791.1856*
Repetição	2	15.24444	21.67778	751.5444
CV (%)		6.935637	8.756357	8.641630
Erro		3237.5111	3418.64444	36061.5778

\* Efeito significativo; NS = Não significativo; GL = Grau de Liberdade; CV = Coeficiente de variação

Tabela 19. Alveografia de genótipos de trigo cultivados em diferentes ambientes

	Destak	1403	Madrepérola	Senna	Feroz	Guardião
Tenacidade (P) (mm)						
Arapoti	119,50±2,52Bb	117,00±10,12Bb	64,25±3,00Ab	102,50±29,94Ab	97,00±3,61Bb	160,25±5,29Ba
Arapongas	91,00±8,08Ba	98,00±3,79Ca	58,75±0,00Ac	80,00±2,00Aab	70,50±9,17Cb	103,50±3,51Da
Passo Fundo	118,00±7,37Ba	123,00±9,29ABa	46,25±1,53Cb	97,25±1,00Aa	127,50±6,24Aa	102,25±10,69Da
Uberaba	112,75±5,03Bc	125,50±1,73Bc	56,75±1,15Ad	138,75±0,58Ab	125,75±1,53Ac	203,25±1,53Aa
São Gotardo	128,50±1,53Ab	136,25±6,11Ab	51,25±0,58Bd	106,25±4,16Ac	125,00±3,06Ab	141,67±0,58Ca
Extensibilidade (L) (mm)						
Arapoti	83,75±4,62Aa	69,25±4,93Aa	103,50±13,20Ba	97,25±15,95Aa	93,50±6,24Aa	50,50±3,51Cb
Arapongas	89,50±10,44Aa	66,75±8,62Ab	69,00±14,43Cab	112,25±5,86Aa	107,75±14,36Aa	65,75±5,20Bb
Passo Fundo	77,25±10,15Abc	43,75±1,53Bd	84,50±2,08Cb	122,50±5,51Aa	117,50±13,00Aa	61,00±4,04Bc
Uberaba	89,00±2,89Ac	70,50±7,23Ac	154,00±5,51Aa	99,50±2,31Ab	78,75±1,73Bc	48,50±3,46Cd
São Gotardo	89,25±2,08Ac	67,50±1,15Ad	141,50±6,03Aa	108,75±4,62Ab	85,50±6,24ABc	83,00±2,65Ac
Força do glúten (W) (10 <sup>-4</sup> J)						
Arapoti	313,50±19,30Ba	270,25±28,01Bc	218,50±2,00Bc	305,25±58,64Cb	331,50±20,07Ba	306,75±18,15Bb
Arapongas	263,00±36,69Ca	229,00±27,15Ca	154,50±64,55Ba	291,75±11,15Ca	249,75±46,87Ba	229,00±4,93Ca
Passo Fundo	278,25±44,19Cc	210,75±19,97Cc	149,25±3,21Bd	349,00±2,34Bb	441,00±18,72Aa	204,00±24,34Cc
Uberaba	320,50±13,43Bb	276,75±23,76Bc	248,75±11,72Ac	416,50±3,61Aa	323,00±6,03Bb	364,00±15,04Ab
São Gotardo	362,25±3,79Aa	312,50±8,39Ab	219,00±8,89Bc	355,75±2,31Ba	316,50±3,61Bb	358,00±7,55Aa

\* Letras maiúsculas comparam entre locais de cultivo e letras minúsculas comparam entre genótipos

A análise de variância mostrou efeitos significativos ( $P < 0,05$ ) de genótipo, ambiente e a dupla interação entre genótipo e ambiente para tenacidade, extensibilidade e força de glúten.

Para a tenacidade, ao comparar os ambientes de cultivo, o maior valor no genótipo Destak foi encontrado em São Gotardo (128,50 mm), no genótipo 1403 em Passo Fundo (123,00 mm) e São Gotardo (136,50 mm), e no genótipo Senna e Guardiã em Uberaba (138,75, 203,25 mm, respectivamente), e os menores valores de tenacidade no genótipo 1403 foram encontrados em Arapongas (98,00 mm), no genótipo Madrepérola em Passo Fundo (46,25 mm), no genótipo Feroz em Arapongas (70,50 mm) e o genótipo Guardiã em Arapongas (103,50 mm) e Passo Fundo (102,25 mm).

Ao comparar os genótipos, os maiores valores de tenacidade em Arapoti, Uberaba e São Gotardo foram encontrados no genótipo Guardiã (160,25, 203,25 e 141,67 mm), e os menores valores de tenacidade para todos os ambientes analisados foram encontrados no genótipo Madrepérola.

