

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**QUALIDADE DO *Fagopyrum esculentum* Moench EM  
DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO**

**BARBARA CAROLINE FERREIRA**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2021**

**QUALIDADE DO *Fagopyrum esculentum* Moench EM DIFERENTES  
CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO**

**BARBARA CAROLINE FERREIRA**

Orientadora: Profa. Dra. VANDERLEIA SCHOENINGER

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal da Grande Dourados, como  
parte das exigências para conclusão do curso de  
Engenharia Agrícola.

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2021

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

F382q Ferreira, Barbara Caroline  
QUALIDADE DO Fagopyrum esculentum Moench EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE  
ARMAZENAMENTO [recurso eletrônico] / Barbara Caroline Ferreira. – 2021  
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Vanderleia Schoeninger.  
TCC (Graduação em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.  
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

I. conservação. 2. cor. 3. trigo mourisco. 4. farinha. I. Schoeninger, Vanderleia. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

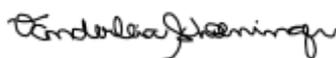
# QUALIDADE DO *Fagopyrum esculentum* Moench EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

Por

Barbara Caroline Ferreira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para  
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÍCOLA

Aprovado em: 22 de novembro de 2021.



---

Profa. Dra. Vanderleia Schoeninger  
Orientador – UFGD/FCA



---

Prof. Dr. André Luis Duarte Goneli  
Membro da banca – UFGD/FCA



---

Prof. Dr. Valdiney Cambuy Siqueira  
Membro da banca – UFGD/FCA

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pelo dom da vida, por ter me sustentado e dado forças em todos os momentos até aqui e pelas bênçãos concedidas na minha vida.

Aos meus pais, Adriana Ferreira e Cláudio Lísias Ferreira Junior pela educação e apoio que me deram durante minha vida, por todo incentivo e ajuda na minha graduação e pelos momentos de dificuldades que me instruíram com sua sabedoria.

Ao meu noivo Kauê da Rosa Lima por estar comigo em todos os momentos, me apoiando e ajudando na finalização do trabalho, pelo companheirismo, pelas alegrias e por toda a paciência e amor dedicado.

À minha orientadora Profa. Dra. Vanderleia Schoeninger por toda a sabedoria e conhecimento que me foi passado de forma tão carinhosa e paciente, pelo tempo em que se dedicou a realização desse trabalho e por todos os incentivos que foram fundamentais para concluir minha graduação.

Aos meus colegas do curso Gabriely Verão Dourado, Luana Larissa Ferreira Alencar, Maria Eduarda Lodo Navarro, Ana Clara Astolfi, Fábio da Silva Ferreira e Emerson Silva Ribeiro pela ajuda na execução das análises deste trabalho.

À Valéria Mensa Gomes, mestranda da UFGD que me ajudou na realização das análises.

Aos professores Valdiney Siqueira Cambuy e André Luís Duarte Goneli pelas sugestões para o desenvolvimento do trabalho e aos demais professores de Engenharia Agrícola por todo o conhecimento transmitido.

Às minhas colegas e amigas do curso de Engenharia Agrícola Luciana Aparecida Mauricio da Silva, Rayane Moreno Waterkemper e Larissa Porto Ale pela amizade e cumplicidade durante a graduação.

À Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) pela estrutura disponibilizada para a realização da pesquisa.

Aos técnicos dos laboratórios da UFGD pela ajuda e disponibilidade na realização das análises mesmo em período de pandemia.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO .....	VII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
3.1. ORIGEM E PRODUÇÃO MUNDIAL DO TRIGO MOURISCO .....	4
3.2. ARMAZENAMENTO.....	6
3.3. PSEUDOCEREAIS .....	7
3.4. ALIMENTOS GLÚTEN-FREE PARA PORTADORES DE DOENÇA CELÍACA.....	8
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
4.1. MATÉRIA-PRIMA .....	10
4.2. ARMAZENAMENTO.....	10
4.3. PROCESSAMENTO DA FARINHA .....	12
4.4. ANÁLISES DO GRÃO E DA QUALIDADE DA FARINHA DE TRIGO MOURISCO.....	12
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
5.1. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DOS GRÃOS DE TRIGO MOURISCO.....	16
5.2. AVALIAÇÃO DA COR DOS GRÃOS DE TRIGO MOURISCO.....	17
5.3. ÍNDICE DE ABSORÇÃO EM ÁGUA E SOLUBILIDADE DA FARINHA DE TRIGO MOURISCO .....	19
5.4. AVALIAÇÃO DA COR DA FARINHA DE TRIGO MOURISCO .....	20
5.5. DETERMINAÇÃO DO PH DA FARINHA DE TRIGO MOURISCO .....	22
5.6. ATIVIDADE DE ÁGUA (AW) DA FARINHA DE TRIGO MOURISCO .....	23
6. CONCLUSÃO.....	25
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26

FERREIRA, Barbara Caroline. **Qualidade do *Fagopyrum esculentum* Moench em diferentes condições de armazenamento.** 2021. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2021.

## RESUMO

O trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench), que também é conhecido como trigo mourisco, é um pseudocereal altamente nutritivo, rico em amido, fibra e proteínas. Por não conter glúten em sua composição, tem grande importância industrial para as pessoas alérgicas a glúten e para os celíacos, além de ser relevante para uma dieta nutricionalmente bem balanceada. Como parte da produção de grãos é armazenada em algum período e o adequado armazenamento evita perdas dos produtos agrícolas, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a qualidade dos grãos e da farinha de trigo mourisco sob condição ambiente e de baixa temperatura ao longo de 120 dias de armazenamento. Os grãos de trigo mourisco utilizados foram da cultivar IPR 92 Altar, cultivados na área Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), localizada em Dourados, Mato Grosso do Sul (MS). Após a colheita os grãos foram secos em condições controladas de laboratório e limpos de forma manual, separando as grandes impurezas para melhor análise do produto. O armazenamento dos grãos foi feito em embalagem papel do tipo kraft e em garrafas de polipropileno, acondicionados em condição ambiente e de baixa temperatura a 13 °C no período de 120 dias. Determinou-se o teor de água dos grãos, a condutividade elétrica e os parâmetros de cor. Já para a farinha, obtida da moagem dos grãos, determinou-se o teor de água e foi avaliada quanto aos parâmetros de qualidade: cor, atividade de água, pH, índice de absorção de água e solubilidade. O delineamento foi feito em parcelas subdivididas e os dados analisados através de análise de variância e testes de comparação de médias. Houve efeito estatístico significativo do tempo de armazenamento, da condição e da interação entre tempo e condição para a maioria das variáveis. Na análise de qualidade do grão, os 120 dias de armazenamento proporcionaram um aumento na condutividade elétrica e uma alteração na cor do grão, que perdeu a intensidade da cor preta. O teor de água do grão obteve tendência de redução em todas as condições de armazenamento, com exceção do R Kraft. Na análise da farinha de trigo mourisco, o pH, a atividade de água, a solubilidade e a absorção de água apresentaram resultados que comprovam a qualidade da farinha nos 120 dias de armazenamento.

**Palavras-chave:** Conservação; cor; trigo mourisco; farinha.

## ABSTRACT

Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), which is also known as buckwheat, is a highly nutritious pseudocereal rich in starch, fiber and protein. Because it does not contain gluten in its composition, it has great industrial importance for people allergic to gluten and celiacs, besides being relevant for a nutritionally well-balanced diet. As part of grain production is stored in some period and the adequate storage prevents losses of agricultural products, the objective of this work was to evaluate the quality of buckwheat grains and flour under ambient and low temperature conditions over 120 days of storage. The buckwheat grains used were from the cultivar IPR 92 Altar, cultivated in the Experimental area of the Federal University of Grande Dourados (UFGD), located in Dourados, Mato Grosso do Sul (MS). After harvest the grains were dried under controlled laboratory conditions and cleaned manually, separating the large impurities for better product analysis. The grain was storage in kraft paper packaging and polypropylene bottles, packed in ambient condition and low temperature at 13 °C in the period of 120 days. The water content of the grains, the electrical conductivity and the color parameters were determined. For the flour, obtained from the grinding of the grains, the water content was determined and the parameters of color quality, water activity, pH, water absorption index and solubility were evaluated. The design was done in subdivided plots and the data were analyzed through variance analysis and mean comparison tests. There was a significant statistical effect of storage time, condition and interaction between time and condition for most variables. In the grain quality analysis, the 120 days of storage provided an increase in electrical conductivity and a change in grain color, which lost the intensity of the black color. The water content of the grain obtained a trend of reduction in all storage conditions, with the exception of R Kraft. In the analysis of buckwheat flour, pH, water activity, solubility and water absorption showed results that prove the quality of the flour in the 120 days of storage.

**Keywords:** Conservation; color; buckwheat; flour.

## 1. INTRODUÇÃO

O trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench), ou também conhecido como trigo sarraceno, é considerado um pseudocereal devido à ausência de glúten em sua composição, além de ser altamente nutritivo, rico em amido, fibras e proteínas de alta qualidade, com grande importância na indústria e alta presença de aminoácidos essenciais, tendo ainda maior biodisponibilidade quando comparada a outros grãos, como trigo, arroz, milho e sorgo (CORDOBA, 2019; VILLALUENGA; PEÑAS; LEDESMA, 2020). Pertencente à família *Polygonaceae*, o trigo mourisco é uma dicotiledônea e não apresenta parentesco com espécies como o trigo comum (*Triticum aestivum* L.), que são cereais classificados como monocotiledôneas referentes à família *Gramineae* (WENDLER; SIMONETTI, 2016; BRITES, 2017). Sua origem se deu na Ásia central em meados do século XX, e chegou na região sul do Brasil no mesmo século, trazido pelos imigrantes russos, poloneses e alemães (CORDOBA, 2019; JARA, 2018).