Com relação à extensibilidade, ao comparar os ambientes de cultivo, os maiores valores no genótipo Madrepérola foram encontrados em Uberaba (154,00 mm) e São Gotardo (141,50 mm), e no genótipo Guardiã em São Gotardo (83,00 mm), e os menores valores em o genótipo 1403 foi encontrado em Passo Fundo (43,75 mm), no genótipo Madrepérola em Arapongas (69,00 mm) e Passo Fundo (84,50 mm), no genótipo Feroz em Uberaba (78,75 mm) e São Gotardo (85,50 mm), e o genótipo Guardiã em Arapoti (50,50 mm) e Uberaba (48,50 mm), para os genótipos Destak e Senna não foram encontradas diferenças significativas quando comparados aos ambientes de cultivo.

Ao comparar os genótipos, os maiores valores de extensibilidade em Passo Fundo foram encontrados nos genótipos Senna (122,50 mm) e Feroz (117,50 mm), em Uberaba e São Gotardo no genótipo Madrepérola (154,00 e 141,50 mm, respectivamente) e os menores valores foram encontrados em Arapoti para o genótipo Guardiã (50,50 mm), em Passo Fundo para os genótipos Destak (77,25 mm) e Guardiã (61,00 mm).

Em relação à força do glúten, comparando-se os ambientes de cultivo, os maiores valores no genótipo Destak e 1403 foram encontrados em São Gotardo (362,25, e 312,50 W.10-4 J), no genótipo Madrepérola e Senna em Uberaba (248,75, e 416,50 W.10-4 J), o genótipo Feroz em Passo Fundo (441,00 W.10-4

J), e o genótipo Guardiã em Uberaba (364,00 W.10-4 J) e São Gotardo (358,00 W.10-4 J), e os menores valores nos genótipos Destak (263,00 e 278,25 W.10-4 J), 1403 (229,00 e 210,75 W.10-4 J) e Guardiã (229,00 e 204,00 W.10-4 J). J) foram encontrados em Arapongas e Passo Fundo, respectivamente, e no genótipo Senna em Arapoti (305,25 W.10-4 J) e Arapongas (291,75 W.10-4 J). Ao comparar os genótipos, os maiores valores de força de glúten em Arapoti foram encontrados nos genótipos Destak (313,50 W.10-4 J) e Feroz (331,50 W.10-4 J), em Passo Fundo no genótipo Feroz (441,00 W.10-4 J), e Uberaba no genótipo Senna (416,50 W.10-4 J), e os menores valores em Arapoti foram encontrados nos genótipos 1403 (270,25 W.10-4 J) e Madrepérola (218,50 W.10-4 J), em Passo Fundo e São Gotardo no genótipo Madrepérola (149,25 e 219,00 W.10-4 J), para o ambiente Arapongas, não foram encontradas diferenças significativas na comparação dos genótipos.

## **4.5. DISCUSSÃO**

### **4.5.1. Composição Proximal**

A concentração de proteína no grão de trigo pode ser influenciada por estresses abióticos durante o cultivo e fatores genéticos (Zorb et al., 2018), alterando as características reológicas e de qualidade da farinha, sendo considerado o principal componente que determina a qualidade da farinha de trigo (Shi et al. 2022). A temperatura e disponibilidade de água exercem grande influência sobre a taxa e a duração do período de enchimento dos grãos, influenciando na deposição de proteínas nos grãos (Ribeiro et al., 2012). Os ambientes de Arapoti (Bioma Mata Atlântica) e Uberaba (Bioma Cerrado) apresentaram altos teores de proteína, mostrando boa adaptabilidade aos genótipos analisados.

Os lipídios nos grãos de trigo são um componente menor e muito instável, e seu teor e composição são decisivos nas propriedades funcionais dos produtos finais dos grãos (Manstretta et al., 2016). Os maiores teores no genótipo Destak em Arapoti (1.96%), e no genótipo Madrepérola em Uberaba (1.91%) tornam esses grãos mais nutritivos, ricos em ácidos graxos poliênicos e tocoferóis, porém torna esses grãos mais susceptíveis a alterações nos processos de pós-colheita (Stuper-Szablewska et al. 2014).

O amido é o principal componente responsável pelo rendimento da farinha de trigo (Shewr et al. (2013), desempenhando um papel importante como determinante da qualidade do produto alimentício (Singh et al. 2010). Os maiores teores de amido encontrados em São Gotardo tornam esse ambiente adequado para a produção de grãos de trigo de alto rendimento de farinha.

#### **4.5.2. Teor de Defeitos**

Os maiores teores de grãos fermentados e picados por insetos quando cultivado em São Gotardo pode estar relacionado a maior incidência de pragas durante o cultivo. O teor de defeitos em grãos influencia a qualidade dos produtos derivados, tornando difícil seu beneficiamento e reduzindo a qualidade desses produtos (Cañizares et al. 2021). Em um estudo realizado por Ramos et al. (2021) foi avaliado os efeitos da intensificação dos defeitos da soja sobre as propriedades, tecnológicas, proteicas e do óleo. Esses autores observaram uma redução de proteína solúvel de 17.10 para 1.64%, rendimento de extração de proteína de 40.20 para 8.60%, e um aumento da acidez de 3.60 para 52.20 mg KOH g<sup>-1</sup> e da atividade lipase de 2.47 para 26.86 % lipólise, quando analisado grãos de soja sem defeitos e soja fermentada, respectivamente.

A denominação de grãos chochos é atribuída a grãos que não possuem o seu endosperma cheio, possuindo apenas a camada externa do grão (BRAZIL, 2010). A formação de grãos chochos pode estar relacionada a estresses térmicos, hídricos, deficiências nutricionais do solo, em que o trigo foi cultivado, não ocorrendo o enchimento do grão. (Guarienti, et al 1997). Os maiores teores de grãos chochos no ambiente de Arapongas estar relacionado as condições de campo, em que o grão foi exposto, reduzindo o rendimento e a qualidade da farinha.

#### **4.5.3. Peso hectolitro e Peso de mil grãos**

O peso hectolitro é a medida que indica o peso específico do grão, essa unidade de medida é utilizada como parâmetro de comercialização em vários países, e está relacionado ao rendimento da farinha (Vázquez, 2009). Os menores peso hectolitro em Uberaba nos genótipos Senna (75,92 kg. hL<sup>-1</sup>), Feroz (75,32 kg. hL<sup>-1</sup>), e Guardiã (76,79 kg. hL<sup>-1</sup>) e em Arapongas no genótipo

Senna (76,41 kg. hL<sup>-1</sup>) sugerem que esses genótipos foram submetidos a estresses térmico ou hídrico durante o enchimento de grãos (Li et al. 2013). Para os demais tratamentos o peso hectolitro variou de 77,03 a 81,04 kg. hL<sup>-1</sup>, resultados semelhantes a Li et al. (2013) que analisou os parâmetros de qualidade de 15 genótipos de trigo cultivados em Sonora, Mexico. Esses autores observaram uma variação no peso hectolitro de 77,2–80.7 kg. hL<sup>-1</sup>, indicando um enchimento adequado os grãos.

Em geral, maiores valores de peso de mil grãos encontrados no genótipo Guardiã (39.85 a 44.79 g) e os menores no genótipo 1403 (27,18 a 32,09g) está relacionado as características específicas desses genótipos. Em um estudo realizado por Javed et al. (2022) foi analisado o rendimento de grãos de genótipos elite de trigo sob estresse hídrico e irrigação. Esses autores relataram que em condição irrigada o peso de mil grãos variou de 36,6 a 47,9 g, enquanto na seca variou de 26,4 a 40,6 g, onde os genótipos com maior peso de mil grãos em ambos os sistemas possuíam resistência a seca. Esses resultados indicam que o genótipo Guardiã possui melhor adaptabilidade as condições climáticas dos ambientes analisados.

#### **4.5.4. Perfil Colorimétrico**

##### **4.5.4.1. Cor do Grão**

No parâmetro de Cor dos grãos, o valor L\* expressa a luminosidade da amostra, variando de 0 (preto) a 100 (branco), o valor a\* expressa a variação de cor do verde (-) ao vermelho (+) e o valor b\* a variação de cor do azul (-) ao amarelo (+).

Além da variação genotípica, os valores de L\*, a\* e b\* são correlacionados com os teores de fenólicos, antocianinas e capacidade antioxidante (SHAO et al., 2018), o que explica o menor valor de L\*, do genótipo Feroz cultivado em Passo Fundo. E Madrepérola cultivado em São Gotardo, apresentando maior valor.

##### **4.5.4.2. Cor da Farinha**

A cor da farinha de trigo é uma característica importante que influencia fortemente a aceitação do consumidor da própria farinha e de seus produtos

finais (Parker & Langridge 2000). O valor  $L^*$  é influenciado pelo processo de moagem e a taxa de pureza da farinha, como teor de cinzas, proteínas, pigmentos e teor de amido danificado presente na farinha (Posner, 2009). No presente estudo, não foram encontradas diferenças significativas quando comparado os genótipos e os ambientes de cultivo para o valor  $L^*$ , onde foi observado uma variação de 84,62 a 92,70.