Nos últimos anos, os alimentos “Glúten Free” (GF) estão se tornando uma forte tendência industrial devido ao aumento das doenças celíacas e reações alérgicas relacionadas ao glúten. Vários estudos apontam que os alimentos GF possuem uma baixa qualidade nutricional, com níveis elevados de gordura, açúcar e sódio, além de fornecerem pouca proteína e minerais (VILLALUENGA; PEÑAS; LEDESMA, 2020). Por isso, o trigo mourisco pode ser de grande importância para a dieta humana nutricionalmente bem balanceada, pois por ser um pseudocereal, possui constituintes únicos que os cereais comuns não proporcionam (IZYDORCZYK et al., 2014), além de ser um alimento GF. Também apresenta proteínas de alto valor biológico, quantidade relevante de minerais, vitaminas e especialmente compostos fenólicos, tornando-se uma alternativa saudável para pacientes celíacos (JARA, 2018).

Parte da produção de grãos é armazenada em algum período, e a importância de um armazenamento adequado consiste em reduzir as perdas e preservar sua qualidade, além da possibilidade de suprir demandas entressafras. De acordo com Paraginski et al. (2015), a temperatura é um dos principais fatores que interferem na qualidade de armazenamento de grãos e a utilização de baixas temperaturas de conservação possibilitam preservar a qualidade do produto por mais tempo e também reduzir sua deterioração. A redução da temperatura dos grãos diminui a velocidade das reações bioquímicas e metabólicas dos grãos (PARAGINSKI et al., 2015), e estudos demonstram que o armazenamento em baixas temperaturas pode paralisar o desenvolvimento de insetos e pragas, e, conseqüentemente, o reduzir o nível de infestação (RIGUEIRA et al., 2009).

Na literatura, há alguns trabalhos que comprovam que o armazenamento em temperatura ambiente em alguns casos, proporciona maior perda de qualidade para alguns tipos de grãos, quando comparado ao armazenamento em temperatura baixa. Em sua pesquisa sobre os grãos de soja, Alencar et al. (2009) concluíram que um alto teor de água combinado a uma alta temperatura intensifica o processo de deterioração dos grãos armazenados, e que é possível armazenar a soja com 14,8 % de teor de água por até 180 dias com uma temperatura de 20 a 30 °C. Paraginski et al. (2015) também concluíram em sua pesquisa que o grão de milho armazenado em temperaturas superiores a 15°C provoca aumento dos processos metabólicos dos grãos, reduzindo seu percentual de germinação e aumentando a condutividade elétrica, mesmo com baixos teores de água.

A determinação da atividade de água tanto do trigo quanto da farinha é de extrema importância pois expressa a quantidade de água disponível para reações metabólicas e reação com os microrganismos, relacionando a conservação dos grãos com o teor de água. Durante o armazenamento, pode ocorrer a oxidação de lipídios que acarreta no escurecimento, que é um fator importante para a indústria. Outro parâmetro a ser considerado é o pH do produto, que podem alterar o aroma e o sabor da farinha e causar prejuízo na comercialização do mesmo. A análise de condutividade elétrica serve para avaliar a qualidade dos grãos baseados na perda da integridade das suas membranas que consiste na lixiviação de solutos citoplasmáticos que são medidos com um condutímetro (COSTA et al., 2010). Outra propriedade física de grande relevância é o índice de absorção de água, que reflete a capacidade do grânulo de amido do trigo em absorver água, e o índice de solubilidade, que está relacionado à quantidade de sólidos solúveis presentes em uma amostra seca permitindo a verificação da qualidade em função da gelatinização, dextrinização e consequente solubilização do amido (LUSTOSA; LEONEL; MISCHAN, 2009).

Devido a poucas pesquisas sobre o armazenamento do trigo mourisco e visto que o mesmo tem grande importância como fonte alimentar, principalmente para os portadores de doenças celíacas, é de grande relevância o estudo do armazenamento dos grãos a fim de se conhecer a qualidade do produto ao ser armazenado durante um certo período.

## 2. OBJETIVOS

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a qualidade dos grãos e da farinha de trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench L.) em diferentes embalagens sob condição ambiente e de baixa temperatura ao longo dos 120 dias de armazenamento.

### 2.1. Objetivos específicos

Como objetivos específicos tem-se:

- Determinar o teor de água dos grãos e verificar a qualidade dos grãos inteiros de trigo mourisco através de análises de condutividade elétrica e cor nos 120 dias de armazenamento;
- Realizar o processamento dos grãos de trigo mourisco na forma de farinha, determinar o teor de água e avaliar o pH, cor, solubilidade e atividade de água da farinha nos 120 dias de armazenamento.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

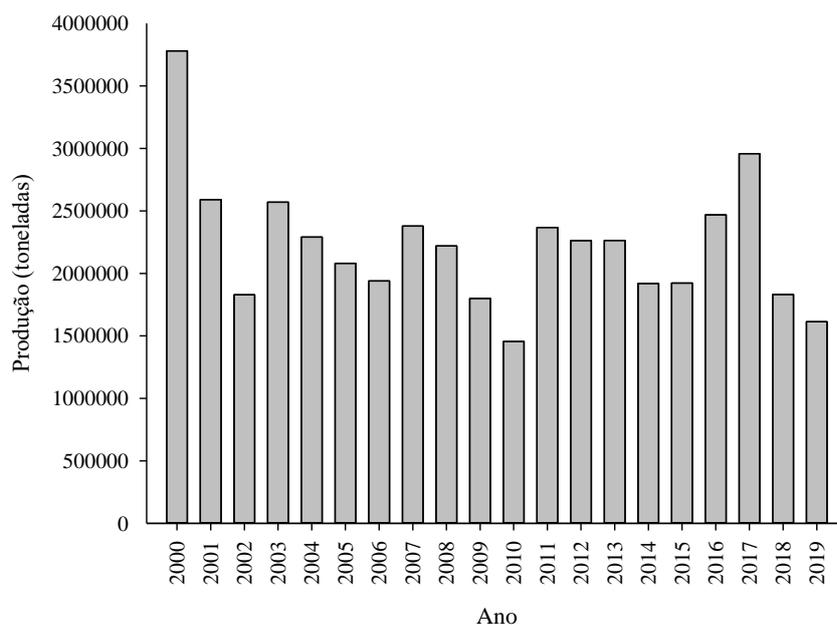
#### 3.1. Origem e produção mundial do trigo mourisco

Acredita-se que o primeiro relato da origem do trigo mourisco tenha sido da China central e ocidental, sendo originada de uma espécie selvagem da Ásia, a *Fagopyrum cymosum* (ALBERTA, 2001). De acordo com Léder (2009), o trigo sarraceno é cultivado na China há pelo menos 1500 anos e possui referências sobre sua produção nos séculos V e VI dC. O grau mais elevado de cultivo foi na Alemanha no século XVII, mas a partir do século seguinte houve uma queda de sua produção devido ao menor retorno por acre quando comparado com outras variedades mais modernas (LÉDER, 2009).

Ainda de acordo com Léder (2009), no século XX sucedeu uma diminuição da produção, principalmente na Rússia e França, até que no Canadá, que também havia passado por uma queda de produção, começou a desenvolver seu cultivo na década de 1960 em função das crescentes demandas por exportações por parte do Japão, e só a partir de 1980 o trigo mourisco se tornou popular, resultante da grande busca por alimentos naturais e do seu alto valor nutricional.

O trigo mourisco foi introduzido no Brasil no século XX, através dos imigrantes russos, poloneses e alemães (CORDOBA, 2019; JARA, 2018). Essa inserção ocorreu na década de 1970, com incentivo a sua produção na região do Paraná, onde chegou a atingir um cultivo anual de 1200 toneladas de sementes em 30 mil hectares que eram destinados para a indústria de panificação e para exportação, principalmente para o Japão, Holanda, Polônia e EUA (SILVA et al., 2002).

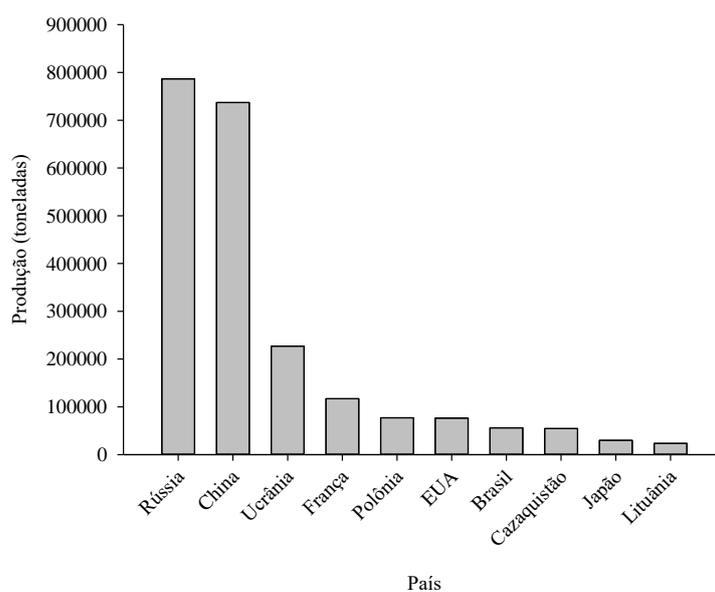
Na figura 1 tem-se a produção de trigo mourisco do ano de 2000 a 2019, em contexto mundial. Percebe-se que houve uma queda de produção em 2001, porém considerando as oscilações, a produção permaneceu em torno de 2 milhões de toneladas ao ano (FAOSTAT, 2021). Em comparação entre os anos de 2000 a 2019, de acordo com a FAO (2021), o ano de 2019 apresentou a menor área cultivada de trigo mourisco, mas superou a produção do ano de 2010, que foi registrado como a menor produção dentro deste período (Figura 1).



**Figura 1.** Média da produção mundial de trigo mourisco (2000-2019).

Fonte: FAO, 2021.

Considerando o mesmo período de tempo (2000-2019), os maiores produtores de trigo mourisco foram Rússia, China e Ucrânia (Figura 2), sendo que o Brasil foi o 7º maior produtor mundial de trigo mourisco, o 2º maior produtor do continente americano e o 1º maior produtor da América Latina. (FAOSTAT, 2021).



**Figura 2.** Maiores países produtores de trigo mourisco (2000-2019).

Fonte: FAO, 2021.

Segundo a FAO (2021), o Brasil produziu 65.255,00 toneladas de trigo mourisco no ano de 2019, ocupando o 5º lugar no ranking dos maiores produtos (Tabela 1). Atualmente, com os dados da FAO (2021) apresentados na Tabela 1, a França e a Polônia, que se apresentavam a frente do Brasil (Figura 2), deixaram de fazer parte do grupo de maiores produtores mundiais. De acordo com informações do site Agrolink (2020), a diminuição da produção de trigo e cevada na França em 2019 se deve ao clima adverso e a infestação de pragas, que levou a queda de produção e exportação.

**Tabela 1.** Dados da produção (ton) e ranking dos 10 maiores produtores de trigo mourisco no ano de 2019.

<b>Ranking</b>	<b>País</b>	<b>Média Produção (ton)</b>
1º	Rússia	785.702,00
2º	China	430.166,00
3º	Ucrânia	85.020,00
4º	EUA	84.225,00
5º	Brasil	65.255,00
6º	Cazaquistão	44.998,00
7º	Japão	42.600,00
8º	Tanzânia	22443,00
9º	Canadá	18.000,00
10º	Bielorrússia	16.959,00

### 3.2. Armazenamento

O armazenamento tem-se por objetivo a conservação dos aspectos qualitativos e quantitativos dos grãos, proporcionando condições que não são favoráveis ao desenvolvimento de fungos, insetos e roedores. Faroni et al. (2005) também afirma que o armazenamento de grãos é definido como um ecossistema onde pode-se ocorrer mudanças qualitativas e quantitativas devido às interações entre fatores físicos, químicos e biológicos.

Parte da produção de grãos é armazenada em algum período, e o adequado armazenamento evita perdas dos produtos agrícolas, além de suprir demandas entressafras e dar a possibilidade de obtenção de melhores preços. Dessa forma, para que o produto possa ser comercializado após a colheita, é necessário um armazenamento adequado que mantenha sua qualidade ao longo do tempo, conservando ao máximo as características do grão recém-colhido e assegurando o valor comercial do produto estocado, o que nem sempre ocorre devido ao déficit de capacidade estática em função do aumento dos níveis de produção (RIBEIRO, 2007; ZIEGLER; PARAGINSKI; FERREIRA, 2021).

A temperatura é um dos principais fatores que interferem diretamente na qualidade do armazenamento de grãos. Em seu estudo sobre o efeito da temperatura na qualidade do milho armazenado, Paraginski et al. (2015) observaram que o teor de água, germinação, peso de mil grãos e condutividade elétrica tiveram maiores alterações nos grãos armazenados em temperaturas elevadas, como 35 °C, comprovando que os grãos sob baixas temperaturas apresentam maior estabilidade no armazenamento quando comparado com o armazenamento em altas temperaturas.

Segundo Ziegler, Paraginski e Ferreira (2021), os insetos, fungos, pássaros e roedores são os principais causadores da redução da matéria seca e da qualidade dos produtos armazenados, assim como a respiração, que também causa perda de matéria seca durante o armazenamento, mesmo que em menor quantidade. Em climas tropicais a temperatura ambiente, por ser ideal para o desenvolvimento de pragas, contribui para o aquecimento da massa de grãos, aumentando a atividade respiratória e consequentemente a deterioração do produto, que é ainda mais agravada com a incidência de grãos quebrados devido ao fácil acesso dos microrganismos nas partes internas, promovendo a atividade enzimática autolítica (CAMPOS, 2001).

De acordo com Bragantini (2005) e Rigueira et al. (2009), a temperatura é o fator mais importante na conservação de grãos, pois a medida que há um acréscimo na temperatura, as reações químicas acompanham esse crescimento. Bragantini (2005) afirma ainda que mesmo produtos com um teor de água mais elevados podem ser armazenados com segurança, desde que em baixas temperaturas, pois a redução da temperatura inibe o desenvolvimento de insetos e pragas.

Em seu trabalho com milho, Aguiar et al. (2012) verificaram que o resfriamento artificial conservou os grãos com uma qualidade superior quando comparado a temperatura ambiente, indicando menores valores de condutividade elétrica, ao contrário da temperatura ambiente (23°C), onde houve maior velocidade de deterioração do produto.

### **3.3. Pseudocereais**

Classificam-se como pseudocereais os grãos pertencentes às espécies dicotiledôneas que possuem alto teor de amido em suas sementes, que se assemelha aos cereais, classificados como monocotiledôneas (CORDOBA, 2019). Os pseudocereais possuem um alto valor nutricional, ricos em amido, fibras, proteína e aminoácidos essenciais, além de serem uma boa fonte de vitaminas, minerais (ferro, cálcio e zinco) e fotoquímicos (CORDOBA, 2019;

VILLALUENGA; PEÑAS; LEDESMA, 2020). As espécies de pseudocereais mais importantes e consumidas são quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), amaranto (*Amaranthus* sp.) e trigo mourisco (*Fagopyrum* sp.) (VILLALUENGA; PEÑAS; LEDESMA, 2020).

O amido equivale a aproximadamente 54,5 % de seu peso seco total, sendo o principal carboidrato presente no trigo mourisco (REPO-CARRASCO-NCIA; ARANA, 2017). Segundo Prakash e Yadav (2016), o amido deste pseudocereal possui propriedades únicas, onde umas constituem os amidos dos tubérculos e outras dos cereais, com alto teor de gordura bruta e amilase.

O trigo mourisco possui cerca de 12 a 18,9 % de proteína em sua composição, apresentando valores mais altos que no milho (*Zea mays*) (10 %) e semelhante ao trigo (*Triticum spp.*), que é de aproximadamente 13 % (CHRISTA; SORAL-ŠMIETANA, 2008; MOTA, 2015). Os pseudocereais se sobressaem devido a melhor qualidade proteica, especialmente se tratando de aminoácidos essenciais como lisina (aminoácido limitante nos cereais) e aminoácidos sulfurados (limitantes nas leguminosas) (FAO; WHO; UNU, 2007).

A solubilidade, além da constituição química do grão, também depende em grande parte do amido e da proteína presente no mesmo (LOPES, 2010). Comparado com outros pseudocereais, o trigo mourisco apresenta maior teor de amido (DE BOCK et al., 2021; 2021TORBICA; HADNADEV; DAPČEVIĆ HADNADEV, 2012) e maior teor de compostos fenólicos (HAGER et al., 2012; ALVAREZ-JUBETE et al., 2010).

### **3.4. Alimentos glúten-free para portadores de doença celíaca**

Segundo Mota (2015) e Nascimento (2014), o glúten proporciona elasticidade, textura e estrutura na preparação dos produtos de panificação, e pode ser definido como um tipo de proteína que está presente em diversos cereais, como trigo, centeio e cevada. A maior parte desta proteína é formado pela glutenina e gliadina, componentes estes que não são digeridos integralmente pelo trato gastrointestinal dos seres humanos, e para os indivíduos com doenças celíacas, são as gliadinas que causam a toxidez do glúten no organismo (NASCIMENTO, 2014).

Os alimentos “Glúten Free” (GF) estão se tornando uma forte tendência industrial que está em grande expansão devido ao aumento das doenças celíacas, uma doença autoimune desencadeada devido a uma reação imunológica à ingestão de glúten que causa danos nas vilosidades intestinais (ARAÚJO et al., 2010; MOTA, 2015). Este crescimento se deve ao fato dos pseudocereais serem uma alternativa aos cereais que são livres de glúten, como o arroz e o

milho, podendo ainda ser também uma ótima alternativa para alimentos com elevado índice glicêmico (MOTA, 2015).

Nascimento (2014) afirma em sua pesquisa que há indícios de bons resultados com a substituição parcial de alguns alimentos habituais na alimentação humana (farinha de arroz, batata e amido de milho) por farinha de trigo mourisco, sendo ainda responsável pelo aumento da qualidade em produtos de panificação devido ao acréscimo na atividade antioxidante e no teor de compostos fenólicos.

Diversos estudos comprovam a viabilidade de inserir os pseudocereais em alimentos “glúten free” por ser uma excelente fonte de fibra alimentar e elevado nível de proteína, amido e aminoácidos. Diante disso, a Organização Mundial de Gastroenterologia (OMG) recomendou a inclusão do amaranto, quinoa e o trigo mourisco na dieta dos pacientes portadores de doença celíaca com o objetivo de complementar a ingestão de micronutrientes (MOTA, 2015).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Matéria-prima**

Os grãos de trigo mourisco utilizados foram da cultivar IPR 92 Altar, cultivados na área Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), localizada em Dourados, Mato Grosso do Sul (MS), com 22° 13' 58,656" de latitude Sul e 54° 59' 28,521" de longitude Oeste, e altitude média de 420 metros. A semeadura foi realizada no dia 17 de outubro de 2020 e a colheita feita no dia 09 de fevereiro de 2021. Após a colheita os grãos foram secos a sombra em condição de laboratório, espalhados no chão em camada de aproximadamente 2 cm e limpos de forma manual, removendo-se as impurezas e grãos danificados.