A coloração amarela (valor  $b^*$ ) dos grãos está relacionada a composição dos carotenoides (Timm et al. 2021), onde os pigmentos amarelados naturais presentes na farinha de trigo afetam a cor do miolo do pão resultante, sendo considerado um aspecto negativo para a panificação (Lamsal & Faubio 2009). Os menores valor  $b^*$  encontrados no genótipo Madrepérola sugerem que esse genótipo possuiu uma baixa taxa de biossíntese de carotenoides durante o cultivo, o que beneficia a qualidade da farinha para a panificação.

#### **4.5.5. Capacidade de Retenção de Solventes (SRC)**

O teste de capacidade de retenção de solvente (SRC) usa a capacidade da farinha de reter uma variedade de solventes como forma de avaliar aspectos economicamente importantes da qualidade do trigo (*Triticum aestivum* L.), tais como teor de pentosana, danos ao amido, resistência ao glúten e retenção geral de água (Guttieri e Souza 2003).

A capacidade de retenção de água está associada a capacidade de absorção de água pela farinha de trigo, aspecto importante para o desenvolvimento das propriedades viscoelásticas da massa e no rendimento da produção de pães (Garcia-Santamaria, et al. 2018). Do ponto de vista tecnológico, a água proporciona a união das proteínas que dão origem ao glúten, controla a consistência da massa, dissolve os sais e hidrata o amido, deixando-o mais digerível e fornece meio propício ao desenvolvimento da atividade enzimática (Queji et al. 2006). Em geral, os maiores valores de SRC-water foram observados no genótipo Destak, independente do ambiente de cultivo.

A capacidade de retenção de Carbonato de Sódio está relacionada ao teor de amido danificado da farinha (Gaines et al. 2000) e implica na dureza do grão (Guzmán et al., 2016). Já a capacidade de retenção de sacarose está relacionada com as características das pentosanas e gliadinas existentes na

farinha (Pelegrin et al., 2016). No presente estudo, não foram encontradas diferenças significativas quando comparado os genótipos e os ambientes de cultivo para a capacidade de retenção de carbonato de sódio e sacarose.

A capacidade de retenção de ácido láctico é utilizada como um indicativo para o teor de gluteninas, proteína responsável pela força de glúten e elasticidade da massa (Gaines, 2000), influenciado diretamente na qualidade do pão (Pelegrin et al., 2016). Farinhas com SRC-ácido láctico maiores que 100% são indicadas para a fabricação de pães, pois está relacionado a um glúten forte (Pike & Macritchie 2004), diferente no observado em farinhas com SRC-ácido láctico menor de 100%, as quais possuem um glúten mais fraco, sendo indicado para a fabricação de biscoito (Guttieri et al., 2001). De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, independente do ambiente de cultivo, todos os genótipos obtiveram valores de SRC-ácido láctico superior a 100% (132,73-205,09%), sendo indicado para a utilização em pães.

#### **4.5.6. Número de Queda**

O genótipo Destak apresentou os maiores valores em todos os ambientes de cultivo, exceto em Uberaba. E o ambiente São Gotardo, todos os genótipos apresentaram os maiores valores, exceto para o genótipo Feroz.

Segundo Gutkoski et al. (2011), valores altos de número de queda indicam que há menor atividade de enzimas amilolíticas nas farinhas de trigo. Tanto o excesso quanto a escassez de enzimas, neste caso  $\alpha$ -amilase, pode interferir significativamente no processo de panificação, alterando as propriedades tecnológicas desses produtos.

Conforme Miranda, De Mori e Lorini (2005), a atividade enzimática pode ser classificada em baixa ( $\geq 351s$ ), ideal (201 – 350s) e alta ( $\leq 200s$ ). A baixa ou alta atividade enzimática não constitui um problema de difícil solução, pois pode-se estabelecer as proporções em que se deve misturar duas farinhas para a obtenção de uma mescla de um determinado número de queda, assim como estabelecer as doses de enzimas a serem adicionadas à farinha, caso necessário. O valor ótimo de número de queda depende das diferentes modalidades de produtos, receitas e processos. Segundo Gutkoski et al. (2007), o ideal para a fabricação de massas seria um FN superior a 350 segundos, para

a fabricação de pães e biscoitos fermentados, entre 225 a 275 segundos, e para a fabricação de bolos e biscoitos doces, entre 200 e 250 segundos.