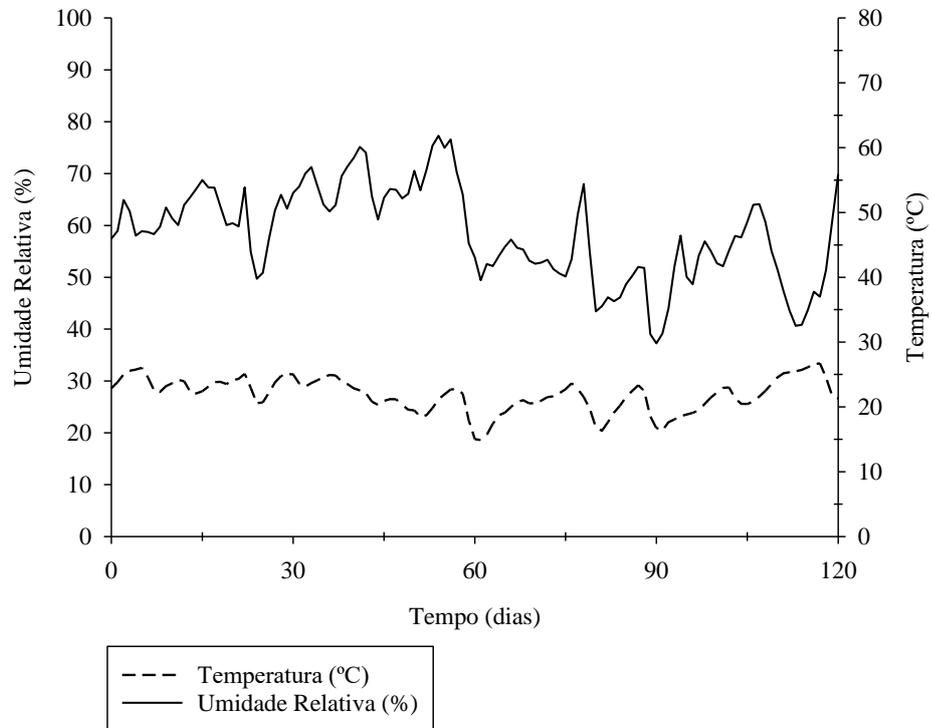
### **4.2. Armazenamento**

Para realizar o acondicionamento, foram utilizadas quatro condições de armazenamento com amostras de aproximadamente 200g de grãos em embalagens de garrafa pet e papel do tipo kraft. Como a garrafa pet foi acondicionada totalmente fechada, a mesma simulou um armazenamento hermético. As condições foram definidas como: condição ambiente em embalagem pet (A Pet); condição ambiente em embalagem kraft (A Kraft); condição a baixa temperatura em embalagem pet (R Pet); e condição a baixa temperatura em embalagem kraft (R Kraft). Foram definidos cinco tempos de armazenamento, com seus respectivos dias: Tempo 0; Tempo 30; Tempo 60; Tempo 90 e Tempo 120 e para cada condição, o produto foi armazenado no período de 120 dias, e cada tempo contou com repetições em triplicata. Ressalta-se que, no tempo de 30 dias não foi possível a realização de análises, pois coincidiu com o período em que foi decretado lockdown no município de Dourados, impedindo a as avaliações nesse período. Nas amostras foram realizadas as análises de qualidade do grão e da farinha de trigo mourisco.

Para condição de temperatura ambiente, os grãos foram armazenados em condições de laboratório, e para a condição de baixa temperatura, os grãos acondicionados nas embalagens foram depositados no interior de um freezer vertical com controlador de temperatura digital à temperatura média de 13°C ao longo dos 120 dias de armazenamento.

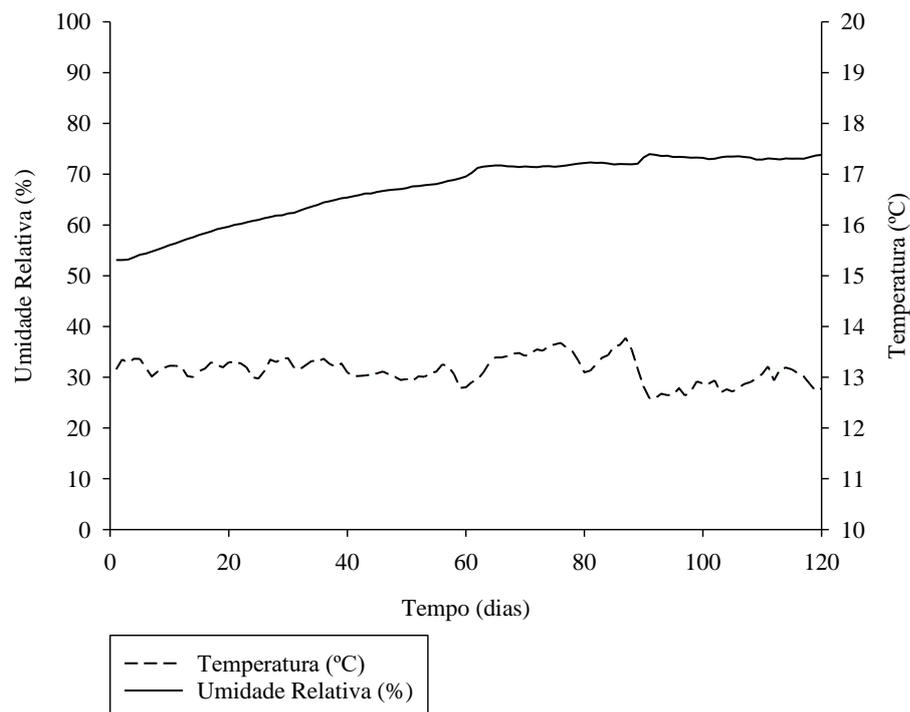
Foram utilizados em ambas as condições de armazenamento termo-higrômetros, visando coletar os dados de temperatura e umidade relativa ao longo do tempo.

Na Figura 3 estão presentes os dados de temperatura e umidade relativa registrados e armazenados pelo termo-higrômetro na condição ambiente empregada ao produto.



**Figura 3.** Temperatura (°C) e umidade relativa (%) no armazenamento em condição ambiente.

Na Figura 4 estão presentes os dados de temperatura e umidade relativa registrados e armazenados pelo termo-higrômetro na condição de baixa temperatura empregada ao produto.



**Figura 4.** Temperatura e umidade relativa no armazenamento em condição de baixa temperatura.

### 4.3. Processamento da Farinha

Para obter a farinha de trigo mourisco, foi selecionada uma parte dos grãos para ser processada inicialmente em um moedor manual utilizado para café. Posteriormente, os grãos moídos foram agitados em uma bandeja para retirar o excesso de casca e depois separados em uma peneira doméstica com abertura de 2 mm. A farinha obtida dessa primeira separação foi submetida a um segundo processamento, utilizando um liquidificador doméstico. Em seguida, a farinha foi separada em uma peneira de 42 mesh para se obter uma granulometria menor, e por fim foi acondicionada em embalagens plásticas até o momento das análises de qualidade.

### 4.4. Análises do grão e da qualidade da farinha de trigo mourisco

A determinação da condutividade elétrica dos grãos foi obtida segundo a metodologia de Marcos Filho (2015), com amostras de 50 sementes, que foram devidamente pesadas com balança de precisão de três casas decimais e colocadas em um recipiente contendo 50 mL de água destilada. As amostras foram mantidas em incubadora tipo BOD a 25 °C durante 24 horas. Após esse período, foi realizada a leitura da condutividade elétrica na solução de embebição, em um condutímetro de bancada da marca ION, modelo DS-703<sup>a</sup>, previamente calibrado. O

resultado obtido foi dividido pela massa dos 50 grãos (em gramas) da respectiva amostra, onde os valores foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ .

Foi realizada a análise de cor para os grãos inteiros de trigo mourisco e para a farinha que foi processada. Para as duas análises, foram colocadas amostras do produto em placas de petri onde a cor foi mensurada com o aparelho colorímetro, Konica Minolta® modelo CR-400, com uma abertura de lente de 22 mm para a farinha, e pelo aparelho colorímetro Konica Minolta® modelo CR-410 com 54 mm de abertura para os grãos, que através da refletância captou os valores para luminosidade expresso por  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (verde-vermelho) e  $b^*$  (azul-amarelo), onde  $L^* = 0$ , preto;  $L^* = 100$ , branco;  $-a^* =$  verde;  $+a^* =$  vermelho;  $-b^* =$  azul; e  $+b^* =$  amarelo. Foram selecionadas 5 amostras em triplicata, dispostas nas placas petri com 5 leituras em cada placa na direção norte, sul, leste, oeste e centro.

O teor de água dos grãos foi determinado através do método padrão da estufa (BRASIL, 2009), em amostras de grãos com 10 g de produto, e o teor de água da farinha pelo método AOAC (2006) com amostras de farinha com 3,0 g de produto acondicionados em recipientes de alumínio que foram acondicionados em uma estufa de circulação forçada a 105 °C durante 24 horas. Após o tempo determinado, as amostras foram pesadas novamente, em balança semi-analítica, apresentando sua massa seca e os resultados expressos em teor de água em base úmida (%).

A atividade de água da farinha foi determinada com o equipamento Aqua.Lab (BrasEq®), calibrado com água destilada e com as soluções de NaCl 0,756 e KCl 0,487. As amostras de farinha foram colocadas em uma cápsula de plástico e inseridas individualmente no equipamento, que realizou a leitura da atividade de água ( $a_w$ ) e da temperatura da amostra (°C).

Para a determinação do pH, foi adicionada uma amostra de 5,0 g de farinha de trigo mourisco e 100 mL de água destilada em um erlenmeyer de 125 mL, que foi agitada até a amostra estar totalmente diluída e deixada em repouso por 20 minutos. Para a aferição do potencial hidrogeniônico, utilizou-se um pHmetro de mesa da marca Tecnal, modelo Tec-7, devidamente calibrado (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

As determinações dos índices de absorção de água (IAA) e de solubilidade (ISA) das farinhas foram baseadas no método de Anderson, Conway e Griffin (1969), modificada por Kaur e Singh (2006). Em um tubo de centrífuga (com tampa) previamente pesado e tarado foram colocados 3,0 g de amostra e 30 mL de água a 28°C. Os tubos foram agitados durante 30 minutos num agitador mecânico e, em seguida, centrifugados a 3000 rpm por 15 minutos. O sobrenadante foi decantado para determinação do conteúdo sólido utilizando-se um cadinho de

porcelana (placa de petri, cadinho) previamente pesado e as amostras secas em estufa durante 08 horas a temperatura de 105 °C.

O índice de absorção de água foi calculado pela Equação 1.

$$IAA = \frac{\text{Massa do sedimento no tubo (g)}}{\text{Massa da amostra em base seca (g)}} \quad (1)$$

Em que:

IAA – índice de absorção de água, g.gramas de farinha<sup>-1</sup>.

O índice de solubilidade em água será determinado pela Equação 2.

$$ISA = \frac{\text{Massa de resíduo da evaporação (g)}}{\text{Massa da amostra em base seca (g)}} 100 \quad (2)$$

Em que:

ISA – índice de solubilidade em água, %.