De acordo com Pizzinatto (1997), recomenda-se valor de número de queda entre 200 e 300 segundos para a farinha de trigo, o qual enfatiza que este método é o mais rápido e adequado para determinar a atividade da alfa amilase.

#### **4.5.6. Alveografia**

A tenacidade é o parâmetro de qualidade que mede a resistência da massa do glúten, e está associado ao teor de gluteninas (Delcour e Hosney, 2010). Os maiores valores de tenacidade observado no genótipo Guardiã sugerem uma melhor adaptabilidade desse genótipo as condições de cultivo, principalmente nos ambientes de Uberaba (203,25 mm) e Arapoti (160,25 mm). Já para o genótipo Madrepérola foi observado os menores valores de tenacidade (46,25-64,25 mm), tornando a massa do glúten menos resistente.

Já a extensibilidade é relacionada a fração das gliadinas do glúten, e está associado a capacidade de extensão da massa sem que ocorra o rompimento (Dong et al. 2009), onde os menores valores de extensibilidade encontrados no genótipo 1403 (Passo Fundo) e no genótipo Guardiã (Arapoti e Uberaba) sugerem uma baixa adaptabilidade desses genótipos cultivados nesses ambientes, o qual irá proporcionar um pão de baixa qualidade.

A farinha de trigo é classificada de acordo com a força de glúten em média ( $< 200 \cdot 10^{-4}$  J), média forte (201 a  $300 \cdot 10^{-4}$  J) e forte (301 a  $400 \cdot 10^{-4}$  J) (Williams et al. 1988). A força do glúten está diretamente relacionada com a capacidade e qualidade de panificação (Gutkoski et al., 2008), onde para a produção de pães é indicado o glúten médio forte e forte, e para confeitaria e biscoito glúten médio (Williams et al., 1988). Apenas para os genótipos Madrepérola cultivado em Arapongas e Passo Fundo foram observados uma força de glúten menor que  $200 \cdot 10^{-4}$  J (médio), não sendo indicado para a produção de pães. Em Geral, todos os tratamentos obtiveram valores de força de glúten adequados para a produção de pães.

## 5. CONCLUSÕES

Os efeitos do genótipo e ambiente do trigo foram estudados e permite concluir que independente do genótipo utilizado, os ambientes de Arapoti e Uberaba apresentaram maior teor proteico. E o ambiente de São Gotardo apresentou maior teor de lipídios. O ambiente de Passo Fundo apresentou maior teor de fibras. O ambiente de São Gotardo apresentou maior valor de Peso Hectolitro. E o ambiente de São Gotardo apresentou maior valor para o número de queda.

Independente do ambiente de cultivo, o genótipo Guardião apresentou maiores valores de Peso de Mil Grãos, e o genótipo Madrepérola apresentou maiores valores de variação de  $a^*$  de perfil colorimétrico de farinha. A SRC-Água, o genótipo Destak apresentou maior valor. Genótipo Guardião apresentou maior valor para Tenacidade da farinha.

O genótipo Madrepérola quando cultivado no bioma da Mata Atlântica, é indicado para a fabricação de biscoitos. E quando cultivado no bioma do Cerrado é indicado para a fabricação de pão, através da análise de Força do W.

Em síntese, o genótipo Guardião mostrou-se mais adequado para o cultivo no bioma do Cerrado.

## 6 REFERÊNCIAS

AAAC Internacional. 2000. Métodos Aprovados da Associação Americana ciation of Cereal Chemists, 10ª Ed. Métodos 38-10, 44-19, 46-13, 55-30, 56-10 e 76-30A. A Associação: São Paulo, MN.

AACC. (2010). Métodos de análise aprovados (11ª ed.). Associação de Cereais e Grãos.

ABEDI, T.; ALEMZADEH, A.; KAZEMEINI, S. A. Effect of organic and inorganic fertilizers on grain yield and protein banding pattern of wheat. Australian Journal of Crop Science, v. 6, n. 4, p. 384-389, 2010

ABITRIGO. Associação brasileira das indústrias de trigo. Sobre o trigo.

ALTENBACH, S. B. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. Journal of Cereal Science, v.38, n.2, p.133-146, 2003.

Atwell, W. A., Finnie, S. 2016. Wheat Flour. In S. Finnie & W. A. Atwell (Eds.), Wheat Flour (pp. 1-16): AACC International Press.

BETTGE, A., MORRIS, C., DE MACON, V.L., AND KIDWELL, K. 2002. Adaptação do Método AACC 56-11, capacidade de retenção de solvente, para uso como ferramenta de seleção de primeira geração para o desenvolvimento de cultivares. Química de Cereais. 79:670-674.

BOUIS, H.E.; WELCH, R. M. Biofortification — A Sustainable Agricultural Strategy for Reducing Micronutrient Malnutrition in the Global South. Crop Science, v. 50, p.20- 32, 2010.

BRANDÃO, S. S.; LIRA, H. L. Tecnologia de Panificação e Confeitaria. Recife: EDUFRPE, 2011, 148p.

BRASIL. Regras para Análise de Sementes. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Brasília, p.346, 2009.

BRAZIL. Rules for seed analysis, 2010. In: Brasília, Brasil: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, vol. SNDA/DNDV/CLAV.

BROUNS, F. J. P. H.; VAN BUUL, V. J.; SHEWRY, P.R. Does wheat make us fat and sick? *Journal of Cereal Science*, v. 58, p. 209-215, 2013.

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

CALDEIRA, M. T. M., et al. Diversidade de trigos, tipificação de farinhas e genotipagem. *Biotecnologia e Desenvolvimento*, São Paulo, p. 44-48, 2003

CALDERINI, D.; ORTIZ-MONASTERIO, I. Grain Position Affects Grain Macronutrient and Micronutrient Concentrations in Wheat. *Crop Science*, v. 43, n. 1, p. 141-151, 2003.

CANIZARES, L.C.C., TIMM, N.S., LANG, G.H., GAIOSO, C.A., FERREIRA, C.D., OLIVEIRA, M., 2021. Effects of using wind exhausters on the quality and cost of soybean storage on a real scale. *Journal of Stored Products Research* 93, 1011834.

CIACCO, C. F., CHANG, Y. K., *Tecnologia de massas alimentícias*. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 187p. 1982.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, 2022. Disponível em [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br).

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

DAMODARAN, S. 2007. Amino Acids, Peptides, and Proteins. In S. Damodarn & K. L. Parkin (Eds), *Fennema's: food chemistry (fifth edition)*. USA, Florida: CRC Press.

DE VITA, P., MASTRANGELO, A. M., MATTEU, L., MAZZUCOTELLI, L., VIRZI, N., PALUMBO, M., CATTIVELLI, L., 2010. Effects of genetic improvement on

yield stability in durum wheat genotypes cultivated in Italy *Field Crops Research*, 119, 68-77, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.06.016>.

DELCOUR, J. A.; HOSENEY, R. C. Principles of cereal science and technology. ed. 3. St. Paul, Minnesota (EUA): AACC, 2010.

DOBRSZCZYK, B., MORGENSTERN, J., MARCO P. Rheology and the breadmaking process. *Journal of Cereal Science*, v. 38, n. 2, p. 229-245, 2003.

DUYVEJONCK, A. E.; LAGRAN, B., PAREYT, B.; COURTIN, C. M.; DELCOUR, J. A. Relative contribution of wheat flour constituents to solvent retention capacity profiles of European wheats. *Journal of Cereal Science*, v.53, n.3, 312-318, 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistemas de produção de trigo. Usos do trigo. Londrina, 2017.

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

GAGLIARDI, A., CARUCCI, F., MASCI, S., FLAGELA, Z., GATTA, G., E GIULIANI, M., 2020. Efeitos do genótipo, estação de crescimento e nível de nitrogênio na montagem de proteína de glúten de trigo duro cultivado sob condições mediterrâneas, *Agronomia*. 10, 755.

GAINES, C. S. Report of the AACC committee on soft wheat flour. Method 56-11, Solvent Retention Capacity Profile. *Cereal Foods World*, v. 45, p. 303-306, 2000.

GARCIA-SANTAMARIA, G., HUA, D., SNELLER, C. Quantitative trait loci associated with soft wheat quality in a cross of good by moderate quality parents. *PeerJ*, v. 6, p. e4498, 2018.

GUARIENTI, E.M., Defeitos em grãos de trigo. Passo Fundo: Embrapa – CNPT, 1997.32p. (Embrapa CNPT. Documentos 34).

GUTKOSKI, L, C, et al. Efeito do período de maturação de grãos nas propriedades físicas e reológicas de trigo. *Ciência e Tecnologia em Alimentos*, Campinas, v. 28, n. 4, out./dez. 2008.

GUTKOSKI, L, C., Trigo, Segregação, Tipificação e Controle de Qualidade. Editora Passografic. 2011.