#### 4.5. Planejamento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas as quatro condições de armazenagem dos grãos (A Pet, A Kraft, R Pet e R Kraft) e as subparcelas os tempos de armazenamento (0, 60, 90 e 120 dias). Os dados foram analisados através da análise de variância (Teste F) e o teste de comparação de médias Tukey empregado quando necessário, ao nível de 5 % de significância.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando as condições de armazenamento, é possível identificar uma distinção maior dos grãos em baixa temperatura em embalagem kraft quando comparado a outras condições, sendo ainda a única condição que seguiu uma tendência ao aumento do teor de água (Tabela 3). Para o teor de água da farinha é verificado o mesmo comportamento visto no teor de água dos grãos, com um aumento na condição de baixa temperatura em embalagem kraft, e sendo ainda a única condição a apresentar a mesma tendência.

Os grãos são produtos higroscópicos, e devido a sua característica porosa, são capazes de adsorver ou ceder água do ambiente, buscando obter um equilíbrio higroscópico entre o grão e o ambiente. Tanto no armazenamento em condição ambiente quanto em baixa temperatura, houve oscilação na temperatura e na umidade relativa do ar ambiente, resultando no ganho e na perda de umidade para o mesmo. Nas condições A Pet, A Kraft e R Pet dos grãos e da farinha houve um decréscimo no teor de água devido ao processo de dessorção, que consiste na perda de água em forma de vapor devido a pressão de vapor d'água sobre a superfície do grão ser maior do que a pressão de vapor d'água do ar ambiente (SILVA; AFONSO; DONZELLES, 2008).

**Tabela 3.** Médias do teor de água dos grãos e da farinha em relação ao tempo e condições de armazenamento.

Teor de água do grão (%)				
Tempo (dias)	Condição			
	A Pet	A Kraft	R Pet	R Kraft
0	11,63 ± 0,44 <sup>B</sup>	11,63 ± 0,44 <sup>B</sup>	11,63 ± 0,44	11,63 ± 0,44 <sup>A</sup>
60	12,43 ± 0,10 <sup>aC</sup>	12,93 ± 0,04 <sup>aC</sup>	12,47 ± 0,15 <sup>a</sup>	13,75 ± 0,10 <sup>bB</sup>
90	11,69 ± 0,06 <sup>bB</sup>	11,12 ± 0,23 <sup>aAB</sup>	11,67 ± 0,08 <sup>ab</sup>	13,78 ± 0,19 <sup>cB</sup>
120	10,50 ± 0,07 <sup>aA</sup>	10,86 ± 0,10 <sup>aA</sup>	10,98 ± 0,05 <sup>a</sup>	14,26 ± 0,28 <sup>bB</sup>
Teor de água da farinha (%)				
Tempo (dias)	Condição			
	A Pet	A Kraft	R Pet	R Kraft
0	11,13 ± 0,14 <sup>AB</sup>	11,13 ± 0,14 <sup>A</sup>	11,13 ± 0,14	11,13 ± 0,14 <sup>A</sup>
60	11,33 ± 0,07 <sup>aBC</sup>	12,16 ± 0,06 <sup>bB</sup>	11,36 ± 0,17 <sup>a</sup>	12,72 ± 0,26 <sup>cB</sup>
90	11,61 ± 0,15 <sup>bC</sup>	11,16 ± 0,09 <sup>aA</sup>	11,55 ± 0,11 <sup>b</sup>	12,95 ± 0,20 <sup>cBC</sup>
120	10,78 ± 0,09 <sup>aA</sup>	10,85 ± 0,06 <sup>aA</sup>	11,02 ± 0,17 <sup>a</sup>	13,12 ± 0,31 <sup>bC</sup>

**Notas:** Valores expressos em média ± desvio padrão; A Pet: condição ambiente em embalagem pet, A Kraft: condição ambiente em embalagem kraft, R Pet: condição de baixa temperatura em embalagem pet, R kraft: condição de baixa temperatura em embalagem kraft; letras minúsculas iguais na linha indicam médias iguais estatisticamente pelo teste de Tukey, letras maiúsculas iguais na coluna representam médias iguais estatisticamente pelo teste de Tukey.

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios e P-valores que foram obtidos através da análise de variância para as variáveis avaliadas em grão e farinha de trigo mourisco armazenados durante 120 dias em diferentes condições.

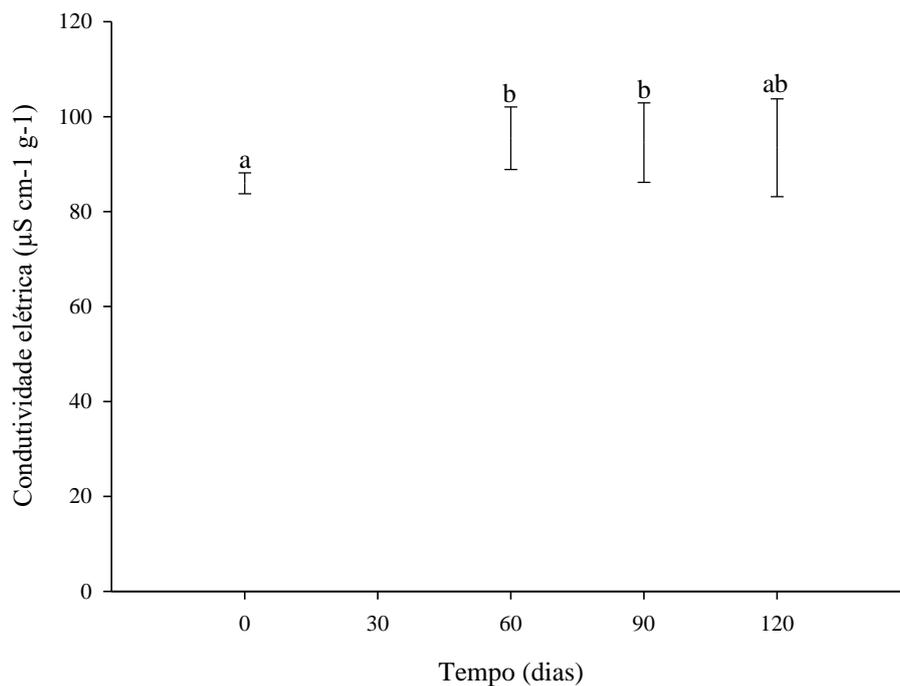
**Tabela 2.** Valores médios e P-valores obtidos na análise de variância para as variáveis avaliadas em grãos e farinha de trigo mourisco armazenados durante 120 dias em diferentes condições.

Variável Resposta	Média geral ± Desvio Padrão	P-valor (Condição)	P-valor (Tempo)	P-valor (Condição x Tempo)
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ )	92,37 ± 8,18	0,2698	0,0124*	0,5411
L* grão	31,99 ± 0,45	0,3460	0,0000*	0,1281
a* grão	4,75 ± 0,12	0,2914	0,1133	0,9166
b* grão	7,59 ± 0,35	0,5862	0,5617	0,9765
L* farinha	81,15 ± 1,61	0,0001*	0,0000*	0,0000*
a* farinha	1,81 ± 0,26	0,0269*	0,0000*	0,0771
b* farinha	8,70 ± 0,78	0,0003*	0,0002*	0,0002*
Índice de absorção de água (%)	1,25 ± 0,10	0,0000*	0,0000*	0,0073*
Solubilidade (%)	5,67 ± 1,63	0,0004*	0,0000*	0,0015*
Atividade de água	0,44 ± 0,06	0,0145*	0,0007*	0,2061
pH	6,59 ± 0,14	0,0733	0,0000*	0,0255*

**Notas:** Valores expressos em média geral ± desvio padrão; P-valor obtido na análise de variância sendo considerado um delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, ao nível de 5 % de significância; \*: significativo ao nível de 5 % no teste F.

### 5.1. Condutividade elétrica dos grãos de trigo mourisco

Na figura 5 são apresentados os valores médios de condutividade elétrica. Observa-se que apenas o tempo apresentou efeito estatístico significativo ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2). Com uma média de  $85,97 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ , o tempo de 0 dias se mostrou estatisticamente igual ao tempo de 120 dias e diferente do tempo 60 e 90, retratando um incremento no valor da condutividade elétrica dos grãos de trigo mourisco nos tempos 60, 90 e 120 dias.



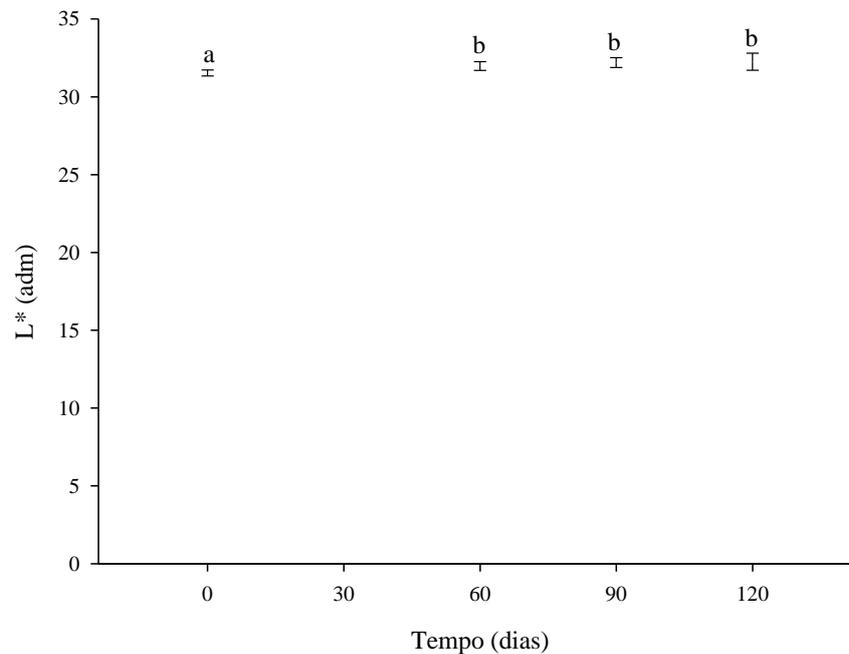
**Figura 5.** Valores médios de condutividade elétrica dos grãos em função do tempo de armazenamento.

Em decorrência dos grãos serem organismos vivos, durante o armazenamento ocorre o processo respiratório, liberando assim calor, água e gás carbônico, gerando reações químicas e enzimáticas que provocam um aumento na desestruturação celular e na lixiviação de sais (ZIEGLER et al., 2017; ELIAS; OLIVEIRA; VANIER, 2018). Com o prolongamento do tempo de armazenamento, conforme se intensifica a respiração, as reações químicas continuam ocorrendo, podendo comprometer a integridade física e a qualidade do produto. Como não há diferença estatística significativa pelo teste de Tukey entre o tempo 0 e 120 dias, o parâmetro condutividade elétrica demonstrou manutenção da qualidade do grão de trigo mourisco durante o armazenamento.

Em seu trabalho com o armazenamento do milho em diferentes temperaturas, Faroni et al. (2005) observaram que houve um aumento da condutividade elétrica nos 120 dias de armazenamento em todas as temperaturas, indicando que além da temperatura, o tempo de armazenamento também é um fator que interfere na condutividade elétrica, e que esse comportamento está ligado com a deterioração da membrana celular do grão.

## 5.2. Avaliação da cor dos grãos de trigo mourisco

Em decorrência do teste F da análise de variância, apenas a variável tempo apontou efeito estatístico significativo, onde o P-valor encontrado foi menor que 0,05 (Tabela 2). Observa-se que apenas o valor de  $L^*$  do tempo 0 dias se mostrou menor e diferente estatisticamente dos demais tempos, indicando uma tendência de perda da intensidade da cor preta no tegumento (Figura 6).



**Figura 6.** Dados médios do componente de cor  $L^*$  dos grãos em função do tempo de armazenamento

De acordo com Cardoso et al. (2009), os carotenóides são pigmentos responsáveis pela coloração das folhas e frutos. Esses carotenóides protegem as células dos danos oxidativos que podem ser causados pelo oxigênio (MORAIS, 2006). Os carotenóides estão presentes na estrutura dos alimentos, e quando essa estrutura é quebrada e o mesmo exposto à luz, calor e compostos pró-oxidantes, causa degradação da estrutura, causando a perda da intensidade da cor do alimento (MORAIS, 2006). Contudo, a principal perda de carotenóides é a degradação causada pela oxidação, o que pode explicar o aumento da coordenada  $L^*$  nos tempos de 60, 90 e 120 dias.

Em relação às coordenadas de cor  $a^*$  e  $b^*$  não foram observados efeitos estatisticamente significativos no tempo, na condição de armazenamento e na interação entre eles (Tabela 2).

### 5.3. Índice de absorção em água e solubilidade da farinha de trigo mourisco

Ao realizar as análises de IAA e ISA (Tabela 4), observou-se que para ambos os índices ocorreram efeitos estatísticos significativos da interação entre os fatores tempo e da condição de armazenamento ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 4.** Médias de índice de absorção e índice de solubilidade em água em relação ao tempo e condições de armazenamento.

Índice de absorção em água (g.gramas de farinha <sup>-1</sup> )				
Tempo (dias)	Condição			
	A Pet	A Kraft	R Pet	R Kraft
0	1,17 ± 0,01 <sup>A</sup>	1,17 ± 0,01 <sup>A</sup>	1,17 ± 0,01 <sup>A</sup>	1,17 ± 0,01 <sup>B</sup>
30	-	-	-	-
60	1,34 ± 0,08 <sup>bb</sup>	1,25 ± 0,06 <sup>abA</sup>	1,32 ± 0,03 <sup>bb</sup>	1,19 ± 0,07 <sup>ab</sup>
90	1,34 ± 0,06 <sup>bb</sup>	1,42 ± 0,10 <sup>bb</sup>	1,41 ± 0,03 <sup>bb</sup>	1,23 ± 0,04 <sup>ab</sup>
120	1,29 ± 0,03 <sup>bb</sup>	1,25 ± 0,04 <sup>ba</sup>	1,21 ± 0,03 <sup>ba</sup>	1,06 ± 0,01 <sup>aA</sup>
Índice de solubilidade em água (%)				
Tempo (dias)	Condição			
	A Pet	A Kraft	R Pet	R Kraft
0	6,84 ± 0,02 <sup>B</sup>	6,84 ± 0,02 <sup>B</sup>	6,84 ± 0,02 <sup>B</sup>	6,84 ± 0,02 <sup>C</sup>
30	-	-	-	-
60	7,42 ± 0,38 <sup>bb</sup>	6,06 ± 0,20 <sup>abB</sup>	7,18 ± 0,21 <sup>bb</sup>	5,00 ± 0,28 <sup>ab</sup>
90	4,61 ± 1,75 <sup>ba</sup>	4,16 ± 0,78 <sup>abA</sup>	2,98 ± 0,75 <sup>aA</sup>	3,03 ± 0,88 <sup>aA</sup>
120	6,92 ± 1,08 <sup>bb</sup>	6,38 ± 0,29 <sup>bb</sup>	6,35 ± 0,37 <sup>bb</sup>	3,30 ± 0,52 <sup>aA</sup>

**Notas:** Valores expressos em média ± desvio padrão; A Pet: condição ambiente em embalagem pet, A Kraft: condição ambiente em embalagem kraft, R Pet: condição de baixa temperatura em embalagem pet, R kraft: condição r de baixa temperatura em embalagem kraft; letras minúsculas iguais na linha indicam médias iguais estatisticamente pelo teste de Tukey, letras maiúsculas iguais na coluna representam médias iguais estatisticamente pelo teste de Tukey.

Constata-se aumento nos valores do índice de absorção em todas as condições de armazenamento até o tempo de 90 dias, onde a partir de então, os valores caem ligeiramente no tempo de 120 dias. Já no parâmetro de índice de solubilidade nota-se uma diferença na condição de baixa temperatura em embalagem kraft quando comparado com as demais, pois os valores desta condição são menores quando feito uma média comparativa entre as outras condições.

Os índices de absorção de água (IAA) e solubilidade de água (ISA) de farinhas são importantes principalmente para a indústria alimentícia, pois o IAA consiste na capacidade do grânulo de amido em absorver água e o ISA é a quantidade de sólidos solúveis presentes em uma amostra seca, sendo um parâmetro que determina a degradação total do amido (FIORDA et al., 2013; LUSTOSA; LEONEL; MISCHAN, 2009).

Verma et al. (2020) verificaram valores médios para IAA de 1,21 g.gramas de farinha-1 e os mesmos autores destacam que com processos de irradiação dos grãos, ocorre aumento neste índice de qualidade da farinha. Pode-se inferir que o aumento de IAA durante o armazenamento até 90 dias pode ser resultado da formação de açúcares simples que apresentam maior afinidade com a água.

Santana, Oliveira Filho e Egea (2017) realizaram um trabalho sobre as características tecnológicas de farinhas comerciais (adquiridas em mercados) e obtiveram o IAA da farinha de aveia A de 0,85, da farinha de aveia B de 1,20 e da farinha de trigo branco de 1,15. Os valores foram próximos ao IAA da farinha de trigo mourisco.

A farinha de trigo branco e as farinhas de aveia A e B apresentaram valores baixos de ISA, sendo que o mais próximo do trigo mourisco, cuja média foi de  $(5,67 \pm 1,63)$  foi o trigo branco, com aproximadamente 6 % de solubilidade em água. Contudo, a forma de obtenção da farinha pode alterar os índices de ISA e IAA devido a diferença de granulometria e a desestruturação do amido.

#### 5.4. Avaliação da cor da farinha de trigo mourisco

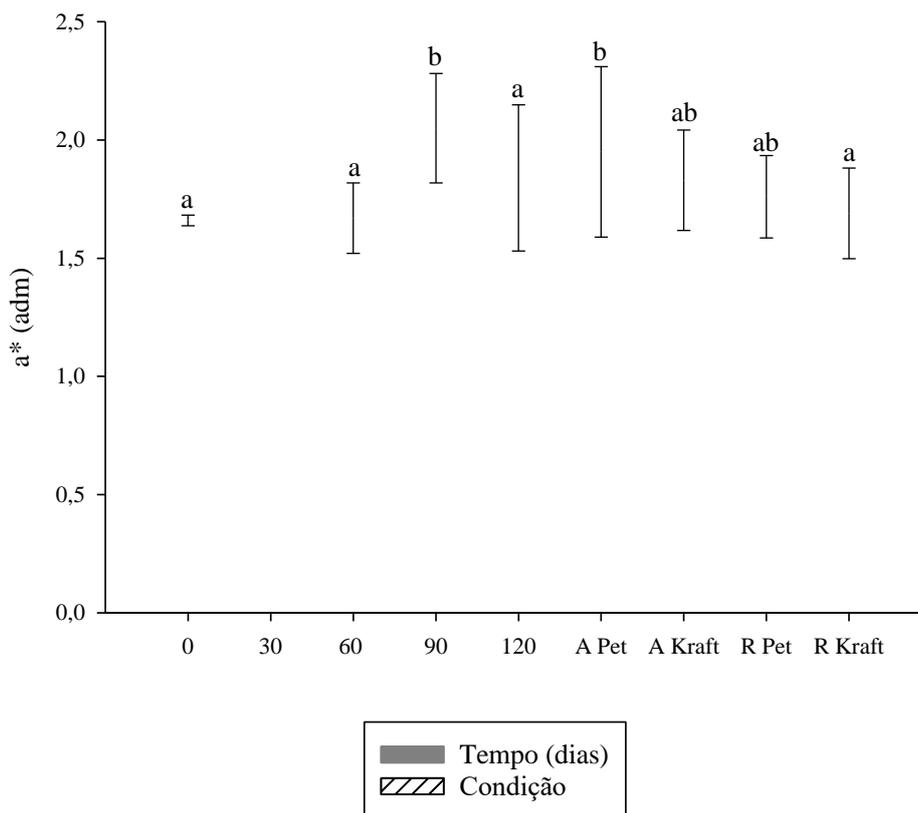
Nota-se que os maiores valores de L\* no decorrer dos 120 dias foram constatados na condição de baixa temperatura em embalagem kraft (Tabela 5). O mesmo comportamento não foi visto na coordenada a\* e b\*, já que os valores mais discrepantes foram obtidos na condição ambiente em embalagem pet.