GUTKOSKI, L., C., et al. Efeito do teor de amido danificado na produção de biscoitos tipo semi-duros. *Ciência e Tecnologia em Alimentos*, Campinas, v. 27, n. 1, jan./mar. 2007.

GUTTIERI, M. J.; BOWEN, D.; GANNON, D.; O'BRIEN, K.; SOUZA, E. Solvent retention capacities of irrigated soft white spring wheat flours. *Crop science*, v.41, n. 4, 1054-1061, 2001.

GUTTIERI, M. J.; SOUZA, E. Sources of variation in the solvent retention capacity test of wheat flour. *Crop science*, v.43, n.5, 1628-1633, 2003

GUZMÁN, C.; MONDAI, S.; GOVINDAN, V.; AUTRIQUE, J. E.; POSADAS, R. G.; CERVANTES, F.; PEÑA, R. J. Use of rapid tests to predict quality traits of CIMMYT bread wheat genotypes grown under different environments. *LWT-Food Science and Technology*, v.69, p.327-333, 2016.

ICTA - O Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2014.

IDUGEL, Curso Básico de Moagem. Apostila utilizada no curso de formação profissional em Moagem de Trigo, FAG-Cascavel, 2012.

JONES J. M.; PEÑA R. J., KORCZAK R., BRAUN H. J. Carbohydrates, grains, and wheat in nutrition and health. An overview Part I. Role of carbohydrates in health. *Cereal Foods World*, v. 60, p. 224-233, 2015.

KATYAL, M.; VIRDI, A. S.; KAUR, A.; SINGH, N.; KAUR, S.; AHLAWAT, A. K.; SINGH, A. M. Diversity in quality traits amongst Indian wheat varieties I: flour and protein characteristics. *Food chemistry*, v.194, p. 337-344, 2016.

KONG, L., SI, K., ZHANG, B., FENG, B., LI, S. WANG, F., 2013. Environmental modification of wheat grain protein accumulation and associated processing quality: a case study from China. *Aust. J. Crop Sci.* 7, págs 173-181.

KULP, K., PONTE JUNIOR, Joseph G. Handbook of cereal Science and technology. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 790p. 2000.

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

LACHMAN, J.; MARTINEK, P.; KOTÍKOVÁ, Z.; ORSÁK, M.; ŠULC, M. Genetics and chemistry of pigments in wheat grain – A review. *Journal of Cereal Science*, v. 74, p. 145–154, 2017.

LAMANNA, R.; CATTIVELLI, L.; MIGLIETTA, M. L.; TROCCOLI, A. Geographical origin of durum wheat studied by <sup>1</sup>H-NMR profiling. *Magnetic Resonance in Chemistry*, v. 49, n. 1, p. 1-5, 2011.

LÉON, A. E. De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación em Iberoamérica. Córdoba: Hugo Báez, 2007. 480p.

LI, Y., WU, YU., ESPINOSA, N.H., PEÑA, R.J., 2013, The influence of drought and heat stress on the expression of end-use quality parameters of common wheat, *Journal of Cereal Science*, 57, 73-78.

MANSTRETTA, V., MORCIA, C., TERZI, V., ROSSI, V., Germination of *Fusarium graminearum* ascospores and wheat infection are affected by dry periods and by temperature and humidity during dry periods *Phytopathology*, 106 (3) (2016), pp. 262-269.

MIRANDA, M. Z., DEMORI, C., LORINI, I., 2005. Qualidade do trigo brasileiro – safra 2004. Passo Fundo Embrapa Trigo, 92p.

NABIM. Wheat structure. Disponível em: <<http://www.nabim.org.uk/wheatestructure>>

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

PELEGRIN, A. J., CARVALHO, I. R., FERRARI, M., NARDINO, M., SZARESKI, V. I. J., MEIRA, D.; OLIVEIRA, A. C. Evaluation of solvent retention capacity of wheat (*Triticum aestivum L.*) flour depending on genotype and different timing of nitrogenous fertilizer application. *African Journal of Agricultural Research*, v.11, n.43, 4389- 4394, 2016.

PIKE, P. R., & MACRITCHIE, F. Protein composition and quality of some new hard white winter wheats. *Crop science*, v.44, n.1, 173-176, 2004.

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

QUEJI, M. D., SCHEMIN, MH; TRINDADE, JLF. Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase. uepg. *Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias*, v. 12, p. 21–29, 2006.

RAM, S., DAWAR, V., SINGH, R. P., SHORAN, J. Application of solvent retention capacity tests for the prediction of mixing properties of wheat flour. *Journal of Cereal Science*. v.42, n. 2, p. 261-266, 2005.