**Tabela 5.** Médias das coordenadas de cor L\* e b\* da farinha de trigo mourisco em relação ao tempo e as condições de armazenamento.

L* farinha				
Tempo (dias)	Condição			
	A Pet	A Kraft	R Pet	R Kraft
0	82,36 ± 0,32 <sup>C</sup>	82,36 ± 0,32 <sup>C</sup>	82,36 ± 0,32 <sup>C</sup>	82,36 ± 0,32 <sup>A</sup>
30	-	-	-	-
60	79,62 ± 0,03 <sup>aAB</sup>	80,86 ± 0,31 <sup>bB</sup>	80,80 ± 0,68 <sup>bB</sup>	82,36 ± 0,43 <sup>cA</sup>
90	78,98 ± 0,28 <sup>aA</sup>	78,67 ± 0,12 <sup>aA</sup>	79,05 ± 0,22 <sup>aA</sup>	81,86 ± 0,91 <sup>bA</sup>
120	80,09 ± 0,89 <sup>aB</sup>	80,95 ± 0,27 <sup>aB</sup>	81,11 ± 0,29 <sup>aB</sup>	84,56 ± 0,64 <sup>bB</sup>
b* farinha				
Tempo (dias)	Condição			
	A Pet	A Kraft	R Pet	R Kraft
0	8,87 ± 0,05 <sup>A</sup>	8,87 ± 0,05 <sup>AB</sup>	8,87 ± 0,05	8,87 ± 0,05 <sup>C</sup>
30	-	-	-	-

60	$9,93 \pm 0,19^{bAB}$	$8,51 \pm 0,33^{abAB}$	$8,73 \pm 0,29^{ab}$	$7,96 \pm 0,31^{aB}$
90	$9,90 \pm 0,50^{bB}$	$9,28 \pm 0,25^{bB}$	$9,08 \pm 0,07^b$	$7,77 \pm 0,37^{aB}$
120	$9,58 \pm 1,14^{cAB}$	$8,34 \pm 0,31^{bA}$	$8,47 \pm 0,16^b$	$6,89 \pm 0,09^{aA}$

**Notas:** Valores expressos em média  $\pm$  desvio padrão; A Pet: condição ambiente em embalagem pet, A Kraft: condição ambiente em embalagem kraft, R Pet: condição de baixa temperatura em embalagem pet, R kraft: condição de baixa temperatura em embalagem kraft; letras minúsculas iguais na linha indicam médias iguais estatisticamente pelo teste de Tukey, letras maiúsculas iguais na coluna representam médias iguais estatisticamente pelo teste de Tukey.



**Figura 7.** Dados médios da coordenada  $a^*$  da farinha de trigo mourisco em função do tempo e da condição de armazenamento.

Pode se afirmar, de acordo com a Tabela 5 e a Figura 7, que a farinha de trigo mourisco se aproxima da coloração branca, com a média  $L^* = 81,15 \pm 1,61$  e apresenta componentes que tendem a cor vermelha ( $+a^*$ ) e a cor amarela, ( $+b^*$ ). Cordoba (2011) desenvolveu 9 formulações com misturas de farinha de trigo sarraceno, farinha de arroz e amido do trigo sarraceno, todas em diferentes proporções. A formulação que havia maior quantidade de trigo sarraceno (30 %) obteve menor valor de  $L^*$  e maior valor de  $a^*$  e  $b^*$ .

No decorrer do armazenamento houve uma redução do parâmetro de cor  $L^*$ , principalmente na temperatura ambiente, com tendência ao escurecimento da farinha de trigo mourisco. Já na condição de baixa temperatura em embalagem kraft foi observado o

comportamento inverso às outras condições, tendendo ao clareamento da farinha de trigo sarraceno com o armazenamento.

Quando os compostos fenólicos presentes nos vegetais entram em contato com o oxigênio, ocorre o processo de oxidação pelas enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidases (POD), resultando na formação de pigmentos escuros que causam o escurecimento do grão (LIMA; TOMÉ; ABREU, 2014; SANTOS, 2009; SOUZA; LEÃO, 2012). Nota-se que nas condições de baixa temperatura o escurecimento enzimático foi menor, sendo que na embalagem kraft não houve essa oxidação. Isso pode ser explicado devido a redução da respiração do grão quando submetidos a baixa temperatura, fazendo com que diminua a atividade enzimática (LIMA; TOMÉ; ABREU, 2014).

Para a farinha ser considerada branca, seu valor de  $L^*$  deve ser maior que 93, o  $a^*$  deve ser inferior a 0,5 ou negativo e  $b^*$  inferior a 8 (ORTOLAN; HECKTHEUER; MIRANDA, 2010). Na literatura é comprovado que a forma de moagem dos grãos influencia diretamente na cor do trigo mourisco e de qualquer outro tipo de farinha (YU et al., 2018). Por este motivo, os valores das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  podem apresentar alterações devido ao método de processamento dos grãos de trigo mourisco.

### 5.5. Determinação do pH da farinha de trigo mourisco

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios do potencial hidrogeniônico (pH) da farinha, onde a análise apresentou diferenças estatísticas significativas na interação entre tempo e condição de armazenagem ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 6.** Valores médios do pH em relação ao tempo e as condições de armazenamento.

Tempo (dias)	pH			
	Condição			
	A Pet	A Kraft	R Pet	R Kraft
0	$6,51 \pm 0,04^A$	$6,51 \pm 0,04^A$	$6,51 \pm 0,04^A$	$6,51 \pm 0,04^B$
30	-	-	-	-
60	$6,51 \pm 0,08^{bA}$	$6,48 \pm 0,04^{abA}$	$6,45 \pm 0,02^{abA}$	$6,38 \pm 0,02^{aA}$
90	$6,53 \pm 0,04^{aA}$	$6,54 \pm 0,01^{aA}$	$6,67 \pm 0,14^{bB}$	$6,56 \pm 0,02^{abB}$
120	$6,75 \pm 0,04^B$	$6,79 \pm 0,02^B$	$6,85 \pm 0,03^C$	$6,81 \pm 0,03^C$

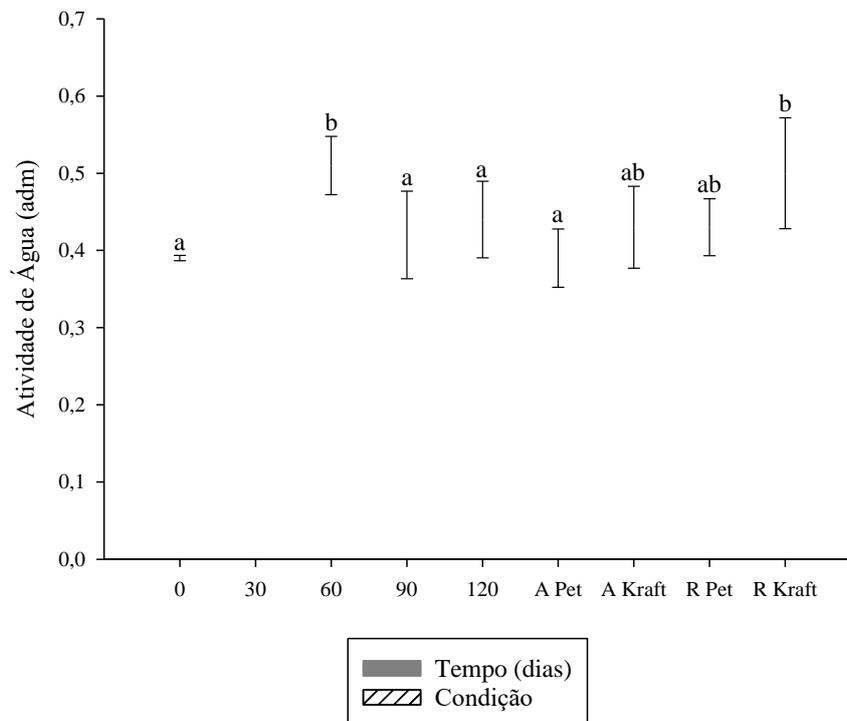
**Notas:** Valores expressos em média  $\pm$  desvio padrão; A Pet: condição ambiente em embalagem pet, A Kraft: condição ambiente em embalagem kraft, R Pet: condição de baixa temperatura em embalagem pet, R kraft: condição de baixa temperatura em embalagem kraft; letras minúsculas iguais na linha indicam médias iguais estatisticamente pelo teste de Tukey, letras maiúsculas iguais na coluna representam médias iguais estatisticamente pelo teste de Tukey.

Observa-se que na farinha de trigo mourisco houve um acréscimo nos valores de pH ao longo dos 120 dias. O pH está associado com a acidez, pois quando menor o valor de pH, maior será o índice de acidez.

Os alimentos podem ser classificados de 3 formas: baixa acidez com pH acima de 4,5; acidez média com pH de 4,0 a 4,5 e alta acidez com pH abaixo de 4,0 (BIBEK, 2004). Contudo, a farinha de trigo mourisco apresentou uma média de  $6,59 \pm 0,14$  ao longo do armazenamento, se encaixando como alimento de baixa acidez e com características mais alcalinas. Para a indústria de processamento é muito importante conhecer esta característica deste material, pois implica-se em manejo de processos visando estabilidade e melhores características sensoriais.

### 5.6. Atividade de água ( $a_w$ ) da farinha de trigo mourisco

Na Figura 8 encontram-se os valores de atividade de água ( $a_w$ ) da farinha de trigo mourisco. Analisando somente a variável tempo, observa-se que apenas o tempo 60 dias foi significativamente diferente. Isso indica que os valores de atividade de água para o tempo de 0, 90 e 120 dias foram estatisticamente iguais. Já na variável condição, o ambiente em embalagem kraft e a condição de baixa temperatura em embalagem pet foram estatisticamente iguais.