RAMOS, A.H., TIMM, N.S., FERREIRA, C.D. et al. Effects of the intensification of soybean defects: consequences on the physicochemical, technological, protein and oil properties. *Eur Food Res Technol* 247, 1277–1289, 2021.

RIBEIRO, G., PIMENTE, A. J. B., SOUZA, M. A., ROCHA, J. R. A. S. C., FONSECA, W. B. Estresse por altas temperaturas em trigo: impacto no desenvolvimento e mecanismos de tolerância. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 18, n. 2-4, p. 133- 142, 2012.

RIBEIRO, G., PIMENTE, A. J. B., SOUZA, M. A., ROCHA, J. R. A. S. C., FONSECA, W. B. Estresse por altas temperaturas em trigo: impacto no desenvolvimento e mecanismos de tolerância. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 18, n. 2-4, p. 133- 142, 2012.

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A.; MIRANDA, M. Z.; LIMBERGER, V. M. Trigo: Características e Utilização Na Panificação. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 13(2), p. 211–222, 2011.

SHAO, Y., HU, Z., YU, Y., MOU, R., ZHU, Z., BETA, T. Phenolic acids, anthocyanins, proanthocyanidins, antioxidant activity, minerals and their correlations in nonpigmented, red, and black rice. *Food Chemistry*, v. 239, p. 733–741, 2018.

SHEWRY, P. R., HAWKESFORD, M. J., PIIRONEN, V., LAMPI, A. M.; GEBRUERS, K., BOROS, D. WARD, J. L. Natural variation in grain composition of wheat and related cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 61, n. 35, p. 8295– 8303, 2013.

SHEWRY, P. R.; HEY, S. J. The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security*, v. 4, n. 3, p. 178–202, 2015.

SHI, K., YIN, T., ZHU, Y., LIU, B., TANG, L., CAO, W., LIU, L., Estimating the effect of low-temperature stress on the spatial distribution patterns of protein in wheat grains, *Journal of Cereal Science*, 105, 2022, 103461, <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103461>.

SINGH, S.; SINGH, N.; MACRITCHIE, F. Relationship of polymeric proteins with pasting, gel dynamic and dough empirical-rheology in different Indian wheat varieties. *Food Hydrocolloid*, v. 25, p. 19–24, 2011.

SLADE, L.; LEVINE, H. 1994. Structure-function relationships of cookie and cracker ingredients. Pages 23-141 in: *The Science of Cookie and Cracker Production*. H. Faridi, ed. Chapman and Hall: New York.

SONDEEP, S., GUPTA, A. K., GUPTA, S.K., KAUR, N., Effect of sowing time on protein quality and starch pasting characteristics in wheat (*Triticum aestivum L.*) genotypes grown under irrigated and rain-fed conditions, *Food Chemistry*, 122, 3, 2010, 559-565, 574.

STUDNICKI, M., WIJATA, M., SOBCZY, G., GOZDOWSKI, D., ROZBICKI, J., 2016. Effect of genotype, environment and crop management on yield and quality traits in spring wheat. *Journal of Cereal Science*, 72, pp.30-37.

STUPER-SZABLEWSKA, K. BUŚKO, M. GÓRAL, T. PERKOWSKI, J. 2014. The fatty acid profile in different wheat cultivars depending on the level of contamination with microscopic fungi, *Food Chemistry*, 153, 2014, 216-223.

SUN, H., JU, Q., MA, J., CHEN, J., LI, Y., YUAN, Y., LUAN, G. (2019). The effects of extruded corn flour on rheological properties of wheat-based composite dough and the bread quality. *Food science & nutrition*, 7(9), 2977-2985.

TORBICA, A.; DRASKOVIC, M.; TOMIC, J.; DODIG, D.; BOSKOVIC, J.; ZECEVIC, V. Utilization of Mixolab for assessment of durum wheat quality dependent on climatic factors. *Journal of Cereal Science*, v. 69, p. 344–350, 2016.

VÁZQUEZ, D. Aptitud Industrial de Trigo. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología Del INIA. *Série Técnica*, v. 177, p. 8–32, 2009.

WILLIAMS, P. C., et al. *Crop quality evaluation methods and guidelines*. 2. ed. Aleppo, Syria: ICARDA, 145p. 1988.

ZORB, C., LUDEWIG, U., HAWKESFORD, M.J., 2018, perspective on wheat yield and quality with reduced nitrogen supply *Trends Plant Sci.*, 23, pp. 1029-1037.