**Figura 8.** Valores médios de atividade de água da farinha em função do tempo e das condições de armazenamento.

O amido nativo presente no carboidrato é parcialmente solúvel em água fria, pois esses grânulos de amido possuem fortes ligações de hidrogênio (BORSATO, 2019). Como a atividade de água expressa a quantidade de água disponível para reações metabólicas e reação com os microrganismos, ela está relacionada com o teor de água do grão. Dessa forma os valores de atividade de água do trigo mourisco, que é rico em amido, são baixos, pois a água se liga fortemente ao amido reduzindo a água disponível para reações metabólicas.

Os valores médios de tempo e condição obtidos na análise de aw variaram de aproximadamente 0,4 a 0,5 (Tabela 6), o que implica a ocorrência de três processos de deterioração: oxidação de lipídios; escurecimento não-enzimático; e atividade enzimática

Todas as médias das variáveis presentes na Tabela 6 não possibilitam o desenvolvimento de microrganismos, já que os mesmos ocorrem com o valor de atividade de água superior a 0,6, sendo possível armazenar trigo mourisco de forma segura por 60, 90 e 120 dias (GARCIA, 2004).

## 6. CONCLUSÃO

- O tempo de armazenamento proporcionou aumento nos valores de condutividade elétrica. O teor de água obteve uma tendência de redução em todas as condições de armazenamento, com exceção da condição R Kraft que apresentou um incremento em todos os tempos. A cor foi alterada nos 120 dias de armazenamento, perdendo a intensidade da cor preta.
- O pH, a atividade de água, a solubilidade e a absorção de água apresentaram resultados que comprovam a qualidade da farinha de trigo mourisco. A farinha tende a ter um leve escurecimento da cor ao longo do armazenamento.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R. W. de S. *et al.* Efeito do dióxido do carbono, temperatura e armazenamento sobre sementes de soja e micoflora associada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 554-560, jul./set. 2012.

ALBERTA, Common Buckwheat, Alberta. Canadá: jul. 2001. Disponível em: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex103](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex103). Acesso em: 5 set. 2021.

ALENCAR, E. R. de *et al.* Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.

ALVAREZ-JUBETE, L. *et al.* Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. **Food Chemistry**, v. 119, n. 2, p. 770-778, mar. 2010.

ANDERSON R. A.; CONWAY, V. F. P.; GRIFFIN, E. L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion cooking. **Cereal Science Today**, v.14, n.1, p.4-7, 1969.

ARAÚJO, H. M. C. *et al.* Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 468-474, jun. 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 16. ed. Gaithersburg: AOAC, 2006.

BRAGANTINI, C. Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão. **Documentos. Embrapa Arroz e Feijão**, 21 ed., 28 p., 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Regras para análises de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

BRITES, L. T. G. F. **Aplicação de trigo sarraceno em panificação: pão de forma convencional e sem glúten**. 2017. 213 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 2017.

CAMPOS, M. G. **Avaliação de quebra técnica e qualidade do milho a granel, em função da temperatura de secagem e do tempo de armazenamento**. 2001. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

CARDOSO, W. S. *et al.* Variabilidade de genótipos de milho quanto à composição de carotenoides nos grãos. **Pesq. Agropec. Bras**, Brasília, v. 44, n. 2, p. 164-173, fev. 2009.

CHRISTA, K.; SORAL-SMIETANA, M. Buckwheat Grains and Buckwheat Products – Nutritional and Prophylactic Value of their Components – a Review. **Czech Journal of Food Sciences**, Olsztyn, V. 26, N. 3, P. 153-162, 2008.

CORDOBA, L. P. **Caracterização da farinha e amido de trigo sarraceno (*fagopyrum esculentum*) e desenvolvimento de pão sem glúten**. 2019. 198 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, 2019.

DE BOCK, P. *et al.* Comparison of the Chemical and Technological Characteristics of Wholemeal Flours Obtained from Amaranth (*Amaranthus* sp.), Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Buckwheat (*Fagopyrum* sp.) Seeds. **Alimentos**, 22 p. 2021.

FAO; WHO; UNU (Food and Agriculture Organization; World Health Organization; United Nations University). **Protein and amino acid requirements in human nutrition**. WHO Technical Report Series 935, p. 150, 2007. Disponível em: [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43411/WHO\\_TRS\\_935\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43411/WHO_TRS_935_eng.pdf). Acesso em: 5 set. 2021.

FARONI L. R. A. *et al.* Avaliação qualitativa e quantitativa do milho em diferentes condições de armazenamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa-MG, v. 13, n. 13, p. 193-201, jul./set., 2005.

FIORDA, S. A. *et al.* Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 408-416, out./dez. 2013.

GARCIA, D. M. **Análise de atividade de água em alimentos armazenados no interior de granjas de integração avícola**. 2004. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

HAGER, A. S. *et al.* Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. **Journal of Cereal Science**, v. 56, n. 2, p. 239-247, set. 2012.

IZYDORCZYK, M. S. *et al.* 2014. Canadian buckwheat: A unique, useful and under-utilized crop. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 94, p. 509-524, 16 set. 2014.

JARA, P. A. **Qualidade tecnológica e nutricional da farinha de trigo mourisco**. 2018. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2018.

KAUR, M.; SINGH, N. Relationships between selected properties of seeds, flours, and starches from different chickpea cultivars. **International Journal of Food Properties**, v.9, n.1, p. 597–608, 2006.

LÉDER, I. Buckwheat, Amaranth and Other Pseudocereal Plants. In: FULEKY, G. **Cultivated Plants, Primrily as Food Sources**. United Kingdom: Eolss, 2009. p. 84-92.

LIMA, R. A. Z.; TOMÉ, L. M. ABREU, C. M. P. de. Embalagem a vácuo: efeito no escurecimento e endurecimento do feijão durante o armazenamento. **Ciência Rural**, v. 44, n. 9, p. 1664-1670, set. 2014.

LOPES, L. C. M. **Determinação das melhores condições de extrusão e caracterização de farinha de feijão para utilização como ingrediente de alimentos instantâneos**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

LUSTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Influência de parâmetros de extrusão na Absorção e solubilidade em água de farinhas Pré-cozidas de mandioca e caseína. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, v. 20, n. 2, p. 223-229, abr./jun. 2009.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 659 p.

MORAIS, F. L. de. **Carotenóides: características biológicas e químicas**. 2006. 70 f. Monografia (Especialização em Qualidade em Alimentos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MOTA, B. K. Avaliação do teste de envelhecimento acelerado, com diferentes metodologias, na determinação do vigor de sementes de quinoa. 2015. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

NASCIMENTO, A. B. do. **Desenvolvimento de produto alimentício sem Glúten elaborado a partir da percepção de Consumidores celíacos**. 2014. 208 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

ORTOLAN, F.; HECKTHEUER, L. H.; MIRANDA, M. Z. de. Efeito do armazenamento à baixa temperatura (-4 °C) na cor e no teor de acidez da farinha de trigo. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, 2010.

PARAGINSKI, R. T. *et al.* Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 358–363, 2015.

PRAKASH, S.; YADAV, K. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) as a Functional Food: A Nutraceutical Pseudocereal. **International Journal of Current Trends in Pharmacobiology and Medical Sciences**, v. 1, n. 3, p. 1-15, ago. 2016.

REPO-CARRASCO-NCIA, R.; ARANA, J. V. Carbohydrates of Kernels. In: HAROS, C. M.; SCHONLECHNER, R. **Pseudocereals: Chemistry and Technology**. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2007. p. 49-70.

RIGUEIRA, R. J. A. de. *et al.* Armazenamento de grãos de café cereja descascado em ambiente refrigerado. **Revista Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 4, p. 323-333, jul./ago. 2009.

SANTANA, G. S.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; EGEA, M. B. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 2, p. 88-95, abr./jun. 2017.

SANTOS, I. R. C. dos. **Escurecimento enzimático em frutos: polifenoloxidase de atemóia (*Annona cherimola* mill. X *Annona squamosa* L.)**. 2009. 120 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade De Ciências Farmacêuticas de Araraquara, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2009.

SILVA, D. B. da *et al.* Avaliação de Genótipos de Mourisco na Região do Cerrado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, 21 ed., 20 p, 2002.

SILVA, J. de S. *et al.* **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. In: SILVA, J. de S; AFONSO, A. D. L.; DONZELLES, S. M. L. Secagem e secadores. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. p. 107-138.

SOUZA, A. F. de; LEÃO, M. F. Análises dos métodos mais eficientes na inibição do escurecimento enzimático em frutas e hortaliças. **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 117-125, 2012.

TORBICA, A.; HADNADEV M.; DAPČEVIĆ HADNADEV T. Rice and buckwheat flour characterisation and its relation to cookie quality. **Food Research International**, v. 48, n. 1, p. 227-283, ago. 2012.

VERMA, R. *et al.* Physicochemical and functional properties of gamma irradiated buckwheat and potato starch. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 144, p. 37-42, mar. 2018.

VILLALUENGA, C. M.; PEÑAS, E.; LEDESMA, B. H. Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. **Food and Chemical Toxicology**, v. 137, p. 111178, mar. 2020.

WENDLER, E.; SIMONETTI, A. P. M. M. Uso do trigo mourisco sobre a germinação e desenvolvimento inicial de soja. **Revista cultivando o saber**. p. 122-131, 2016.

YU, D. *et al.* Effects of different milling methods on physicochemical properties of common buckwheat flour. **Food Science & Technology**, v. 92, p. 220-226, jun. 2018.

ZIEGLER, V. *et al.* Efeitos da temperatura de armazenamento de grãos de arroz integral de pericarpo pardo, preto e vermelho sobre as propriedades físico-químicas e de pasta. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 20, 2017.

ZIEGLER, V.; PARAGINSKI, R. T.; FERREIRA, C. D. Grain storage systems and effects of moisture, temperature and time on grain quality - A review. **Journal of Stored Products Research**, v. 91, p. 101770, mar. 2021.